

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE BAURU
FACULDADE DE CIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

RAFAEL GUSTAVO RIGOLON

**Analogias quantitativas como estratégia didática na formação inicial de
professores de Biologia e Física**

Bauru
2016

RAFAEL GUSTAVO RIGOLON

Analogias quantitativas como estratégia na formação inicial de professores de Biologia e Física

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Bauru como um dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência.

Área de Concentração: Ensino de Ciências

Orientador: Prof. Dr. Roberto Nardi.

Bauru
2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Rigolon, Rafael Gustavo.

Analogias quantitativas como estratégia didática na formação inicial de professores de Biologia e Física / Rafael Gustavo Rigolon, 2016.
365 f. : il.

Orientador: Roberto Nardi

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016

1. Analogia quantitativa. 2. Formação inicial de professores de Biologia e Física. 3. Estratégia didática. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

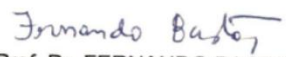
ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE RAFAEL GUSTAVO RIGOLON DA SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS.

Aos 26 dias do mês de fevereiro do ano de 2016, às 14:00 horas, no(a) Sala 01 do prédio da Pós-graduação da FC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ROBERTO NARDI - Orientador(a) do(a) Aprovação da Banca: PG/FC - 03/11/2003 / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, Prof. Dr. RONALDO LUIZ NAGEM do(a) Departamento Acadêmico de Educação / Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Profa. Dra. FERNANDA CÁTIA BOZELLI do(a) Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Prof. Dr. FERNANDO BASTOS do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, Profa. Dra. TAITIÂNÝ KÁRITA BONZANINI FUZER do(a) Departamento de Economia, Administração e Sociologia - ESALQ / Escola Superior de Agricultura, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de RAFAEL GUSTAVO RIGOLON DA SILVA, intitulada **O uso didático de analogias quantitativas na formação docente inicial de Biologia e Física**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. ROBERTO NARDI


Prof. Dr. RONALDO LUIZ NAGEM


Profa. Dra. FERNANDA CÁTIA BOZELLI


Prof. Dr. FERNANDO BASTOS


Profa. Dra. TAITIÂNÝ KÁRITA BONZANINI FUZER

Ab imo pectore

A quem esteve comigo na inscrição da seleção do doutorado, na alegria da aprovação, na dureza da despedida, no estudo das disciplinas, no empenho da pesquisa, no escuro da inércia, no esforço da escrita e no alívio do dever cumprido, meu bálsamo da luta diária e minha força para seguir adiante, que com amor e paciência entendeu e suportou minha ausência física e, a pior de todas, espiritual,

à minha esposa, Thaís Rigolon (+ Cecília), por seu amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

“Nullum enim officium referenda gratia magis necessarium est.”
“Nenhum dever é mais importante do que a gratidão.”
Cícero, *De officiis* (44 a.C.)

À minha querida mãe, Dirce Rigolon, por me mostrar o caminho da Educação com amor, pelas orações e pelos anos de zelo e carinho.

Ao meu irmão, Rodrigo Rigolon, e sua esposa, Simone Valim, pelo suporte logístico das viagens, pelo incentivo e pelas horas confortantes.

À tia Cida Silva e a Cristina Herreira, pelo prestígio, pelo benquerer e pelo cumprimento da promessa.

À família Büttow, pela acolhida e pelos votos de sucesso.

Ao Prof. Dr. Roberto Nardi, pela orientação confiante, pela camaradagem, pelo exemplo de profissional que é e por todo empenho que tem feito durante anos em prol da Educação em Ciências no Brasil.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Nagem, por me apresentar ao universo fascinante das analogias e pelo encorajamento a mim dado para trilhar por caminhos novos.

À Prof.^a Dr.^a Fernanda Bozelli pelo suporte teórico, pela crítica construtiva e pelo empenho para comigo. *Amicus certus in re incerta cerni.*

À Prof.^a Dr.^a Taitiâny pelo aceite em compor a banca e pelas importantíssimas contribuições.

Às Prof.^{as} Dr.^{as} Ana Obara e Geiva Calsa pelos anos de orientação acadêmica no mestrado e na graduação, que me permitiram tornar-me o pesquisador de hoje, pelos anos de carinho e torcida.

Aos professores das disciplinas que tive no doutorado, pelas instruções e pelo encorajamento à vida da pesquisa acadêmica.

Ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pela oportunidade de participar da melhor pós-graduação em Educação para a Ciência do Brasil e por fazerem parte de quem sou hoje.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e, especialmente, o Departamento de Biologia Geral (DBG), por me permitirem essa realização profissional por meio da imprescindível licença e pela confiança em meu trabalho.

À Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação da UFV e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro.

Ao Prof. Dr. Inácio Teles e à Prof.^a Dr.^a Dalana Muscardi por me substituírem na UFV.

À Prof.^a Dr.^a Gínia Bontempo, pelas portas abertas, pela preciosa colaboração e pelo exemplo.

Aos amigos professores e técnicos do DBG, por todo apoio moral e pelo anseio do retorno.

À direção, ao professorado e aos alunos do Colégio de Aplicação da UFV, Coluni, pela colaboração impagável e solícita.

Aos amigos do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e do Grupo de Estudo de Metáforas, Modelos e Analogias na Tecnologia na Educação e na Ciência, pelo auxílio técnico, teórico e moral.

Aos brilhantes futuros professores que participaram desta pesquisa, pela participação riquíssima e pela cooperação entusiasmada. *A bonis bona disce.*

A Fernando Ferreira, Diego Sousa e, especialmente, César Momesso (+ Spike) pelos dias de amizade compartilhados na república, que certamente se estenderão.

A Carol, Douglas, Fabiana, Felipe, Flavinha, Giovana, Hawbertt, João, Paulinho, Marcelas, Marisa, Matheus, Pâmela, Renata, Sabrina, Sérgio, Vinicius, Yendry e demais amigos da pós por tudo que aprendi com vocês tomando alguma cerveja ou café e por tornar essa fase menos difícil.

Ao jovem Hélio Maziviero, pela consideração mútua e pelas injeções de ânimo.

A Felipe Freitas, Mário Cupertino, Thiago Godoy, Rodrigo de Mello e Wagner Siqueira pela amizade de longa data e pelo benquerer.

A Belchior, Charme Chulo, David Bowie, Milton Nascimento, Nouvelle Vague e Pixies por me acompanharem durante a escrita e ao Sesc-Bauru pelo serviço cultural.

Ao Hulk.

Aos picaretas Sérgio de Paula, Marcos Furtado e Ricardo Campos e às digníssimas Cynthia Canedo, Gilmar Zanirate e Mariana Neves pelo amor fraternal (e até paternal!) e por deixar a vida mais prazerosa. Bis a Ricardo pelo *Abstract*.

À família em que vivi: Carla Anhaia (+ Carina) pela gastronomia e pela paciência para comigo; William Gonçalves pela amizade afetuosa, pela aprendizagem maiêutica e pela dose certa de loucura; Thiago Mendonça pela amizade sem cobranças, por dividir a dor e multiplicar a alegria e pela dose certa de serenidade. Levá-los-ei para sempre em meu coração.

“[*Opus*] *lucernam olet.*”
“[A obra] cheira a lamparina.”

Bento Pereira, *Florilegio* (1655)

RIGOLON, Rafael Gustavo. **Analogias quantitativas como estratégia didática na formação inicial de professores de Biologia e Física**. 2016. 365 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência)-Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Bauru, Bauru, 2016.

RESUMO

As analogias quantitativas são comparações que os professores fazem entre domínios diferentes para dar uma ideia mais compreensível sobre as medidas dos objetos. Geralmente, comparam objetos de medidas de difícil visualização, como as astronômicas e as microscópicas, com objetos do conhecimento dos alunos. Muitos professores e licenciandos de Biologia e de Física recorrem às analogias quantitativas em suas aulas ou outras atividades de ensino para torná-las mais atrativas e compreensíveis. Entretanto, o uso da analogia quantitativa exige certos cuidados por parte do educador para que esta funcione de fato e cumpra seu papel de facilitar o entendimento de uma determinada grandeza física ou de uma quantidade de objetos. Para colaborar com a qualidade do ensino de Ciências, especificamente o de Biologia e o de Física, esta pesquisa procurou saber como os licenciandos empregam as analogias quantitativas em situações de ensino e como uma instrução a respeito, de caráter reflexivo, em um curso de licenciatura em Biologia pode contribuir para um uso dessas analogias mais estruturado, dinâmico e com mais participação dos alunos. Além disso, pretendeu-se conhecer se as analogias apareceram dentre as estratégias didáticas elaboradas pelos licenciandos e que saberes mobilizam para o ensino de macro e micromedidas. Os dados foram constituídos por meio de um questionário escrito e de observações de oficinas ministradas durante o Estágio Supervisionado por licenciandos concluintes de Biologia e Física de duas universidades públicas (de Minas Gerais e São Paulo). Desses, uma turma de licenciandos de Biologia participou de uma intervenção pedagógica antes do preparo das oficinas, que abordou estratégias de ensino para macro e micromedidas. As respostas dos questionários passaram por uma Análise Estatística Descritiva e as transcrições das observações das oficinas por Análise de Discurso. Os resultados mostraram que os licenciandos: fazem grande uso de analogias quantitativas, mesmo sem considerá-las como estratégias didáticas; dizem preferir analogias quantitativas para explicar grandes medidas, mas na prática empregar majoritariamente os modelos em escala; dentre os tipos de analogia quantitativa, fazem mais uso das analogias de grandeza ($a = k.b$) do que de proporção ($a/b = c/d$); quando não instruídos a respeito, replicam analogias da literatura e da cultura em vez de produzi-las ou solicitar que os alunos as construam; costumam utilizar objetos muito pequenos, dos quais o número de vezes a que devem ser multiplicados para igualar ao objeto alvo é demasiado grande e, por isso, didaticamente inválido. As experiências de vida dos licenciandos apareceram nos objetos do domínio base das analogias produzidas, mostrando a importância de saberes construídos em situações não formais de ensino. Portanto, os licenciandos devem ser preparados à vida docente com o hábito da reflexão sobre suas práticas, pois assim poderá contar com estratégias didáticas mais variadas e apropriadas para as situações de ensino. O professor/licenciando que vai além de uma mera atuação técnica, reflete sobre suas ações na escola e se questiona: “se eu utilizar tal analogia, os alunos aprenderão (melhor)?” Esta pesquisa pretendeu, desse modo, colaborar com o reconhecimento do uso de analogias quantitativas como uma estratégia didática para o Ensino das Ciências.

Palavras-chave: Analogias quantitativas. Ensino de Ciências. Formação inicial de professores de Biologia e Física. Estratégias didáticas.

RIGOLON, Rafael Gustavo. **Analogias quantitativas como estratégia didática na formação inicial de professores de Biologia e Física**. 2016. 365 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência)-Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Bauru, Bauru, 2016.

ABSTRACT

Quantitative analogies are comparisons used by teachers, or professors about different domains, to give students a more understandable idea about objects' measures. Generally, they compare objects difficult to visualize measures, such as the astronomic and microscopic ones, with objects known by the students. Many teachers and undergraduate students of Biology and Physics, future teachers, use quantitative analogies in their classes or other educational activities to make them more suitable and understandable to students. However, the use of quantitative analogy requires certain care for the teacher to make this really work and fulfill its role to facilitate the understanding of a certain physical quantity or a quantity of objects. In order to collaborate with the science teaching quality, specifically biology and physics teaching, this research looked into how the preservice teachers employ quantitative analogies in teaching situations and how an instruction about analogies, of reflective character, in an undergraduate Biology program may contribute to make students more involved. In addition, this study sought to know if the analogies appeared among the teaching strategies developed by preservice teachers and which knowledge they mobilize in the teaching of macro and micromeasures. The data were constituted by means of a written questionnaire and remarks of workshops given during the supervised internship for future Biology and Physics teachers from two public universities in Brazil (in Minas Gerais and São Paulo State). From this sample, a group of preservice biology teachers participated in an educational intervention prior to the preparation of workshops that addressed teaching strategies for macro and micromeasures. The answers to the questionnaires underwent a statistical descriptive analysis and the transcripts of workshops remarks through discourse analysis. The results showed that the future teachers: make quite a lot the use of quantitative analogies, even without considering them as teaching strategies; they declare to prefer quantitative analogies to explain great measures, but in practice mainly employ scale models; among the types of quantitative analogy, they make more use of greatness analogies ($a = k.b$) than the ratio ($a/b = c/d$); when not instructed about, they replicate analogies from the literature and culture instead of producing them or ask students to build them; normally they use very small objects of which the number of times must be multiplied to equal the target object is too large and, therefore, invalid in terms of didactic. The life experiences of these future teachers appeared in the basic domain objects of analogies produced, showing the importance of the knowledge built in non-formal teaching situations. Therefore, they should be prepared to their professional life with the habit of reflection on their practices, so they can count with a variety and appropriate teaching strategies. The teacher/future teacher which goes beyond a mere technical performance, reflects on his actions in school and asks him/herself: "if I use this analogy, students will learn (better)"? This research intended, thus, to collaborate with the recognition of the use of quantitative analogies as a teaching strategy for improve the Science Teaching.

Keywords: Quantitative analogies. Science teaching. Preservice Biology and Physics teachers' education. Teaching strategies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapeamento estrutural da analogia ‘a Terra é como um abacate’	27
Figura 2	Espaço das similaridades: classes de similaridade baseadas nos tipos de predicados compartilhados	29
Figura 3	Estrutura da analogia	30
Figura 4	Estrutura da analogia ‘a Terra é como um abacate’	31
Figura 5	Sucessão de transformações do modelo	37
Figura 6	Comparações com exemplos ordenadas pelo grau de explicitação	40
Figura 7	Esboço de um óvulo esquematizado no quadro por uma professora fazendo uma analogia com o Sol	64
Figura 8	Pôster ‘O Homem como um Palácio Industrial’	65
Figura 9	Esquema de representação do grau de abstração dos conceitos	67
Figura 10	Esquema de deslocamento da vírgula para conversão de unidades de medida de comprimento	82
Figura 11	Representação geométrica do Teorema de Tales	86
Figura 12	Esquema da aplicação do Teorema de Tales à altura da pirâmide	87
Figura 13	Divisão da Linha de Platão com proporções contínuas	88
Figura 14	Esquema do campo conceitual da proporção e da razão	90
Figura 15	Mapeamento estrutural da analogia entre bolas e átomos	106
Figura 16	Diferença entre as relações analógicas estrutural e proporcional	107
Figura 17	Possível representação das distâncias entre Terra, Lua e Marte em escala em um quadro-negro	189
Figura 18	Representação da sobreposição da Lua sobre Júpiter	196
Figura 19	Representação do Sistema Solar	204
Figura 20	Projeção de uma figura comparativa dos componentes do Sistema Solar ...	234
Figura 21	Miniatura de carro de corrida	241
Figura 22	Modelo virtual do Sistema Solar	247
Figura 23	Esquema das analogias múltiplas para distância Terra-Lua	270
Figura 24	Representação em escala das espécies com detalhe ampliado	274
Figura 25	Modelo da célula animal em escala no quadro-negro	285

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Predicados comparados nos diferentes tipos de comparação	28
Quadro 2	Unidades de grandeza padrão definidas pelo SI	80
Quadro 3	Unidades de medida não pertencentes, mas aceitas pelo SI	80
Quadro 4	Prefixos de múltiplos e submúltiplos de unidade do SI	81
Quadro 5	Classificação de analogias para o ensino na área da Saúde de acordo com a natureza do vínculo analógico	100
Quadro 6	Quadro comparativo das classificações das analogias segundo a natureza da relação analógica	110
Quadro 7	Características das abordagens qualitativa e quantitativa	157
Quadro 8	Síntese da metodologia da pesquisa	160
Quadro 9	Notas das últimas avaliações oficiais dos cursos e das instituições pesquisados	161

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tamanhos médios aproximados dos objetos análogos apresentados pelos licenciandos de Biologia e Física	185
Tabela 2	Estratégias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino da distância Terra-Marte	186
Tabela 3	Bases das analogias de grandeza apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino da distância Terra-Marte	190
Tabela 4	Estratégias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino do diâmetro de Júpiter	192
Tabela 5	Bases das analogias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino da do diâmetro de Júpiter	194
Tabela 6	Velocidades aproximadas dos objetos análogos apresentados pelos licenciandos de Biologia e Física	198
Tabela 7	Estratégias apresentadas por licenciandos de Biologia e Física para o ensino da velocidade orbital da Lua	199
Tabela 8	Bases das estratégias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino da velocidade lunar	199
Tabela 9	Estratégias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física nas três primeiras questões	203
Tabela 10	Possíveis erros conceituais na interpretação de figura do Sistema Solar levantados por licenciandos de Biologia e Física	205
Tabela 11	Avaliações dos licenciandos de Biologia e Física sobre analogia de grandeza (área) utilizada por revista	207
Tabela 12	Justificativas apresentadas por licenciandos de Biologia e Física para avaliação de analogia de grandeza (área) utilizada por revista	208
Tabela 13	Justificativas apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para escolha da base de analogia de grandeza (energia)	212
Tabela 14	Objetos análogos apresentados por licenciandos de Biologia e Física em quatro problemas tipo <i>MAT</i>	216
Tabela 15	Relação de acertos dos licenciandos de Biologia e Física em quatro problemas tipo <i>MAT</i>	216
Tabela 16	Objetos análogos à proporção Sol-Terra apresentados pelos licenciandos de Biologia e Física	218
Tabela 17	Respostas dos licenciandos de Física e Biologia para a proporção de tempo humanos-dinossauros/2 mm	220
Tabela 18	Número aproximado de pessoas dos objetos análogos a 200 mil apresentados pelos licenciandos de Biologia e Física	221
Tabela 19	Bases das analogias de quantidade apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para 200 mil pessoas	222
Tabela 20	‘Tabela Inspiradora’: medidas de objetos diversos escolhidos pelos licenciandos de Biologia da oficina sobre Astronomia	281

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 ANALOGIAS	18
1.1 HISTÓRIA E DEFINIÇÕES	18
1.2 COMPOSIÇÃO E PENSAMENTO ANALÓGICOS	24
1.3 ANALOGIA E CONCEITOS CORRELATOS	32
1.3.1 Analogia e exemplo	32
1.3.2 Analogia e modelo	34
1.3.3 Analogia, símile, metáfora e alegoria	37
1.4 ANALOGIA NAS VÁRIAS ÁREAS DO CONHECIMENTO	43
1.5 ANALOGIA NAS CIÊNCIAS NATURAIS	48
1.6 ANALOGIA NA EDUCAÇÃO	51
1.6.1 Modelos de ensino com analogias	55
1.7 CLASSIFICAÇÕES DAS ANALOGIAS	62
2 NÚMEROS, GRANDEZAS E PROPORÇÕES	72
2.1 NÚMEROS	72
2.2 GRANDEZAS FÍSICAS	76
2.2.1 Ensino de grandezas e medidas	83
2.3 RAZÃO E PROPORÇÃO	85
2.3.1 Ensino de proporção	91
3 ANALOGIAS QUANTITATIVAS	96
3.1 CLASSIFICAÇÃO PELA NATUREZA DA RELAÇÃO ANALÓGICA	96
3.2 APRESENTAÇÃO, CONSTITUIÇÃO E A NOVA CLASSIFICAÇÃO	101
3.3 OBJETOS DA ANALOGIA QUANTITATIVA	111
3.4 CONCEITOS CORRELATOS ÀS ANALOGIAS QUANTITATIVAS	114
3.5 ELABORAÇÃO E USO DE ANALOGIAS QUANTITATIVAS	118
4 FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES	125
4.1 SABERES DOCENTES	128
4.2 PROFESSOR REFLEXIVO	134
4.3 ESTÁGIO SUPERVISIONADO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES	142
4.4 ANALOGIAS NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES	145
5 OBJETIVOS E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	150
5.1 PROBLEMATIZAÇÃO E OBJETIVOS	150
5.2 METODOLOGIA	152
5.2.1 Pesquisa qualitativa	153
5.2.2 Pesquisa quali quantitativa	157
5.2.3 Caracterização da metodologia	159
5.2.4 Sujeitos da pesquisa, hábitos e contexto	161
5.2.5 Questionário	163

5.2.6 Observações	166
5.2.6.1 A observação da oficina de Física	166
5.2.6.2 A observação participante da primeira oficina de Biologia	167
5.2.6.2.1 <i>Elaboração da oficina</i>	168
5.2.6.2.2 <i>Execução da oficina</i>	171
5.2.6.2.3 <i>Avaliação da oficina</i>	173
5.2.6.3 A observação participante da segunda oficina de Biologia	173
5.2.7 Transcrições	175
5.2.8 Análise dos dados	177
5.2.8.1 Análise Estatística Descritiva dos questionários	177
5.2.8.2 Análise de Discurso das oficinas	180
6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	184
6.1 QUESTIONÁRIOS	184
6.1.1 Distância Terra-Marte	186
6.1.2 Tamanho de Júpiter	192
6.1.3 Velocidade da Lua	197
6.1.4 Erros conceituais em um modelo do Sistema Solar	203
6.1.5 Analogia quantitativa de área	206
6.1.6 Analogia quantitativa de energia elétrica	211
6.1.7 <i>Miller Analogies Test</i>	215
6.1.8 Proporção Sol-Terra	217
6.1.9 Tempo de predominância de dinossauros e humanos	219
6.1.10 Analogia de unidade	220
6.2 OFICINAS DE FÍSICA	223
6.2.1 Oficina de Cosmologia	224
6.2.2 Oficina de Astronomia	231
6.3 OFICINAS DE BIOLOGIA	238
6.3.1 Oficinas de Biologia sem intervenção pedagógica	239
6.3.1.1 Oficina de Microcosmo no 1º B	239
6.3.1.2 Oficina de Astronomia no 1º D	245
6.3.1.3 Oficina de Grandiosidades da Terra no 1º C	248
6.3.1.4 Avaliação das oficinas de Biologia sem intervenção pedagógica	250
6.3.2 Oficinas de Biologia com intervenção pedagógica	257
6.3.2.1 Intervenção pedagógica	257
6.3.2.2 Oficina de Grandiosidades da Terra no 2º A e no 2º B	273
6.3.2.3 Oficina de Astronomia no 2º D	278
6.3.2.4 Oficina de Microcosmo no 2º C	284
6.3.2.5 Avaliação das oficinas de Biologia com intervenção pedagógica	290
CONCLUSÕES	296
REFERÊNCIAS	305
APÊNDICES	324

INTRODUÇÃO

“Homo omnium rerum mensura est.”
“O Homem é a medida de todas as coisas.”
Protágoras, segundo o *Theaetetus* de Platão (c. 369 a.C.).

O filósofo grego Sócrates buscou em seus ensaios epistemológicos chegar a um conceito absoluto, universal, para cada coisa. Poderiam determinados conceitos primordiais ter o mesmo sentido e peso de significado para todas as pessoas? Sócrates procurou um fundamento último para as interrogações humanas (“O que é a justiça? O que é a virtude? O que é o bem?”).

Contrário à ideia do absoluto socrático, o filósofo sofista grego Protágoras travou uma batalha para defender o relativismo das ideias. Se tudo é relativo, um parâmetro a ser comparado é sempre necessário. Então, Protágoras proferiu sua mais célebre frase: “O homem é a medida de todas as coisas”. Se o homem é a medida de todas as coisas, então as leis, as regras, a cultura, tudo deve ser definido pelo conjunto de pessoas, e aquilo que vale num determinado lugar e num determinado tempo não deve valer, necessariamente, em outros (APPIA, 2013).

Esse axioma também significa que as coisas são conhecidas de uma forma particular e muito pessoal por cada indivíduo. Essa noção tem um valor muito especial para a Educação contemporânea, pois se relaciona à concepção construtivista de que todos os conceitos tomam forma particular na cognição de cada indivíduo. Os alunos pensam diferentemente, atribuem significados diferentes às coisas. Cabe ao professor oferecer possibilidades de novas relações entre os conhecimentos, fornecendo diferentes abordagens dos conteúdos e estimulando a construção de outras significações (LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003).

Dentre as várias estratégias didáticas para o ensino de conteúdos científicos, a analogia tem tido especial destaque, fonte de crescente intensidade de pesquisas educacionais desde a década de 1980. De lá para cá, dentre várias atribuições, uma gama de estudos (DUARTE, 2005) tem mostrado sua utilidade nos processos de ensino e de aprendizagem. Aristóteles já falava que a metáfora é a marca dos gênios e ousou dizer que a analogia é a marca do professor didático. O professor que usa analogias em suas explicações torna o aprendizado “mais fácil e agradável” (JORGE, 1990, p. 196).

Ainda em minha graduação em Licenciatura em Biologia, na Universidade Estadual de Maringá, tive os primeiros contatos com a teoria do pensamento analógico e pude aplicá-los em um projeto de pesquisa. Das aulas de Filosofia da professora Marta Bellini para a pesquisa sobre o conceito de alunos do Ensino Médio sobre transgênicos, orientada pela querida

professora Geiva Calsa (a qual me chamava carinhosamente de ‘O menino das analogias’), a analogia foi o objeto de pesquisa que sempre me acompanhou em minha trajetória acadêmica.

Naturalmente, a curiosidade sobre o uso explicativo da analogia, dentre outras potencialidades suas, se estendeu ao mestrado, no qual pude, sob a excelente orientação da professora Ana Obara, aprofundar os estudos sobre o Ensino de Ciências por meio de analogias e compreender o que os licenciandos de Biologia conheciam a respeito e como as utilizavam em suas aulas regenciais do Estágio Supervisionado (RIGOLON, 2008).

A partir daí, as portas com a pesquisa com analogias estavam abertas. Os questionamentos inerentes se seguiram nos anos decorrentes e enquanto algumas dúvidas se apagavam com alguns projetos desenvolvidos na Universidade Federal de Viçosa, instituição que me acolheu como professor de Ensino de Ciências, outras cresceram conforme os estudos se aprofundavam.

O contato com o Grupo de Estudo de Metáforas, Modelos e Analogias na Tecnologia na Educação e na Ciência (Gematec), do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG), liderado pelo professor Ronaldo Nagem, me fez refletir sobre alguns antigos conceitos da classificação das analogias. Uma pesquisa culminou na proposta de uma nova classificação das analogias baseada na natureza dos objetos analogados, que apresentou o conceito de Analogia Quantitativa (RIGOLON, 2013).

As analogias quantitativas são aquelas que comparam a quantidade de componentes entre dois objetos (analogias de unidade), a medida de uma grandeza física entre eles (analogia de grandeza) ou a proporção entre as medidas de uma grandeza física de dois objetos com a de outros dois (analogia de proporção). É o que se usa, por exemplo, para explicar como a chuva tem alto impacto sobre os insetos: se um mosquito tivesse o peso de uma criança, uma gota de chuva teria o peso de um carro. As demais analogias, como as que correlacionam forma e função, foram classificadas como analogias qualitativas (RIGOLON, 2013).

Com as analogias quantitativas, um novo mundo a ser explorado dentro do quase saturado contexto das analogias foi aberto. Enquanto vários modelos de ensino com analogias qualitativas já haviam sido propostos e satisfatoriamente utilizados, como, por exemplo, o TWA (GLYNN *et al.*, 1994), Guia FAR (TREAGUST *et al.*, 1995) e MECA (NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001), para as analogias quantitativas, nenhum estudo especificamente havia sido feito até o momento.

Era natural que a pesquisa do doutorado seguisse essa linha; e assim o foi. Tomar conhecimento das pesquisas sobre as analogias dos licenciandos de Física da professora Fernanda Bozelli sob orientação do professor Roberto Nardi (BOZELLI; NARDI, 2007) me

influenciou fortemente para escolher o doutorado em Educação para a Ciência no câmpus de Bauru da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp-Bauru), em 2012. Nardi convidou-me para participar do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências, onde percebi que a pesquisa sobre o uso das analogias no Ensino poderia contribuir com o foco do grupo, a formação inicial de professores. Foi das analogias quantitativas e da formação docente que esta pesquisa nasceu.

Para entender como as analogias quantitativas são utilizadas, quais cuidados são tomados e quais saberes são mobilizados para esse uso, pretendi, por meio deste estudo, verificar o uso das analogias quantitativas por licenciandos de Biologia e de Física, cursos cujas áreas de estudo abarcam objetos de macro e micromedidas. Foi uma maneira de contribuir para a consolidação da analogia quantitativa como estratégia de ensino e colaborar para com a formação inicial de professores.

Diante das referências do Grupo de Pesquisa (SCHÖN, 2000; PERRENOUD *et al.*, 2001; CONTRERAS, 2002; PIMENTA, 2006; BASTOS; NARDI, 2008; IMBERNÓN, 2011; TARDIF, 2012; LANGHI; NARDI, 2012; GAUTHIER *et al.*, 2013; *et al.*), fui buscar elementos que me permitiram entender como as analogias ocorrem na formação inicial de professores. Considerando que o licenciando não possui tantos saberes docentes constituídos como tem o professor experiente, propus-me a verificar de quais formas o estudo das analogias quantitativas pode colaborar com a formação docente: Como são empregadas as analogias quantitativas que licenciandos de Biologia e Física utilizam em suas aulas para explicar conceitos relacionados a medidas? Que diferenças há entre os licenciandos, especificamente os de Biologia, que foram previamente instruídos sobre analogias quantitativas e os que não foram? Quais são as diferenças entre os usos dos licenciandos de Biologia e dos de Física? Que estratégias didáticas esses licenciandos elaboram e que saberes mobilizam para o ensino de macro e micromedidas?

No caminho, fui percebendo como o estudo da analogia quantitativa na formação inicial de professores exigiria de mim um arcabouço teórico bastante amplo, e que aqui é, com satisfação, apresentado. Para tanto, um levantamento histórico bibliográfico sobre a analogia na Matemática, na Filosofia, na Ciência e na Educação é apresentado no *capítulo primeiro*, juntamente com a apresentação do raciocínio analógico e a diferenciação entre outros conceitos correlatos. Para melhor compreensão do conceito, antes que o estudo sobre a analogia quantitativa fosse apresentado no *capítulo terceiro*, uma revisão de literatura sobre números, grandezas, proporção e as implicações desses conceitos na Educação foi apresentada no *capítulo segundo*. O *capítulo quarto* concentra os estudos sobre a formação inicial de

professores que norteiam as análises deste trabalho: os saberes docentes, a importância do Estágio Supervisionado e as pesquisas sobre analogias de licenciandos. A metodologia apresentada concomitantemente com sua fundamentação teórica, os objetivos e a problematização da pesquisa compõem o *capítulo quinto*. O *capítulo sexto* apresenta os resultados da pesquisa, referentes às análises dos questionários sobre analogias quantitativas apresentadas e/ou criadas por licenciandos de Biologia e de Física de duas universidades públicas brasileiras e às análises das oficinas que outros licenciandos desses cursos realizaram como atividades do Estágio Supervisionado. Por fim, seguem-se as *conclusões* da pesquisa.

Nesta pesquisa, a Matemática foi o grande alicerce e para ela rendo minha profunda admiração e meu agradecimento. Os licenciandos, assim como os conceitos abordados, foram de Biologia e Física, mas a Matemática permeou quase todas as páginas deste estudo. Se Protágoras, ao afirmar que a medida do mundo é o homem, se referia apenas a uma questão epistemológica, por meio da Matemática entendi que essa medida pode ser física propriamente dita. Os objetos só fazem sentido se estiverem na escala humana (metros, segundos, quilos, *etc.*). Os objetos com milhões de anos ou milionésimos de segundo, anos-luz de distância ou nanômetros de comprimento, não fazem sentido para nós, humanos de capacidade imagética limitada, por não se enquadrarem na “medida do homem”. A analogia quantitativa é uma forma de trazer as macro e micromedidas para nossa escala e dar sentido ao universo que existe fora dos nossos sentidos.

“Tudo no universo é importante em algumas escalas e insignificante em outras”
(PRIMACK; ABRAMS, 2008, p. 210).

1 ANALOGIAS

“*Omnes perceptiones, tam sensus quam mentis, sunt ex analogia hominis, non ex analogia universi.*”
 “Todas as percepções, tanto dos sentidos quanto da mente, pertencem ao homem e não ao universo.”
 Francis Bacon, *Novum Organum* (1620)

1.1 HISTÓRIA E DEFINIÇÕES

A analogia recebe diversas definições que diferem entre si de acordo com o período histórico, a área em que é utilizada e os autores. O que todas as definições têm em comum é que a analogia pertence à família das comparações. Normalmente, recorre-se a um objeto conhecido para tentar explicar um objeto desconhecido. No decorrer da história da humanidade, a analogia foi tomando corpo e se tornando cada vez mais presente no cotidiano.

Nos primórdios da humanidade, numa época em que não é possível definir se os ancestrais dos humanos já eram considerados *Homo sapiens*, a analogia já estava presente. O uso da analogia, bem antes da cunhagem do termo, deve ter aparecido, de acordo com Curtis e Reigeluth (1984), desde o desenvolvimento inicial da linguagem humana. Segundo Lakoff (1993), mais do que uma expressão da linguagem, a analogia é um mapeamento ontológico cognitivo, isto é, ela não é apenas uma questão de língua, mas do pensamento e da razão. A linguagem é secundária. O mapeamento entre os objetos da analogia é primário e sanciona o uso da linguagem. As metáforas são, portanto, mais do que expressões linguísticas (LAKOFF, 1993).

Se a analogia não depende da língua, acontecendo o tempo todo nos pensamentos e nas ações (LAKOFF, 1993; RATZLAFF, 2011), pode-se dizer que a analogia existe antes mesmo da linguagem, nos processos cognitivos. As ações são analógicas quando são realizadas de modo similar a outra situação vivenciada e o pensamento é analógico quando utiliza mecanismos lógicos de dedução. Via de regra, o sistema conceitual humano é natural e fundamentalmente metafórico/analógico (LAKOFF; JOHNSON, 2003).

Vosniadou e Ortony (1989) afirmam que a percepção das analogias é uma das características mais fundamentais da cognição humana, sendo imprescindível para reconhecimento, classificação e aprendizagem, além de executar um papel importante na criatividade.

Assim que os símbolos, signos, palavras apareceram, tornando mais elaboradas as comunicações humanas, tanto a analogia quanto a metáfora naturalmente apareceram nos

discursos. O uso de uma palavra ou expressão empregada fora de seu sentido original denotou transferências semânticas, que acabaram, com o tempo, anexando diferentes significados a essas palavras ou, por neologismos analógicos, acabaram criando novas palavras. Por exemplo, a língua Protoindo-europeia, uma ancestral hipotética das línguas indo-europeias, possuía a palavra *mus* que significava inicialmente ‘rato’. Por analogia ao formato e ao movimento, *mus* passou a designar também ‘músculo’ (RATZLAFF, 2011). É por isso que possuem ambos os significados *mûs* em Grego Antigo e *mūs* em latim, que originou *musculus* (músculo) e *musaraneus* (musarinho) (HOUAISS, 2009), palavras de significados distintos unidas por uma etimologia analógica.

Segundo Duarte (2005), as primeiras teorias sobre a analogia e a metáfora surgiram na Grécia Clássica e são atribuídas ao filósofo grego Aristóteles, para quem a metáfora era “a marca dos gênios”. Na verdade, Aristóteles aprofundou uma ideia que seu mestre Platão já havia feito uso: a de transportar ideias de uma área para outra. Até então, o termo grego *analogía* só era utilizado no campo da Matemática como uma identidade de relações: $a/b = c/d$. Resende Filho (2008) explica que a transposição da proporção matemática *analogía* para o domínio da filosofia realizada por Platão enriqueceu a reflexão filosófica de um novo conceito capaz de operar em diversos domínios do saber. Aristóteles foi o herdeiro do raciocínio analógico e aplicou-o, não só aos problemas metafísicos, mas também a toda realidade mensurável.

A palavra *analogia* existe como léxico desde o primeiro dicionário da língua portuguesa, o *Vocabulario portugues e latino*, compilado pelo padre português Raphael Bluteau, em 1712. Em Português Arcaico, a analogia é definida simplesmente como “Proporçãõ. Semelhança” [sic] (BLUTEAU, 1712, p. 359). A *análogo*, o autor dá o exemplo: “Os erros de qualquer particular vaõ cahir sobre os ombros do Rey, que tambem nisto lhe compete o *Análogo* de Pastor” [sic].

O primeiro uso da palavra vem bem antes, em 1536, segundo Houaiss (2009). O livro *Grammatica da lingoagem portuguesa*, de Fernão de Oliveira registra na segunda página: “e nestas cousas se acabara esta primeira anotação em dizer não tudo mas apontar alghūas partes necessarias da ortografia: acento: ethimologia: e analogia da nossa linguagem em comū e particularizando nada de cada dição: [...]” [sic] (OLIVEIRA, F., 1536, p. 2).

Segundo (HOUAISS, 2009), analogia vem do latim *analogia* (pronuncia-se /analogia/), que por sua vez, provém do grego *analogía* (ἀναλογία). *Analogía* é formada pelo adjetivo *analógos* (ἀναλόγος), oriundo da junção de *aná* (ἀνά; de baixo para cima) e *lógos* (noção, ideia, razão) (MURACHCO, 2001). Logo, essa “ideia que se move de baixo para cima”

é um raciocínio que se baseia sobre uma ideia anteriormente expressa e da qual certos elementos são uma referência para o discurso atual.

Aristóteles dá a seguinte definição, no seu *Ethicà Nicomácheia*, ou *Ética a Nicômaco* (350 a.C.): “*analogía isátes estì lógon*”, que em português é traduzido como “analogia é igualdade de razões” (MURACHCO, 2004, p. 32). A palavra *analogía* foi chamada por Cícero como “*comparatio, & proportio*” (BLUTEAU, 1712, p. 359) ou “*comparatio pro portione*” (MURACHCO, 2004, p. 30), isto é, “relação segundo uma razão” (razão como noção de cálculo). O filósofo romano Marco Varrão (séc. I a.C.) traduziu a *analogía* como “*Similitudinum ratio, & similitudinis proportio*” (BLUTEAU, 1712, p. 359), ou seja, ‘razão por similitude e proporção por similitude’.

A primeira alusão ao termo *analogía* encontra-se registrada num texto do matemático e astrônomo grego Hipócrates de Quios (séc. V a.C) sobre o problema da duplicação do cubo (ABDOUNUR, 2006; SANTOS, 2011). Segundo Abdounur (2006), no entanto, é difícil assumir esta como a única possibilidade, pois se acredita que o termo já existia na Escola Pitagórica, cujos representantes são Pitágoras de Samos, Alcmeão de Crotona, Filolau de Crotona e Arquitas de Tarento.

Dentro ainda da Matemática, a criação do conceito da analogia, ou de uma teoria das proporções, teve início com Arquitas de Tarento (séc. V), filósofo e matemático grego contemporâneo de Platão. Arquitas forneceu pela primeira vez uma teoria analógica, na qual ele subdividia as proporções em três tipos (RESENDE FILHO, 2008): *analogia aritmética*, quando o primeiro termo excede o segundo tanto quanto o segundo excede o terceiro ($a - b = b - c$); *analogia geométrica*, quando o primeiro se relaciona com o segundo como o terceiro a um quarto ($a/b = c/d$); e a terceira forma, *analogia harmônica*, quando o primeiro excede o segundo por uma parte dele mesmo e o segundo excede a um terceiro pela mesma parte ($a/b = a/x$, $b/c = b/x$).

A sistematização desta teoria das proporções, *analogía*, foi feita mais tarde pelo matemático grego Euclides de Alexandria (III a.C.), o Pai da Geometria. Numa definição mais elaborada, Euclides afirmou que a

proporção é a equivalência de duas relações entre grandezas homogêneas, ela é então composta essencialmente de quatro termos: o segundo e o terceiro são ditos médios por oposição aos extremos. Quando os dois médios são iguais a proporção oferece apenas três termos cuja sequência engendra uma progressão. (RESENDE FILHO, 2008, p. 63).

Os matemáticos gregos foram os primeiros a definirem e classificarem as relações que constituem a teoria das médias. Das três formas de proporção, a que interessa aqui é a geométrica, que passou a ter um papel marcante em Platão e Aristóteles (RESENDE FILHO, 2008).

Arquitas foi um dos primeiros a empregar a analogia fora do domínio estrito da Matemática. Sua definição da política como sendo um problema de proporção, confirma esta hipótese. Resende Filho (2008) sugere que Arquitas tenha exercido grande influência sobre Platão, influenciando-o quanto à importância da Matemática, que obedecia a uma ordem estritamente racional capaz de decifrar a ordem do universo como proporção e simetria.

Platão (séc. IV a.C.) descobriu a importância da teoria das proporções para a Filosofia. O autor apreendeu as propriedades desta teoria e as aplicou com extremo rigor a problemas filosóficos. Ainda que a palavra *analogía* não esteja presente em Platão, Resende Filho (2008, p. 61) infere que é dela que se trata. Em uma passagem de *Politeía*, ou A República, “Platão estabelece uma divisão de uma linha imaginária em que alguns comentadores argumentam que o filósofo estaria utilizando o recurso da proporção matemática, mesmo sem mencionar explicitamente o conceito de analogia”. Platão empresta conceitos da Geometria para explicar a proporção das coisas entre o Mundo das Ideias e o Mundo das Sombras (Mundo dos Sentidos):

Toma, pois, uma linha cortada em dois segmentos desiguais, um representando o gênero visível e outro o gênero inteligível, e secciona de novo cada segmento segundo a mesma proporção; terás então, classificando as divisões obtidas conforme o seu grau relativo de clareza ou obscuridade, no mundo visível, um primeiro segmento, o das imagens – denomino imagens primeiro as sombras, depois os reflexos que avistamos nas águas, ou à superfície dos corpos opacos, polidos e brilhantes, e toda as representações similares; tu me compreendes? (PLATÃO, 380 a.C. *apud* RESENDE FILHO, 2008, p. 61).

A analogia é concebida por Platão como uma relação de igualdade proporcional entre os termos análogos. Enquanto Platão põe a analogia entre as formas de conhecimento do sensível e do inteligível, Aristóteles, posteriormente, entendeu a analogia como identidade entre as funções respectivas de coisas diferentes. Platão usou a analogia como uma proporção estritamente matemática para objetos abstratos, como, por exemplo, a justiça na cidade e no homem.

A analogia foi um conceito chave para Aristóteles compreender o conceito de *ser*: as coisas *são* de certo modo iguais e *são* de certo modo diferentes. Por exemplo, nas proposições “Pedro é saudável” e “A manhã é saudável” tem-se o verbo *ser* aplicado de modo igual, mas

também diferente. Querem dizer: “Pedro tem saúde” e “A manhã dá saúde”. O verbo *ser* ocorre de certo modo igual e de certo modo diferente nessas proposições (SALGADO, 2005).

Pessanha (1987) explica que Aristóteles substituiu a concepção platônica unívoca de ser, que o concebe de modo único e absoluto, pela concepção analógica na qual o ser seria dotado de diferentes sentidos. Assim, qualquer termo que designa algo que *é*, designa ou uma *substância* (um ser) ou um *acidente* (um modo de ser). Por exemplo, em “folha verde”, folha é um *ser* e verde é um *acidente*; se a folha ficar amarela, muda-se apenas o acidente (amarelo), mas o ser não muda (folha).

Percebe-se, então, que em Platão, *analogía* foi utilizada fora da Matemática, mas mantendo-se fiel ao conceito de proporção matemática. Em Aristóteles, *analogía* foge da proporção perfeita e já tem um aspecto mais de similitude, de semelhança não necessariamente perfeita entre as coisas.

A diferença conceitual entre a *analogía* platônica e a aristotélica foi também um problema para os escritores que traduziram as obras de Aristóteles do grego para o latim. Murachco (2004) conclui que é possível traduzir a palavra grega *analogía* de duas formas: quando se trata de uma analogia matemática, por “proporção”; quando o significado é menos técnico, por “concordância”, “similitude”.

Os latinos Cícero e Boécio traduziram *analogía* por *proportio*, mas a palavra grega prevaleceu na linguagem filosófica. Em seu uso atual a palavra analogia significa, em sentido mais geral, proporção, mas também relação e semelhança. Essa multiplicidade de sentidos no conceito da analogia é carregada de consequências filosóficas, que “fazem a analogia oscilar entre um sentido mais rigoroso, de uma igualdade de relações, ou um sentido de uma mera semelhança entre duas coisas” (RESENDE FILHO, 2008, p. 60).

Houaiss (2009) apresenta como definições de analogia a *similitude de relações* e a *similitude de termos*. Essa definição léxica é muito parecida à de Perelman (2012): acepção 1ª) relação de semelhança entre *coisas ou fatos* distintos; acepção 2ª) identidade de *relação* entre pares de conceitos dessemelhantes. Atualmente, as definições lexicais de analogia são parecidas e circunscrevem-na à família das similitudes. Os dicionários vêm apresentando os termos: comparação, conformidade, correspondência, paridade, proporção, relação, semelhança, similitude.

Sem entrar nesse contexto histórico, Perelman (2012) defende que só é analogia quando há *similitude de relações*, do tipo $A/B = C/D$, como a proporção da matemática. É a típica afirmação ‘A está para B assim como C está para D’. A *similitude de termos* como ‘esse homem é uma raposa’, onde $A = B$, não seria uma analogia, mas uma metáfora. Perelman

(2012), portanto, categoricamente afirma que a analogia deve ter quatro elementos ($A/B = C/D$). Nos casos de três ($A/B = C/B$) ou dois elementos ($A = B$), o autor classifica como metáfora. Black (1962), no entanto, contrapõe o conceito estrito de analogia do autor entendendo a metáfora como uma analogia condensada. Na medida em que os contextos aos quais a metáfora alude são indispensáveis para a compreensão, Black afirma que os termos que representam C e D estão subentendidos¹.

Pela definição de Glynn (1991) e a categorização de Ferraz e Terrazzan (2001), a título de exemplificação: “o cotovelo é uma dobradiça” é uma metáfora, pois a comparação é subentendida; “o cotovelo é como uma dobradiça” seria uma metáfora, pois não identifica as similaridades (GLYNN, 1991), mas como a conjunção “como” torna a comparação explícita, trata-se de uma símile (GUIMARÃES; LESSA, 1988; OLIVA MARTÍNEZ, 2004) ou comparação metafórica (GUIMARÃES; LESSA, 1988); “o cotovelo funciona como uma dobradiça” é uma analogia simples (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2005); “o cotovelo articula o úmero à ulna assim como a dobradiça articula suas chapas” é considerada analogia (PERELMAN, 2012) ou analogia enriquecida (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2005).

Essa variedade terminológica associada à analogia mostra alguma falta de acordo entre os diferentes investigadores (DUARTE, 2005). Dentre tantas definições, para fins de padronização, a analogia é entendida e assim tratada nesta pesquisa pela definição de Glynn (1991, p. 223): “*strictly speaking, an analogy is a process: it is a process of identifying similarities between different concepts*”².

Newby (1987 *apud* HOFFMAN; SCHEID, 2007) prefere utilizar uma definição mais pedagógica e define a analogia como

um processo cognitivo que envolve uma comparação explícita de duas ‘coisas’, uma definição de informação nova em termos já familiares ou um processo através do qual se identificam semelhanças entre diferentes conceitos, sendo um deles conhecido, familiar, e o outro desconhecido. (NEWBY, 1987 *apud* HOFFMAN; SCHEID, 2007, p. 4).

A história da palavra e do conceito de analogia mostra que se deve ter cuidado ao utilizá-la devido ao seu pluralismo semântico e conceitos correlatos. Em todos os casos, o

¹ As diferenças entre analogia, metáfora e outros termos correlatos são aprofundadas na sessão 1.3.3.

² Nesta pesquisa, para se preservar o significado de algumas citações literais, optou-se por algumas vezes, quando considerado conveniente, mantê-las em sua língua original, evitando-se assim algum possível estropiamento por conta de traduções.

contexto ao qual é a analogia empregada é que determinará a sua profundidade quanto ao grau de semelhança. Nesta pesquisa, se confere à analogia os conceitos supracitados de Glynn (1991) e de Newby (1987 *apud* HOFFMAN; SCHEID, 2007).

1.2 COMPOSIÇÃO E PENSAMENTO ANALÓGICOS

Em todas as definições não matemáticas para analogia, há o consenso de que existe a comparação de, pelo menos, dois objetos. A natureza desses objetos e o objetivo de se fazer essa comparação são variados. Em uma analogia comum, para fins didáticos, consiste na comparação entre dois domínios ou duas áreas: um domínio conhecido ou familiar e um desconhecido ou não familiar (RAVIOLO *et al.*, 2004).

Entende-se por *domínio* um conjunto de conceitos, de saberes, ou então áreas ou campos do conhecimento. Duarte (2005, p. 9) afirma que domínio é um “termo para designar a rede conceptual abrangente a que pertencem os conceitos”. Na analogia “a estrutura interna da Terra é como a de um abacate”, pode-se dizer que o abacate está no *domínio conhecido* e a Terra, no *desconhecido* ou, dependendo do enfoque dado à analogia, pode-se também dizer que o abacate está no *domínio da Botânica* e a Terra, no *da Geologia*.

Os dois domínios, conhecido e desconhecido, e os objetos neles contidos recebem variados nomes de acordo com o autor. Assim, enquanto que a atribuição do termo *alvo* (*target*) para o domínio desconhecido parece obter um elevado consenso, sendo reconhecido por diversos autores (GENTNER, 1981; DAGHER, 1995; FERRAZ; TERRAZZAN, 2001). Termos como objeto, problema, branco, meta, tópico e tema, também são referidos com o mesmo significado (DUARTE, 2005). O termo associado ao domínio conhecido parece ser menos consensual, aparecendo sob a designação de foro (PERELMAN, 20012), *base* ou fonte (*source*) (GENTNER, 1981; RAVIOLO *et al.*, 2004), veículo (*vehicle*) (CURTIS; REIGELUTH, 1984; NAGEM *et al.*, 2003) e análogo (DUI, 1991; GLYNN, 1991; THIELE; TREAGUST, 1992; FERRAZ; TERRAZZAN, 2001; OLIVA MARTÍNEZ, 2004). Contudo, essa variedade não implica em divergências entre os autores sobre o significado dos termos. Duarte (2005), de forma compilada, define os seguintes termos, que são utilizados como padrão nesta pesquisa:

- Alvo: refere-se ao conceito, total ou parcialmente desconhecido, que será objeto de compreensão, descrição, ilustração ou explicação da analogia;

- Base: diz respeito ao conceito conhecido pelo qual ocorre a compreensão, descrição, ilustração, explicação ou previsão do alvo.

Gentner (1983) afirma que os domínios alvo (*target domain*) e base (*base domain*) como sistemas psicológicos constituídos por: objetos, atributos e relações. Os *objetos* podem ser entidades (*e.g.*, abacate), partes componentes de um objeto maior (*e.g.*, casca do abacate) ou combinações de objetos (*e.g.*, abacatal). Os *atributos* são predicados do objeto, como qualidades, adjetivos, funções, ações, *etc.* (*e.g.* abacate: ovoide, cascudo, verde, cremoso). Enquanto os atributos se constituem por um único argumento, as *relações* se constituem por dois argumentos que se completam (*e.g.*, abacate: o epicarpo (casca) é mais duro que o mesocarpo, o endocarpo é interno ao mesocarpo).

Gentner (1981) propôs a Teoria do Mapeamento Estrutural (TME) na qual os componentes de uma analogia são formalizados por um mapeamento representado por fórmula ou diagrama. Sob essa perspectiva, aqui é analisada a analogia “a Terra é como um abacate”, muito comum em aulas de Ciências no Ensino Fundamental para explicar a estrutura interior da Terra (SANTOS; INFANTE-MALACHIAS; 2013):

- 1) Existe um *mapeamento* (M) do *domínio base* (B) para o *domínio alvo* (T; *target*):

$$\begin{aligned} M: B &\rightarrow T \\ M: \text{ABACATE} &\rightarrow \text{TERRA} \end{aligned}$$

- 2) Existem *objetos* (b_n) em B e (t_m) em T:

$$\begin{aligned} B (b_1, b_2, \dots, b_n) \mid T (t_1, t_2, \dots, t_m) \\ \text{ABACATE (casca, polpa, caroço, endosperma, pedúnculo, \dots, } b_n) \mid \text{TERRA (crosta, manto, núcleo,} \\ \text{magma, placa tectônica, \dots, } t_m) \end{aligned}$$

- 3) b_n e t_m possuem atributos (A):

$$\begin{aligned} B[A(b_1), A(b_2), \dots, A(b_n)] \mid T[(A(t_1), A(t_2), \dots, A(t_m))] \\ \text{ABACATE[EXTERNA, RUGOSA (casca), INTERMEDIÁRIA, VERDE (polpa), \dots, A(b_n)] \mid} \\ \text{TERRA[EXTERNA, FINA (crosta), INTERMEDIÁRIO, BIFÁSICO (manto), \dots, A(t_m)]} \end{aligned}$$

- 4) b_n e t_m possuem relações (R):

$$B[R(b_1, b_2), R(b_2, b_3, b_n), \dots, R(b_n)] \mid T[R(t_1, t_2), R(t_2, t_3, t_m), \dots, R(t_m)]$$

ABACATE[ENVOLVE(casca, polpa), MAIS FINA(casca, polpa), MAIS DURO(carço, polpa), ..., R(b_n)] | TERRA[ENVOLVE(crosta, manto), MAIS FINA(crosta, manto), MAIS QUENTE (núcleo, manto)]

5) M mapeia as correspondências entre A de b_n e A de t_m. Nesta etapa, os objetos e os atributos sem correspondência são descartados:

$$M: B[A(b_n)] \rightarrow T[A(t_m)]$$

M: ABACATE[EXTERNA, FINA(casca), INTERMEDIÁRIA(polpa), ESFÉRICO(carço)] → TERRA[EXTERNA, FINA(crosta), INTERMEDIÁRIO(manto), ESFÉRICO(núcleo)]

6) M mapeia as correspondências entre R de b_n e R de t_m. Nesta etapa, as relações sem correspondências são descartadas:

$$M: B[R(b_n)] \rightarrow T[R(t_m)]$$

M: ABACATE[ENVOLVE(casca, polpa), MAIS FINA(casca, polpa), MAIS DURO(carço, polpa)] → TERRA[ENVOLVE(crosta, manto), MAIS FINA(crosta, manto), MAIS DURO (núcleo, manto)]

Gentner (1981) apresenta o mapeamento estrutural analógico em fórmulas e em diagramas também. Depois de conhecer as abreviações das fórmulas, fica fácil representar a analogia. Para o exemplo da analogia “a Terra é como um abacate”, de Santos e Infante-Malachias (2013), tem-se o mapeamento (M) da Figura 1.

Nele, são apresentados os atributos (caixas com uma seta) e as relações (caixas com duas setas) dos objetos casca, polpa, carço e embrião. As relações possuem sujeitos da ação (S) e sujeitados da ação (O). Percebe-se que nem todos os objetos são mapeados, como o embrião, por exemplo, e que nem todos os atributos e relações são transferidos, pois não possuem correspondência.

Vosniadou e Ortony (1989) distinguem dois tipos de analogias: *analogias metafóricas* (entre domínios) e *analogias literais* (dentro do mesmo domínio). Segundo os autores, na primeira, os análogos advêm de domínios conceitualmente diferentes ou remotos em que as propriedades particulares envolvidas são muito diferentes, mas que compartilham uma estrutura explanatória similar. Na segunda, os análogos estão no mesmo domínio ou em domínios parecidos conceitualmente. Gentner (1983), de modo mais estruturado, classifica o nível da comparação pela quantidade de relações (R) e atributos (A): *similaridade literal*, *analogia*, *abstração* e *anomalia*.

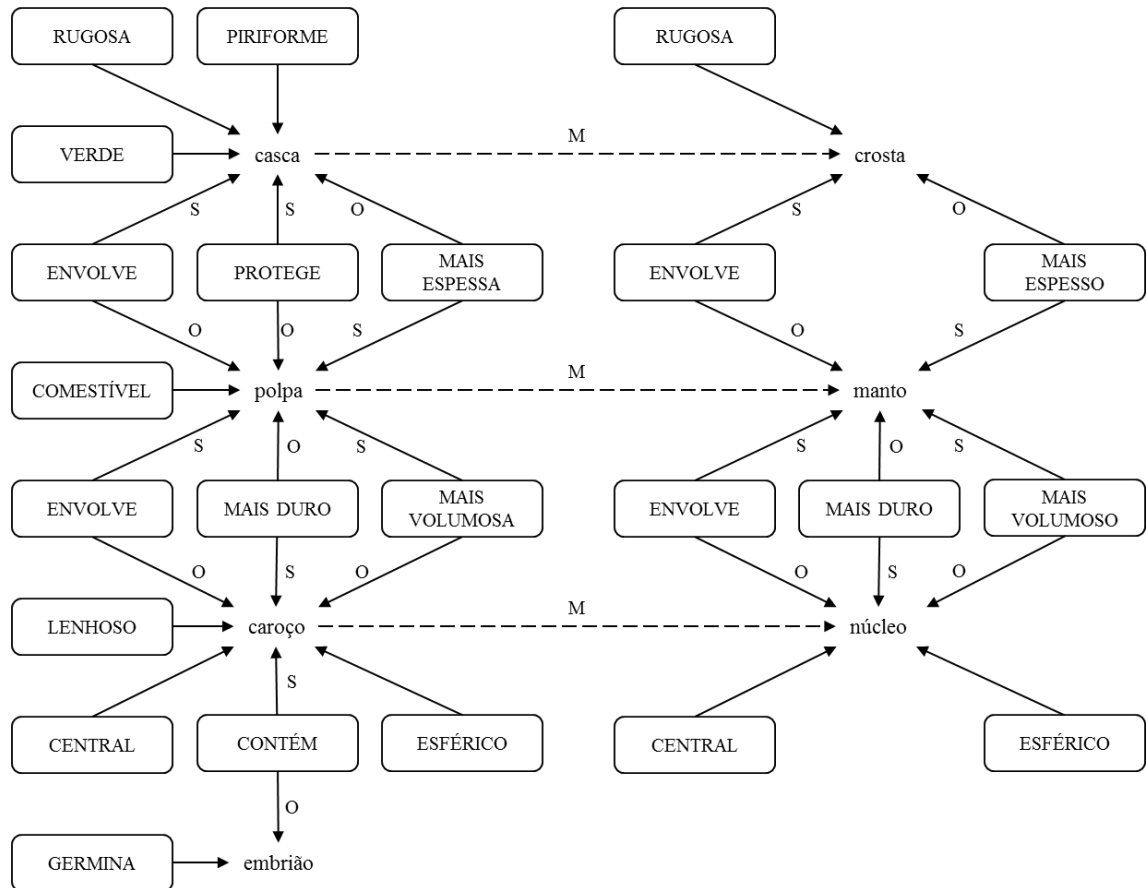


Figura 1. Mapeamento estrutural da analogia ‘a Terra é como um abacate’.

Nota: S = ‘sujeito da relação’; O = ‘objeto da relação’; M = ‘mapeamento’.

Quando a quantidade de relações e atributos grande, igual ou quase igual, o que se tem é uma *similaridade literal*. Por exemplo, em “Marte é como a Terra”, o número de predicados é bem parecido. Dependendo de como a comparação é apresentada, os objetos, em vez de análogos, tornam-se apenas exemplos. É o que ocorreria se fosse dito “Marte e Terra são (exemplos de) planetas”.

A *analogia* é a comparação em que muitas relações e pouco ou nenhum atributo são transferidos do domínio base para o domínio alvo Gentner (1983), como no exemplo de “a Terra é como um abacate”. A *abstração* é a comparação em que o domínio base é uma estrutura abstrata. Nesta comparação, os objetos (ou entidades) da base podem ser generalizações físicas. Basicamente, todos os predicados do domínio base são transferidos para o domínio alvo. Por exemplo: “a Terra é um sistema de camadas concêntricas”. Sistema é um conceito abstrato. Nessa comparação, podem-se fazer algumas inferências: (crosta ENVOLVE manto, manto ENVOLVE núcleo) → (camada externa ENVOLVE camada intermediária, camada intermediária ENVOLVE camada esferoide central). A diferença entre estas duas comparações

é que na analogia há predicados do domínio base que não são transferidos para o domínio alvo (*e.g.*, o abacate é VERDE).

A *anomalia* acontece quando uma comparação é feita entre dois domínios que não têm em comum nenhum atributo ou relação entre os objetos, isto é, a comparação é feita mesmo quando não há semelhança alguma. Por exemplo: “a Terra é como uma vassoura”.

É importante lembrar que essa classificação das comparações pelo nível de predicados comparados apresentada por Gentner (1983) só considera as que apresentam correspondências de relações. Analogias que apresentam apenas semelhanças de aparência, como “o rim tem formato de feijão”, não fazem parte da TME do autor. Essas comparações são denominadas por Gentner (1983) como *mere appearance match* (comparação de mera aparência) e por González González (2002) como *semejanza superficial* (semelhança superficial).

Apesar de distinguir a analogia de outras comparações, Gentner (1983) não erige uma divisão concreta entre elas. O autor afirma que todas estão num *dégradé* de comparações, sem divisões exatas, interconectadas num *continuum* que vai da semelhança literal à comparação anômala. Centner (1989) complementa a tabela de Gentner (1983) e estabelece que a família das similitudes ordena-se nessa ordem de quantidade de correspondências entre o domínio-base e o domínio-alvo: similaridade literal (*literal similarity*), analogia (*analogy*), abstração relacional (*relational abstraction*), similaridade de mera aparência (*mere-appearance matches*) e anomalia (*anomaly*) (Quadro 1).

Quadro 1. Predicados comparados nos diferentes tipos de comparação.

Comparação	Atributos transferidos	Relações transferidas	Exemplo: “A Terra é...”
Similaridade literal	Muitos	Muitas	... como Marte.”
Analogia	Poucos	Muitas	... como um abacate.”
Abstração	Poucos ^a	Muitas	... um lar para os humanos.”
Similaridade de mera aparência	Muitos	Poucos	... redonda como uma laranja.”
Anomalia	Poucos	Poucos	... como uma vassoura.”

^a Abstração difere da analogia, pois possui poucos atributos no domínio base enquanto a analogia possui muitos.

Adaptado de Gentner (1983) e Centner (1989).

Considera-se a *similaridade de mera aparência* (GENTNER, 1983; CENTNER, 1989) como sinônimo de *semelhança superficial* (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002) e *analogia simples de forma* (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001). A similaridade de mera aparência transfere um ou mais atributos e a analogia transfere uma ou mais relações. “A *mere-appearance match* is one with overlap in lower-order predicates but not in higher-order relational structure.

Mere-appearance matches are in a sense the opposite of analogies. Such matches are sharply limited in their utility” (CENTNER, 1989, p. 207)³.

A metáfora, como será explicada adiante, pode, por causa de sua subjetividade, sintetizar comparações que poderiam ser analogia, abstração, anomalia ou similaridade de mera aparência (Figura 2).

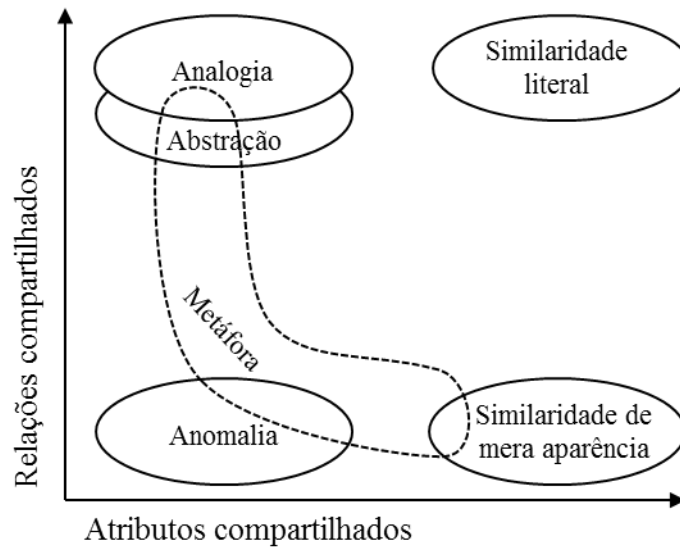


Figura 2. Espaço das similaridades: classes de similaridade baseadas nos tipos de predicados compartilhados.

Baseada em Centner (1989, p. 207).

Além de desconsiderar as analogias de semelhanças superficiais, a TME sofre algumas críticas, principalmente quando é vista pelos pesquisadores da Educação. Mozzer (2008), apoiando-se em Wilbers e Duit (2001), afirma que a TME é conceituada exclusivamente como uma transferência da base para o alvo, sem levar em consideração a natureza simétrica da relação analógica. Em outras palavras, ao mesmo tempo em que o domínio alvo é construído (ou reformulado) pelas inferências do domínio base, o inverso pode acontecer.

A analogia feita implica num terceiro elemento além do domínio base e do domínio alvo: o *modelo mental*. Segundo González González (2002), o modelo mental é uma trama de relações e atributos de estruturas comuns originada pela comparação dos dois domínios. O modelo mental é construído pelo *raciocínio analógico* que transfere os predicados semelhantes e úteis da base para entendimento do alvo (Figura 3).

³ Para os propósitos desta pesquisa, similaridade de mera aparência, símile, analogia e comparação são tratadas apenas por ‘analogia’, considerando que todas fazem parte do *dégradé* de comparações (GENTNER, 1983).

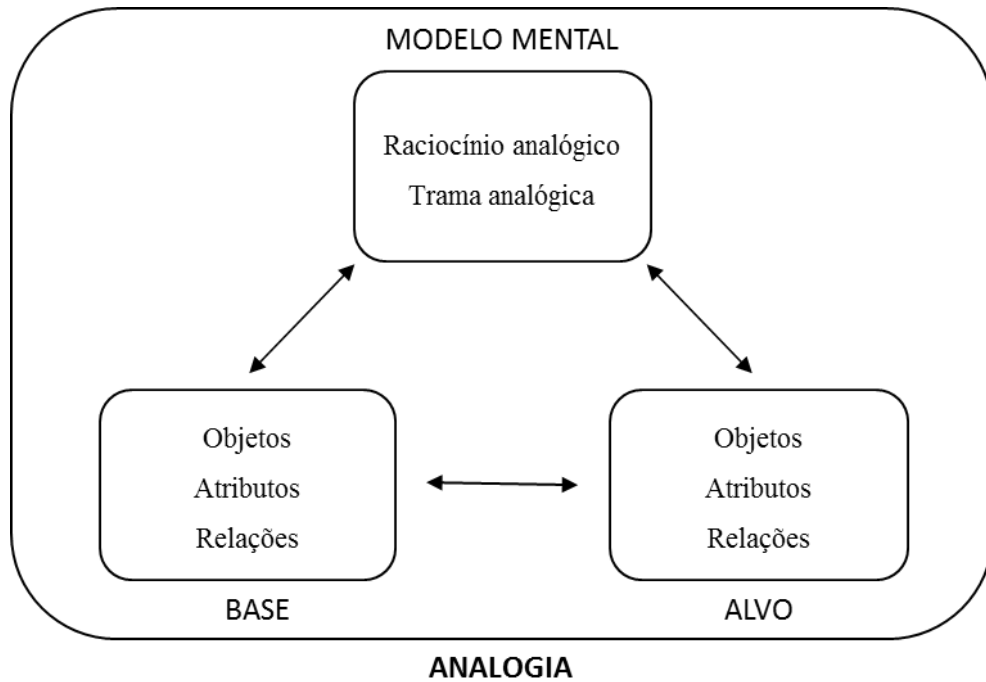


Figura 3. Estrutura da analogia.
Baseada em González González (2002, p. 304).

Se o raciocínio analógico acontece da base para o alvo e no sentido inverso (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002), pode-se afirmar que o conceito análogo altera o conceito do objeto alvo e é também por ele alterado no mesmo processo cognitivo. Quando se ensina que a estrutura interna da Terra se assemelha à de um abacate, o aluno estrutura seu conceito de Terra, bem como pode rearranjar a sua estrutura conceitual de abacate, uma vez que ele está avaliando melhor seu conceito de abacate e dando novo formato à imagem cognitiva que fazia do fruto.

Sendo também o raciocínio da analogia uma via de mão dupla, dependendo da situação, a base e o análogo podem trocar de lugar. Segundo Rigolon (2008, p. 34), pela analogia ‘Sistema Solar-átomo’, “pode-se tanto ensinar para um químico que as órbitas planetárias são parecidas com as órbitas eletrônicas como ensinar para um astrônomo que as órbitas dos elétrons são parecidas com as dos planetas”. No exemplo aqui esmiuçado, pode-se, então, ensinar sobre a constituição de um abacate a um geólogo como ensinar a estrutura interna da Terra a um botânico (Figura 4).

A partir de pesquisas realizadas sobre ensino e aprendizagem de sistemas caóticos via raciocínio analógico, Wilbers e Duit (2001) propuseram um modelo microestrutural para o raciocínio analógico. De acordo com este modelo, o contexto no qual a relação analógica está inserida é essencial e, para compreendê-la, é necessário levar em conta que os conhecimentos usados pelos professores e alunos são diferentes. Segundo os autores, na perspectiva dos

professores, as analogias são elaboradas a partir da estrutura de conteúdo do conhecimento envolvido, isto é, elas dependem de conhecimentos fundamentados em proposições. Por outro lado, os alunos interpretam os domínios alvo e base de modo bastante diferente, pois ignoram os conceitos científicos e os princípios almejados por meio da analogia. O que os alunos sabem, de sua perspectiva, é que entre as relações potenciais entre a base e o alvo, eles devem descobrir as que possibilitem um entendimento. Sendo assim, eles fazem uso heurístico das analogias.

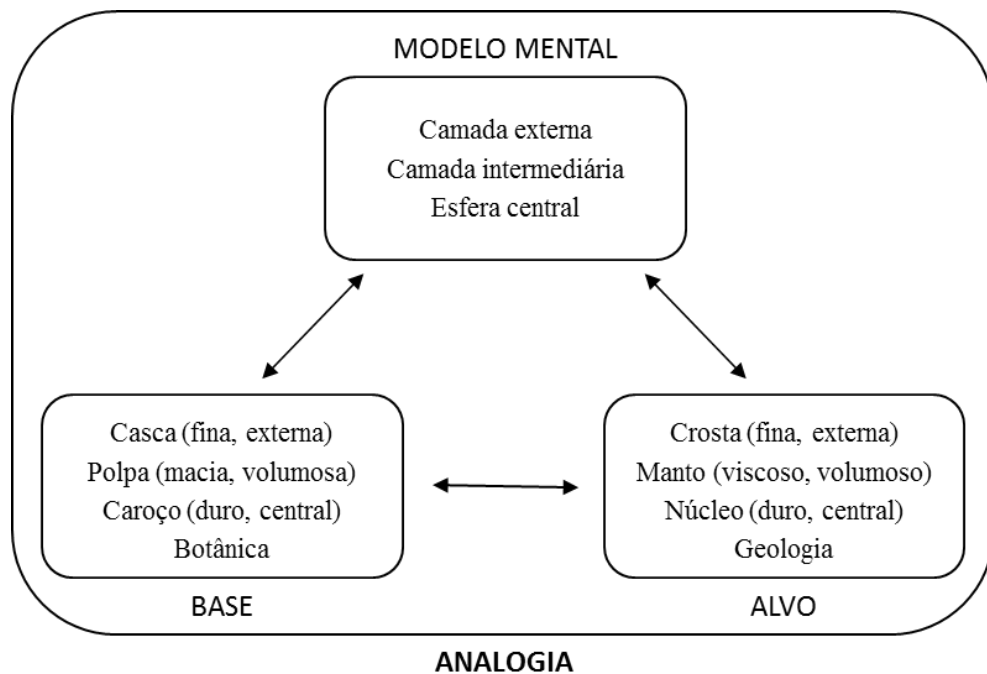


Figura 4. Estrutura da analogia ‘a Terra é como um abacate’.
Baseada em Rigolon (2008, p. 34).

A essência no uso de analogias heurísticas é o conhecimento não proposicional, baseado em informações visuais. A partir do ponto de vista cognitivo, as analogias dependeriam esquemas intuitivos, imagens e modelos mentais espontaneamente gerados pelos alunos quando eles são inicialmente confrontados com o objeto análogo. Os modelos mentais levariam a uma ligação associativa preliminar entre o alvo e a base. O processo subsequente da construção analógica seria guiado por essas associações. A analogia seria, então, um meio de construção de hipóteses com base em modelos mentais provocados pelo alvo. Esse processo de construção analógica que satisfaz a uma exploração heurística do alvo utiliza um análogo melhor conhecido, o qual fornece alguma prototeoria para um alvo ainda não explorado. Isso implica que as analogias heurísticas funcionariam mais para a geração de hipóteses do que de seu suporte (WILBERS; DUIT, 2001; MOZZER, 2008).

1.3 ANALOGIA E CONCEITOS CORRELATOS

O vocábulo analogia, tal como se emprega correntemente, significa relação entre duas ou mais coisas que portam algum traço comum (RESENDE FILHO, 2008). Se por um lado a designação ampla da analogia pode parecer interessante por poder abarcar diversas formas de comparação, por outro, corre-se o risco, ao estabelecer parâmetros e sistematizações de ensino, de extrapolarem-se indesejavelmente suas potencialidades pedagógicas e, justamente por confundi-la com comparações correlatas inferiores, diminuir sua utilidade didática.

É o que acontece quando se toma metáfora por analogia e vice-versa. Podem ser tratadas como figuras de linguagem parecidas, mas ambas têm raciocínios e limitações distintos. Duarte (2005) se deparou com várias definições de analogia, como já foi abordado na seção anterior, mas também evidenciou que outros termos distintos vêm sendo tratados como sinônimos de analogia.

Murachco (2004, p. 29), sobre essa condição, cita Descartes: “Se, entre filósofos, fosse convencionado sempre o significado das palavras, quase todas as suas controvérsias seriam suprimidas”. Portanto, é conveniente defini-las e, assim, diferenciá-las.

Vosniadou e Ortony (1989) entendem que os vários conceitos correlatos às analogias demandam processos mentais e, portanto, processos de ensino diferentes. O professor acaba trabalhando com analogias de modo diferente do que se fosse com metáforas, alegorias, modelos ou exemplos. Entretanto, o uso de uma não exclui a outra. Laburú, Arruda e Nardi (2003) afirmam que uma prática docente pluralista enriquece as aulas de Ciência. O ensino que lança mão de várias estratégias acaba por estimular a criatividade, tanto do professor quanto dos alunos, torna-se mais produtivo e elimina o tédio em sala de aula. Sendo assim, vale a pena conhecer um pouco mais esses conceitos parecidos com o da analogia e, na medida do possível, utilizá-los sinergicamente.

1.3.1 Analogia e exemplo

O exemplo é utilizado pelos professores em sua prática docente diária (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002). Contudo, quando se trata de conceituar o que é exemplo, observa-se que analogia, metáfora e exemplo são pensados de forma indistinta (DUARTE, 2005; RIGOLON, 2008).

Muitas vezes, o conceito de exemplo é confundido com o de analogia por professores (OLIVA MARTÍNEZ *et al.*, 2003) e alunos (DUIT, 1991). Oliva *et al.* (2003, p. 4), em sua pesquisa com professores das disciplinas das Ciências Naturais de uma escola de Ensino Médio, verificaram que a maioria dos professores entrevistados não tinha uma noção clara do que é analogia, confundindo-a com exemplo. O professorado os percebia como sinônimos intercambiáveis: *“Yo suelo poner siempre el ejemplo del sistema planetario cuando quiero explicar la constitución del átomo”*.

Rigolon e Obara (2011, p. 488) encontraram problema similar em uma turma de licenciandos de Biologia de uma universidade pública. Para alguns deles, exemplos ou exemplificações eram o mesmo que analogia, como afirmou um deles: *“Analogia se refere a uso de exemplificações que levem o ouvinte a compreender um fato ou evento de forma mais clara de acordo com semelhanças no mecanismo de ação”*. Houve licenciando que entendia que metáfora era comparação e que analogia era exemplificação. Mesmo com os esforços dos pesquisadores trabalhando com mudança conceitual sobre analogia, após uma intervenção pedagógica, o conceito *“analogia é um exemplo”* foi mais difícil de desaparecer dos resultados do pós-teste do que a confusão *“analogia é uma metáfora”*.

“Aunque el ejemplo nunca será una analogía, es frecuente observar cierta confusión a la hora de emplear ambos términos. Por este motivo se explica la diferencia que existe entre analogía y ejemplo” (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002, p. 324). Segundo Duit (1991), um exemplo é uma instância de um conceito, não uma comparação entre dois conceitos. Oliva Martínez *et al.* (2003) conceituam exemplo como um caso concreto de um conceito ou fenômeno.

Para González González (2001), um exemplo é um caso particular de uma situação que não deixa implícita o processo de comparação entre duas situações. Este conceito é o que se pode pensar quando a comparação do tipo similaridade literal (GENTNER, 1983) é apresentada de forma diferente. Por exemplo, se se diz que a Terra é como Marte (e como Vênus, Mercúrio...), o que se tem é uma comparação literal, pois o número de predicados transferidos do domínio base para o alvo é muito grande. Esses predicados, em conjunto, são o que, no final das contas, definem o que é o conceito de planeta. Se, porém, se diz que Marte, Terra e outros mais são exemplos de planetas, houve uma mudança na estratégia didática. É o raciocínio que Duit (1991) apresentou para o relâmpago: *“Lightning is not like a big spark, it is a big spark! So, lightning is an example of the concept of electric spark.”*.

Rigolon (2008) afirma que os objetos da analogia estão em domínios diferentes do conhecimento, isto é, não estão na mesma esfera de conceitos. Em *“Marte é um (exemplo de)*

planeta”, os dois objetos (Marte e planeta) pertencem ao domínio Astronomia de conhecimento. Já em “a Terra é como um abacate”, os objetos estão em áreas do conhecimento diferentes, Geologia e Botânica.

Para González González (2002), os exemplos servem a propósitos semelhantes aos das analogias nos processos de ensino e de aprendizagem das Ciências, pois ambos são usados para relacionar o cotidiano ao desconhecido. O professor pode apresentar o conceito a ser ensinado e em seguida citar exemplos ou solicitá-los aos alunos ou, o inverso, citar exemplos e só depois apresentar o conceito. Por exemplo, o professor de Biologia pode conceituar o que é um artrópode e, em seguida, citar alguns como o caranguejo, a aranha e o besouro. Se preferir pedir aos alunos que exemplifiquem, servirá como uma avaliação do que ensinou. Se os exemplos citados não se enquadrarem no conceito apresentado, algo está errado. A terceira estratégia é citar vários exemplos de espécies artrópodes e ir construindo junto com os alunos o conceito de artrópode.

1.3.2 Analogia e modelo

Quando se trata de definir, exemplificar e aprofundar-se nos estudos sobre modelos, a variabilidade semântica é bastante grande. Dentro da esfera de significados e teorias sobre modelos e seus usos didáticos, vale a pena registrar as principais concepções, justamente para diferenciá-las de analogia. Apesar de analogia e modelo serem conceitos distintos e de nenhum deles estar subordinado ao outro (MÓL, 1999), a sua distinção faz-se necessária, pois os professores têm os confundido, tratando-os como sinônimos. Oliva Martínez *et al.* (2004, p. 4) exemplificam a confusão com a fala de um professor pesquisado: “*Me gusta utilizar un circuito hidráulico como modelo para explicar la corriente eléctrica*”. Rigolon e Obara (2010, p. 24) também verificaram que licenciandos de Biologia confundem analogia com modelo. Por exemplo, um licenciando afirmou: “Analogia seria uma representação, de algo seguindo um modelo já existente”.

A pluralidade de significados existente para modelo talvez possa mostrar o porquê de seu conceito estar envolvido a tantos outros, por vezes, erroneamente. Segundo Houaiss (2009), modelo pode ser entendido como a representação de um objeto em medidas reduzidas para depois ser reproduzido em dimensões reais. Por exemplo, faz-se primeiramente o modelo de um navio ou de uma casa e depois o navio ou a casa em tamanhos naturais, obedecendo às proporções do modelo. Essa acepção de modelo faz jus ao seu emprego etimológico inicial. A

palavra modelo vem do italiano *modelo*, que por sua vez veio do latim vulgar *modellum*. Esta é o diminutivo do latim *modus* que significa “medida em geral; medida que não se deve ultrapassar” (HOUAISS, 2009).

Depois, nas Artes Plásticas, o modelo deixou de ser uma concepção primária para uma realização concreta posterior para exercer o efeito contrário. O modelo é então um objeto do qual o artista o reproduz em seu trabalho (HOUAISS, 2009). O objeto original do qual se faz outras reproduções, então, é o modelo. O modelo é o exemplar, o que deve ser copiado: fazenda-modelo, escola-modelo.

Em vários casos, por diferentes que sejam os empregos do modelo, o que se observa é a condição de ser uma *representação* de algo e essa representação é, será ou deve ser *reproduzida*. Nas escolas, os professores utilizam modelos em resina que representam partes do corpo humano, figuras que representam o átomo, maquetes que representam o ciclo hídrico, miniaturas que representam ferrovias, *etc.*

De tal maneira, modelo “sempre existe como representação de algo” (FRANCISCO JÚNIOR, 2010, p. 136). Para Krapas *et al.* (1997), é a representação de uma ideia, objeto, processo ou sistema. Um modelo substitui ou ocupa o lugar por ele representado. Para Sardinha (2007, p. 89), o modelo “seria uma metáfora consolidada, elevada ao grau de conhecimento licenciado pela comunidade científica”.

Segundo Mól (1999, p. 64), o modelo é uma comparação explícita feita “entre um conceito alvo e uma imagem ou objeto que o represente. Os modelos podem apresentar-se na forma de uma imagem ou de um objeto”. Os modelos representados por imagens são as gravuras ou figuras, podendo ser também fotos. Os modelos representados por objetos concretos são denominados simplesmente como modelos ou objetos. De acordo com Mól (1999), o modelo pode ser entendido como a representação física de um conceito ou objeto que não se pode manipular com facilidade. Essa dificuldade de manipulação pode ser consequência de dificuldades práticas (*e.g.*, órgãos humanos internos) ou devido ao tamanho do que se representa, podendo ser muito grande (*e.g.*, Sistema Solar) ou muito pequeno (*e.g.*, moléculas). Há também os modelos virtuais, bi ou tridimensionais, que existem apenas em representações computacionais.

De modo mais particular, os modelos de interesse pedagógico são o mental, o científico e o pedagógico. O primeiro modelo a aparecer é o **mental**, isto é, a representação cognitiva que um sujeito faz de um determinado conceito ou fenômeno. Inclusive, como já mostrado, o modelo mental é uma construção feita basicamente por meio de relações analógicas. “A elaboração de modelos pressupõe o uso da imaginação e do raciocínio

analógico” (FRANCISCO JÚNIOR, 2010). Se os modelos mentais estão no centro dos processos cognitivos (KRAPAS *et al.*, 1997), então o raciocínio analógico também está.

Segundo Borges (1997, p. 207), o modelo mental é um modelo que só existe na mente de alguém. Dessa forma, cada pessoa só pode falar a respeito de sua própria concepção. Intuitivamente a ideia é simples: “pensar envolve a criação e a internalização de modelos simplificados da realidade”. Os modelos mentais são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas concretos com os quais interagem.

“Quando algum produto resultante de um processo de modelagem passa a ser compartilhado por uma certa comunidade, recebe o nome de modelo conceitual e pode ser, em determinadas situações, transformado em um objeto concreto” (KRAPAS *et al.*, 1997, p. 186). Esses são os **modelos conceituais**, construídos de forma rigorosa, consistente e coerente para representar um sistema, objeto, situação ou fenômeno de maneira mais próxima possível da realidade (FRANCISCO JÚNIOR, 2010).

Quando o modelo conceitual é compartilhado pela comunidade científica pode então ser considerado como um modelo científico. Neste âmbito, os modelos ocupam uma posição intermediária entre a realidade observada e a teoria. “A ciência cria modelos para representar e explicar o mundo” (FRANCISCO JÚNIOR, 2010, p. 150). Kac (1969 *apud* GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002, p. 5) sugere que os modelos na Ciência “*son, en la mayor parte, caricaturas de la realidad*”. Os modelos são, ao mesmo tempo, objetos e produtos da Ciência.

No entanto, como ressalta Francisco Júnior (2010) para se tornar consensual, o modelo passa por inúmeras etapas que nem sempre dependem de sua coerência apenas. Muitas vezes, aspectos políticos, econômicos ou até mesmo geográficos influenciam sua aceitação pela comunidade científica.

Uma vez estabelecido um modelo científico, pode-se adaptá-lo para fins educacionais de modo a torná-lo mais didático. Esse é o **modelo pedagógico**. Nesse sentido, Francisco Júnior (2010, p. 143) afirma que o uso de analogias “pode ser entendido como um processo de modelização com fins educacionais, uma vez que se intenta, a partir do mapeamento entre atributos similares de duas estruturas, construir ideias sobre o desconhecido”.

De acordo com Gilbert e Boulter (*apud* KRAPAS *et al.*, 1997, p. 190), o uso de modelos pedagógicos visa promover caminhos intelectuais específicos de compreensão dos modelos consensuais pelos estudantes, de tal modo que “o modelo pedagógico se torna a fonte a partir da qual se desenvolve um modelo mental aceitável do modelo consensual”.

O que se observa nos vários tipos de modelo é um caminho pelo qual a representação cognitiva de um objeto ou fenômeno vai tomando forma e, ao mesmo tempo, modificando-se para diferentes propósitos (Figura 5).

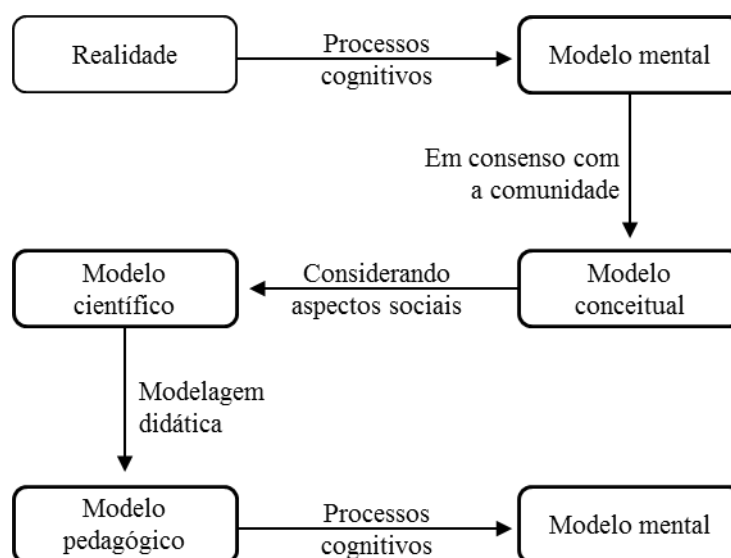


Figura 5. Sucessão de transformações do modelo.

Na forma como se constitui, pode-se dizer que o modelo é uma comparação entre sua representação e a realidade. O modelo mental estabelecido numa analogia pode ser comparado com a realidade. Deste modo, segundo Francisco Júnior (2010, p. 147), “não há como distinguir o conceito de modelo do conceito de analogia, uma vez que o cerne da elaboração de modelos é o raciocínio analógico”.

Entretanto, Oliva Martínez *et al.* (2004, p. 190) afirmam que há uma sutil diferença entre analogia e modelo que vale a pena levar em conta, principalmente para fins didáticos, uma vez que as metodologias para seus usos são diferentes. Os autores sucintamente definem que “*un modelo es una abstracción de semejanzas entre dos conceptos o fenómenos, es decir refleja los aspectos que mantienen en común el objeto y el análogo; una analogía sería la comparación directa de dos conceptos o fenómenos sin recurrir explícitamente al modelo*”.

1.3.3 Analogia, símile, metáfora e alegoria

“Quando aplicada aos aspectos do universo muito além das condições costumeiras na Terra, quase toda palavra é uma metáfora. A ciência é ao mesmo tempo criadora e consumidora de metáforas e não faz sentido nenhum sem milhares delas” (PRIMACK; ABRAMS, 2008, p.

25). Adequadamente, citando Holton (1984, p. 102), Dagher (1995, p. 295) inicia sua fala sobre analogias no ensino dizendo que “*metaphors do not carry with them clear demarcations of the areas of their legitimacy. They may be effective tools for scientists, but pathetic fallacies for students*”.

A metáfora é uma figura de linguagem em que um significado é transposto para outro campo, de modo implícito, subjetivo. Segundo Sardinha (2007, p. 16), “as metáforas são o instrumento que possuímos para criar novo conhecimento ou para dar conta de algo novo na ciência ou no cotidiano”.

Por exemplo, quando os sistemas operacionais de computador passaram a dispor de recursos gráficos, as partes da tela do computador que mostravam os programas passaram a ser chamadas de ‘janelas’. [...] janela é um bom nome porque é metafórico. Reflete nossa experiência acumulada com as janelas de verdade. (SARDINHA, 2007, p. 16).

Cabe a quem ouve ou lê as metáforas saber, de acordo com o contexto, quais predicados estão sendo transferidos. O entendimento dessas comparações implícitas depende inclusive da sensibilidade, do estado de espírito, da experiência e de vários outros fatores (GUIMARÃES; LESSA, 1988). Entretanto, as significações de uma metáfora possuem um repertório limitado, justamente para que sejam coerentes. Esses significados implícitos fazem parte do acervo mental de cada pessoa, mas desde que se faça inteligível a outras pessoas. Segundo Sardinha (2007), as metáforas são culturais. Diz-se, por exemplo, “economizar tempo” porque na cultura capitalista ocidental, tempo e dinheiro são coisas preciosas. Não há liberdade de conceituar tempo como se bem entenda. Não se poderia normalmente dizer algo como “descascar tempo”, sugerindo uma metáfora como o tempo é uma fruta.

“Vivemos de acordo com as metáforas que existem na nossa cultura. Praticamente não temos escolha: se quisermos fazer parte da sociedade, interagir, ser entendidos, entender o mundo *etc.*, precisamos obedecer às metáforas que nossa cultura nos coloca à disposição” (SARDINHA, 2007, p. 30). As metáforas refletem a ideologia e o modo de ver o mundo de um grupo de pessoas, construídos em determinada cultura.

Os estudos das influências das metáforas no cotidiano são antigos. Têm início na Grécia Antiga com os grandes filósofos. A primeira definição de metáfora veio de Aristóteles, no séc. IV a.C. O filósofo grego afirmou, na sua obra *Arte Poética*, que “a metáfora é a transposição do nome de uma coisa para outra, transposição do gênero para a espécie, ou da espécie para o gênero, ou de uma espécie para outra, por via da analogia” (BRITTO, 2008, p. 120). Atualmente, Houaiss (2009) a define como uma “designação de um objeto ou qualidade

mediante uma palavra que designa outro objeto ou qualidade que tem com o primeiro uma relação de semelhança”. Segundo Guimarães e Lessa (1988, p. 9), é uma figura de palavra “em que um termo substitui outro em vista de uma relação de semelhança entre os elementos que esses termos designam”.

Dagher (1995) procura não fazer distinção entre modelo, metáfora e símile, conotando-os, com a analogia, numa família de similaridades. Na Psicologia Cognitiva, Lakoff (1993) trata a respeito do pensamento metafórico como pensamento analógico indistintamente. De fato, em termos de cognição, metáfora e analogia são processados da mesma forma. Sua distinção se dá durante o discurso, textual ou oral. Enquanto a analogia é uma comparação explícita e mais elaborada, a metáfora é mais simples (DUARTE, 2005; BOZELLI; NARDI, 2005). Segundo Rigolon (2008, p. 35), “a metáfora é mais sintética, subjetiva e implícita e a analogia é mais sistemática, complexa, explícita e menos subjetiva. [...] Metáforas são meramente citadas, enquanto analogias podem ser mais elaboradas e atingir um objetivo diferente.”.

Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005) consideram a metáfora como uma analogia condensada, obtida pela fusão entre o alvo e a base. Para Gilbert (1989), enquanto a analogia funciona na base *A está para B assim como C está para D*, a metáfora sugere a fórmula *A é C*. Por exemplo, “a crosta é para a Terra o que a casca é para o abacate” é uma analogia, enquanto “a crosta é a casca da Terra” é uma metáfora.

Já a símile possui a estrutura da metáfora, mas conectivos comparativos (*e.g.*, como, feito, que nem, assim como, tal, tal qual, qual, *etc.*) ou expressões de sentido comparativo (*e.g.*, é semelhante a, assemelha-se a, da mesma forma que, parece, *etc.*) (GUIMARÃES; LESSA, 1988). A fórmula da símile é *A é como C*. A comparação acima como uma símile seria “a crosta é como uma casca” ou “a Terra é como um abacate”. A símile é uma analogia que não mostra suas relações analógicas. Não se sabem quais características estão sendo comparadas na símile e na metáfora (Figura 6).

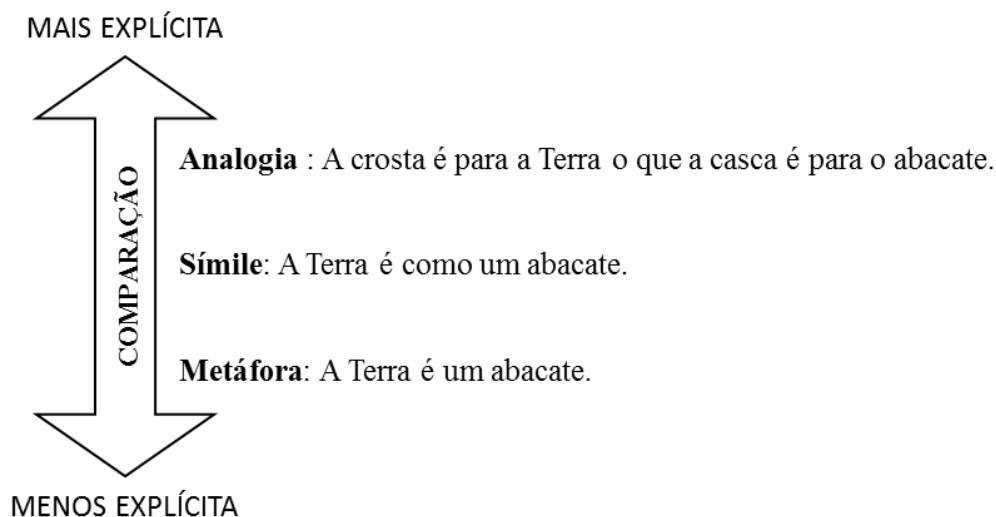


Figura 6. Comparações com exemplos ordenadas pelo grau de explicitação.

De acordo com Oliva (2004),

en el símil se mencionan los dos sistemas que se comparan, pero no se especifican detalles acerca de cuáles son los elementos de cada uno que se relacionan. No se llegan a emparejar de forma explícita todos los elementos del objeto y del análogo para hacer más clara la comparación. Parte de la analogía queda en forma tácita. (OLIVA MARTÍNEZ, 2004, p. 23).

A metáfora tem andado de mãos dadas com a analogia desde o surgimento de ambas como objeto de estudo na Grécia Antiga. A analogia sempre tendeu a ser usada mais em textos científicos e contextos técnicos e a metáfora usada mais em contextos literários (DUIT, 1991). Durante a história da humanidade, a metáfora veio sendo objeto de investigação na Semântica, Linguística, Filosofia, Retórica e Psicologia.

A palavra metáfora vem do latim *metaphora*, que por sua vez vem do grego *metaphorá*, com o sentido de “mudança, transposição” (HOUAISS, 2009). O primeiro estudioso da metáfora foi Aristóteles, que, no séc. IV a.C., na sua obra *Arte Retórica* declarou que não havia ninguém que na conversação corrente não se servisse de metáforas. Britto (2008) constatou que Aristóteles estava consciente da metáfora no dia a dia, mas preferia destacar a literatura como fonte predominante de metáforas, ressaltando a poesia. Segundo o autor, Aristóteles afirmou que a metáfora é um espelho da estética, da arte do bem-falante de linguagem nobre.

A ideia de que a metáfora é uma elipse da analogia (BRETON, 2003) ou uma analogia condensada (PERELMAN; OLBRECHTS-TYTECA, 2005) é vista por Aristóteles justamente

ao contrário. Segundo Ricoeur (2005 *apud* FOSSILE, 2010), Aristóteles não tinha como propósito explicar a metáfora pela comparação; mas a comparação pela metáfora.

Para Aristóteles, o fato do termo de comparação não se fazer presente na metáfora não quer dizer que a metáfora seja uma comparação abreviada, mas se dirá o contrário: a comparação é uma metáfora desenvolvida. (...) Já, ao realizar estudos referentes à aproximação da metáfora com a comparação, Aristóteles percebe certa superioridade da metáfora sobre a comparação, pelo fato da metáfora ser entendida e julgada como sendo mais agradável, mais elegante e predicativa ao ser equiparada à comparação. (RICOEUR, 2005 *apud* FOSSILE, 2010, p. 3).

Se considerar-se a metáfora apenas como a substituição de um termo por outro, Fossile (2010) afirma que, então, a informação fornecida pela metáfora é nula; logo, a metáfora tem apenas valor ornamental e decorativo. De lá para cá, a metáfora aristotélica assim foi vista.

Foi na década de 1930 que I. A. Richards desenvolveu pesquisas sobre a metáfora e, de meramente nominal, elevou-a a um plano verbal. Logo, essa nova definição de retórica influenciou sobre a visão da metáfora. Por meio da sua Teoria da Interação, Richards sustentava que a metáfora conserva dois pensamentos diferentes ao mesmo tempo, resultando, desse modo, uma significação da interação desses dois pensamentos. Foi ele também quem introduziu o caráter binário da metáfora (FOSSILE, 2010). Dividiu o enunciado metafórico em conteúdo (*tenor*) e veículo (*vehicle*). É a presença simultânea do conteúdo e do veículo e sua interação que dão origem à metáfora; desde então o conteúdo não permanece imutável, como se o veículo fosse apenas uma vestimenta, um ornamento. Para Fossile (2010), um dos fatos mais notáveis do estudo desenvolvido por Richards foi a percepção de que a metáfora não era apenas a troca ou substituição ou deslocamento de palavras, mas a interação de pensamentos.

Black (1962) foi além de Richards ao compreender a metáfora não mais como um mecanismo puramente linguístico. O autor mostrou que a metáfora é um modo diferente de organizar a realidade, sendo, assim, um processo cognitivo. É o que Lakoff (1993) chama de metáfora conceitual. É uma maneira convencional de conceitualizar um domínio de experiência em termos de outro, normalmente de modo inconsciente. Sardinha (2007, p. 23) afirma que a “metáfora é uma representação mental. Ela é cognitiva (existe na mente e atua no pensamento). Sendo assim, é abstrata. [...] sabemos que ela existe, pois toma forma na fala e na escrita por meio de expressões metafóricas”.

Lakoff e Johnson (2002) ampliam essa concepção da metáfora. Para eles, não só o pensamento é metafórico, mas também o agir. Por exemplo, quando se está numa discussão, ataca-se ou defende-se alguém com afirmações que supostamente esperam-se serem

indefensíveis. Britto (2008, p. 123) exemplifica afirmando que “isso é muito comum na época eleitoral, tendo em vista que o léxico relacionado à guerra aparece com mais facilidade, transparecendo as reações dos candidatos diante do ato de ganhar ou perder uma discussão num debate político”.

Nos discursos, quando a ideia metafórica é mais ampla e rica em detalhes, o que se tem é uma alegoria. Alegoria vem do latim *allegoria*, que por sua vez vem do grego *allegoría*, que significa “outra fala” (MACHADO, 1991; HOUAISS, 2009). Em uma forma resumida, na alegoria fala-se *x* para dizer *y*. A alegoria é um modo de expressão ou interpretação que consiste em representar pensamentos, ideias, qualidades sob forma figurada. Em termos didáticos, segundo Oliveira (2005), alegorias são expressões lúdicas ou artísticas utilizadas para representar conteúdos didáticos, cujos elementos concretos são representações do objeto.

Na Filosofia, a alegoria é um texto escrito de maneira simbólica, com intuito de apresentar tropologicamente ideias e concepções intelectuais (HOUAISS, 2009). Machado (1991, p. 79) entende a alegoria como “metáforas continuadas ou como cadeias de metáforas”. Isso é verificável na Alegoria da Caverna, da obra “A República” de Platão (séc. IV a.C.), onde cada detalhe do conto tem uma correspondência com outra ideia. Nela, há o diálogo em que Sócrates pede que Glaucon imagine homens acorrentados dentro de uma caverna de modo a poderem ver apenas sombras do que se acontece no mundo exterior projetadas na parede. Acompanhadas a essas sombras estão os sons emitidos do lado de fora. A alegoria fala sobre a possibilidade de se libertar das correntes e conhecer o mundo do lado de fora da caverna, mesmo que a luminosidade cegasse nos primeiros instantes os seus olhos. Platão continua dizendo que se o liberto voltasse à caverna e contasse o que viu aos acorrentados, seria desacreditado e possivelmente assassinado. Queirós (2008) explica que, segundo Platão: a caverna é o mundo visível; a luz da fogueira em seu interior é o sol; a saída para o mundo exterior é a ascensão da alma à esfera inteligível; o sol é a forma do Bem; os olhos, a inteligência; a visão, o conhecimento, e os objetos visíveis fora da caverna são as Formas platônicas, o verdadeiro objeto do conhecimento.

A Alegoria da Caverna também é chamada de Parábola da Caverna, pois é apresentada na forma de uma narrativa. As parábolas são mais indiretas que as alegorias. São comumente lembradas como algumas narrativas dos livros do Evangelho utilizadas para ensinamentos morais e religiosos (HOUAISS, 2009).

A alegoria pode ser chamada também de mito, quando a interpretação é algo para a posteridade. As fábulas também são um tipo de alegoria na qual a narrativa tem animais como personagens que ilustram um preceito moral. Tanto alegoria como parábola, mito ou fábula

acabam sendo contos que, cada qual do seu modo, apresentam como característica básica o sentido figurado em contraposição ao literal, as comparações implícitas tendo por base analogias ou relações estruturais (MACHADO, 1991).

A alegoria, a fábula e a parábola estão destinadas a inculcar um comportamento melhor, diferentemente do modelo. No entanto, segundo Machado (1991, p. 84), a fábula e a parábola são mais textuais enquanto as alegorias podem “extrapolam o discurso argumentativo ou os limites do verbal, assumindo formas múltiplas como a pintura, a escultura ou a pantomima”.

Machado (1991) examina o uso de alegorias utilizadas na Matemática com o exemplo da Alegoria do Hotel Infinito para pensar-se o conjunto dos números naturais da aritmética transfinita de Cantor. A história que se segue é devida ao matemático David Hilbert (séc. XIX) e descrita por Hans Freudenthal (1975).

Certo hotel tem uma infinidade de quartos numerados: 1, 2, 3, ... Esse hotel está hoje completamente cheio. No fim da tarde, chega mais um hóspede. — Lotado — diz o porteiro. — Não importa — diz o gerente — o hóspede do quarto 1 passa para o 2, este do 2 vai para o 3, o do 3 para o 4 e assim por diante, de modo que o novo hóspede pode entrar no quarto 1, vazio. Mais tarde, porém, chegam outros 1.000 novos hóspedes. — Lotado — diz o porteiro. — Não importa — diz o gerente — o hóspede do quarto 1 vai para o 1001, o do 2 para o 1002, e assim por diante e os novos hóspedes podem entrar livremente nos quartos de 1 a 1000. Subitamente, aparecem pessoas em número infinito: senhores A1, A2, A3, ... — Lotado — diz o porteiro. — Não importa — diz o gerente — nós mandamos o hóspede do quarto 1 para o quarto 2, o do quarto 2 para o 4, o do 3 para o 6, cada um para o quarto com o número dobrado, e então as pessoas A1, A2, A3... podem ser acomodadas como hóspedes nos quartos 1, 3, 5, ... (FREUDENTHAL, 1975 *apud* MACHADO, 2008, pp. 88-89).

Para Machado (2008), com algumas adaptações, naturalmente, a Alegoria do Hotel Infinito pode ser empregada na compreensão do fato de o conjunto dos números racionais ser enumerável, como poderia sê-lo para a percepção da não enumerabilidade do conjunto dos números reais.

1.4 ANALOGIA NAS VÁRIAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

O termo analogia, como já explanado, tem significados diferentes, dependendo da área de conhecimento na qual está sendo empregado. Muitas vezes, um biólogo tem uma noção

diferente do que teria um físico ou um filósofo. Por extensão de sentido, esse termo é empregado de formas diferentes dependendo do campo de conhecimento. Aqui são apresentados outros empregos para a analogia a fim de enriquecer o seu caráter polissemântico e mostrar como o raciocínio analógico está profundamente enraizado na atividade humana.

Em Biologia, mais especificamente utilizada em estudos de Evolução e Biologia Comparada, a analogia continua com seu sentido comparativo (PERELMAN; OLBRECHTS-TYTECA, 2005), mas está estritamente relacionado à origem embriológica de uma parte do corpo de determinados organismos.

Ao correlacionar órgãos de diferentes animais ou plantas, levando em conta sua formação e utilização, na Biologia utilizam-se os conceitos de homologia e analogia. Órgãos homólogos são aqueles que têm origem embriológica e anatomia semelhante, porém desempenham funções diferentes (*e.g.*, asas de um tucano e patas dianteiras de um cão). Os análogos são os que têm origem embriológica e anatomia diferente, mas que desempenham a mesma função (*e.g.*, asas de um tucano e asas de um pernilongo) (DARWIN, 2005; MARCELOS, 2006).

Segundo o naturalista inglês Charles Darwin (2005), Lamarck foi o primeiro a chamar a atenção para as semelhanças puramente analógicas entre os animais. Darwin as exemplificou com casos como a semelhança entre o rabo dos peixes e a cauda das baleias e a forma do corpo dos ratos e dos musaranhos. Lineu, o pai da Taxonomia, teria, por não identificar as analogias, classificado erroneamente uma cigarra como uma mariposa, por exemplo. É um exemplo de como, na Biotaxonomia, deve-se levar em consideração as analogias e as homologias ao classificar espécies e outros táxons.

É importante clarificar e acentuar a diferença entre a analogia da Biologia e da Didática, pois ambas não possuem vínculo, senão etimológico. A analogia em Biologia se refere apenas a semelhanças de forma ou função entre órgãos de espécies diferentes e a analogia didática ou epistemológica se refere às semelhanças de estrutura presente nas ideias, conceitos ou fenômenos.

Marcelos (2006) verificou que professores de Biologia do Ensino Médio entendem o termo analogia apenas pelo seu conceito biológico, vinculando-os a conceitos de homologia e órgãos vestigiais. O mesmo foi verificado por Rigolon (2008, p. 69) em licenciandos de Biologia. Quando foram solicitados a fornecerem exemplos de analogias, alguns citaram exemplos clássicos da analogia biológica: “Um exemplo de analogia aplicado para área da biologia são os órgãos análogos como o braço do homem e a nadadeira da baleia que possuem estruturação óssea semelhante.”; “Nosso osso coccígeo é análogo à cauda de um cachorro, por

exemplo”. As pesquisas sobre Ensino de Biologia devem, portanto, considerar essa questão ao abordarem a analogia como objeto de pesquisa.

Na área da Física, a analogia é entendida como a correspondência entre fenômenos físicos distintos, mas com grandezas descritas por funções matemáticas que possuem propriedades semelhantes ou idênticas (HOUAISS, 2009). O conceito de analogia física teve origem nos estudos da Física, mas logo foi estendida a outras ciências como a Química, por exemplo. É o que Mol (1999, p. 71) chamou de analogia de fórmula: “analogias em que as similaridades entre os conceitos estão na fórmula que os representa”.

Jorge (1990) exemplifica o raciocínio analógico na Física, propondo que a equação da resistência térmica ($R_t = \Delta t / \phi$) é análoga à equação da Lei de Ohm, da Eletricidade ($R_e = \Delta V / i$). Nesse caso, há uma correspondência entre as duas equações e as suas grandezas físicas. Marzzacco (1998 *apud* MÓL, 1999, p. 72), por sua vez, estabeleceu analogia entre a “as fórmulas matemáticas que representam a velocidade de uma reação química em função de sua ordem e as fórmulas matemáticas das propriedades de um cubo em função do tamanho das arestas”.

Bozelli (2005, p. 85) verificou que professores de Física costumam fazer analogias similares em sala de aula. Eles aproveitam fórmulas que os alunos já conhecem ou viram previamente e as correlacionam com fórmulas novas (desconhecidas) a fim de torná-las mais inteligíveis e memorizáveis. Por exemplo, um professor ressaltou “que o momento de inércia presente na equação da energia cinética de rotação ($K = \frac{1}{2} \cdot l \cdot \omega^2$) ‘[...] faz o papel [...] parecido com o que a massa faz no movimento de translação ($K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{cm}^2$)’”. Para fins didáticos, a equação do Movimento com Aceleração Linear ($\varpi = \varpi_0 + \alpha \cdot t$) também foi comparada à equação do Movimento com Aceleração Angular ($v = v_0 + a \cdot t$).

Segundo Jorge (1990), pela simples mudança das variáveis de uma equação física que rege o comportamento de um sistema obtém-se uma nova equação que rege um sistema semelhante. Para o autor, o aprendizado da Física torna-se mais fácil e agradável se o estudo de um fenômeno novo for comparado a um fenômeno semelhante já conhecido.

Nas Ciências Humanas, o raciocínio por analogia se faz presente em diversas áreas, em cada qual dando uma contribuição diferente. Em Direito, a analogia é aplicada às normas disciplinadoras em casos não previstos na lei comparando-os a ocorrências semelhantes (HOUAISS, 2009). O raciocínio analógico se limita ao confronto, acerca de pontos particulares, entre direitos positivos distintos pelo tempo, pelo espaço geográfico ou pela matéria tratada.

De acordo com Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005), todas as vezes que se buscam similitudes entre sistemas, estes são considerados exemplos de um direito universal; assim

também, todas as vezes que se argumenta em favor da aplicação de uma regra a casos novos. É, também, o argumento que pressupõe que a Justiça deve tratar de maneira igual, situações iguais. As citações de jurisprudência são os exemplos mais claros do argumento por analogia, que é bastante útil porque o juiz será, de algum modo, influenciado a decidir de acordo com o que já se decidiu, em situações anteriores. Abreu (2005) exemplifica essa situação: se uma mãe dá um bom presente para um filho e um não tão bom para o outro, este pode reivindicar um presente melhor apelando para o senso de justiça materna, pedindo que sua situação seja análoga a do seu irmão.

A analogia serve tanto para que o juiz estabeleça um julgamento equitativo a casos parecidos como para o advogado estimular o senso de justiça do juiz ou do júri a qualificar uma determinada situação de modo similar a outra. Assim, a analogia se configura como uma figura retórica, um recurso que visa à adesão dos ouvintes a uma ideia. Abreu (2005) afirma que se utiliza a situação análoga como uma tese inicial, que deve ser explicada muito bem e ser de fácil entendimento. Posto isso, apela-se para o raciocínio analógico de quem a ouve para que seja aplicada, então, à tese principal.

Segundo Bellini (2006), as analogias constituem importantes figuras de argumento no conhecimento científico. Para a autora, também na sala de aula, os professores agem como retóricos quando, por meio do livro didático, adequam os conhecimentos e os argumentos científicos aos estudantes.

Na Linguística, analogia participa na construção de novas palavras adaptadas a um modelo preexistente (HOUAISS, 2009). Por exemplo: a palavra “friorento” tem “or” por analogia a “calorento”; as crianças, em sua linguagem infantil, podem falar “fazeu”, do verbo fazer, por analogia à “correu” e “comeu”. De acordo com Houaiss (2001), a analogia interfere também no processo de formação de neologismos, como no caso da palavra “aidético”, onde se omite o ‘s’, que faz parte da sigla Aids, para ser análoga às palavras “diabético”, “morfético”.

Na área da Literatura, principalmente na Poesia e Música, a metáfora, mais que a analogia, sempre teve grande participação. Neste caso, as analogias são entendidas como figuras de linguagem, o que dá o tom poético ao texto. As figuras de linguagem são formas de expressar o pensamento ou o sentimento de modo vivo, enérgico, vibrante, capaz de impressionar o ouvinte ou leitor e escapar ao uso corriqueiro que se faz das palavras e da língua.

Não fugindo demais do eixo central deste trabalho, fica como exemplo de uma analogia musical um trecho da música “Cabelo Loiro”, de Tião Carreiro & Zé Bonito, interpretada por Tião Carreiro & Pardinho (1964 *apud* PINTO, 2008) no álbum “Repertório de Ouro”. Na última estrofe, antes do refrão, consta: “Beija-flor que beija rosa se despede do

jardim/ Assim fez o meu amor quando despediu de mim”. O próprio nome da ave é metafórico, pois o beija-flor tecnicamente não beija as flores, mas delas se alimenta. O contato do seu bico com a flor lembra um beijo. Os compositores tentaram demonstrar que a despedida da mulher amada, que na canção despreza o interlocutor, foi sutil e o beijo de adeus, delicado, como o tratamento que o beija-flor dá à flor antes de voar embora, presumivelmente para outra flor. Essa interpretação é, como toda metáfora e analogia poética acabam sugerindo que seja, idiossincrásica e, portanto, pode ser diferente quando feita por outras pessoas.

A polissemia das palavras e expressões metafóricas, bem como das analogias, foi objeto de estudo e de uso da Filosofia desde os tempos da Grécia Antiga. De lá para cá, a analogia foi encaminhada para os processos e discursos científicos e a metáfora ficou mais restrita à Literatura (DUIT, 1991).

Na Filosofia Medieval, a analogia era aplicada ao provável parentesco ontológico de semelhança entre o ser finito da criatura e o ser pleno de Deus. A analogia passa a ser um dos pilares do pensamento de Tomás de Aquino (séc. XIII) para entender a natureza divina. Segundo Campos (2008, p. 5), a filosofia de Aquino baseia-se na analogia entre criador e criatura. Se Deus, segundo Aquino, é a causa de todas as coisas, logo, como causa, transmite-se a si mesma. “Pelo que os efeitos se lhe assemelham, porquanto participam da sua perfeição.” Tomás de Aquino procura saber, pois, se por meio das coisas sensíveis, que já serviram de via para provar a existência de Deus, pode-se alcançar algum êxito, por analogia, em se saber o que Deus é.

O filósofo e poeta português Fernando Pessoa, sob o heterônimo de Álvaro de Campos, captou a filosofia analógica da ontologia dos humanos, defendida por Tomás de Aquino, no seu poema “Afinal”. Segundo Capela (2009, p. 143), nas palavras do poeta, a própria ideia de Deus teria nascido da ideia de causa primeira, que evoca a ideia de força: “Quanto mais eu sinta, quanto mais eu sinta como várias pessoas, (...)/ Mais análogo serei a Deus, seja ele quem for,/ Porque, seja ele quem for, com certeza é Tudo,/ E fora d’Ele há só Ele, e Tudo para Ele é pouco.”.

A Filosofia Moderna tem feito uso da analogia para assuntos mais concretos. Nesse caso, a analogia é um processo efetuado pela passagem de asserções verificáveis para outras de difícil constatação, realizando uma extensão ou generalização probabilística do conhecimento (HOUAISS, 2009). Esse processo cognitivo foi transportado para a Ciência Moderna para que os cientistas tivessem mais uma opção na elaboração de conceitos, ideias e formulações de teorias. A importância da analogia para a Ciência é apresentada na seção seguinte.

1.5 ANALOGIA NAS CIÊNCIAS NATURAIS

A esfera da ciência pode parecer um território hostil às metáforas. Afinal de contas, a ciência se ocuparia da busca e da representação do conhecimento, o que, para muitos, só pode ser literal [...]. O que talvez não esteja claro para aqueles que possuam tal visão “inocente” ou “leiga” da ciência é que, antes das descobertas e das invenções, há um intenso trabalho de pesquisa e que esse trabalho tem uma base metafórica considerável. Sem essa base, não seria possível teorizar, pesquisar, comunicar nem produzir ciência. (SARDINHA, 2007, p. 87).

Inicialmente, ainda na Grécia Antiga, as analogias e metáforas estavam restritas à Matemática e, depois, à Retórica e à Literatura. Segundo Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005), as analogias, destacadamente, vieram desempenhando um importante papel na concepção de novas ideias científicas e na resolução de problemas. A partir de conceitos-base, elas permitem estruturar um conceito-alvo novo para a Ciência.

Todavia, reconhecida como fator essencial às invenções, a analogia foi olhada com desconfiança no meio científico assim que se quis transformá-la como forma de prova. A respeito desse impasse, Rodrigues (2007) afirma que a legitimidade sobre a utilização de analogias na produção de conhecimento científico tem suscitado, já há algum tempo, um importante debate filosófico e epistemológico. De acordo com o autor, com o desenvolvimento da ciência moderna, as analogias passaram a ser utilizadas abundantemente em diferentes áreas científicas, mas, no entanto, a tradição analítica, como base epistemológica do fazer Ciência, tem negado ou, pelo menos, minimizado o papel heurístico das analogias na Ciência.

Para Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005), os pensadores empíricos veem quase sempre, na analogia, apenas uma semelhança de qualidade menor, imperfeita, incerta. Seu único valor seria possibilitar a formulação de uma hipótese que seria verificada por indução. Soares (1952, p. 57 *apud* RODRIGUES, p. 16, 2007) já afirmava em 1952 que a analogia “representa o primeiro grau da indução, podendo-se dizer que em toda a indução há um fundamento por analogia [e estaria representado] pelo esquema lógico Q é P; S também é Q; logo, S é P”.

Ainda que se reconhecesse no Positivismo que a estrutura lógica da analogia pudesse equivaler ao processo lógico indutivo, a analogia deveria desempenhar apenas um papel heurístico. Posteriormente, a analogia deveria ser abandonada pelo cientista por não apresentar uma sólida dimensão empírica que sustentasse cientificamente uma nova descoberta (RODRIGUES, 2007). Hempel (1965, p. 446 *apud* RODRIGUES, 2007, p. 16), reforçava essa ideia ao afirmar que “todas as referências às analogias ou aos modos analógicos podem ser abandonados nos enunciados sistemáticos das explicações científicas”. Para essa finalidade,

Perelman (1987) faz uma analogia para a analogia e a compara com andaimes de uma casa em construção, que são retirados quando o edifício está terminado.

O filósofo Francis Bacon concede, depois de considerar minuciosamente a evidência disponível, às analogias a qualidade de mera “auxiliares do intelecto, da memória e dos sentidos” (MENNA, 2011, p. 9). Para Bacon, apesar de a analogia ter uma função criativa, dentro da metodologia científica, se apresentam como orientações falíveis.

A Ciência se utilizou bastante das analogias para suas descobertas. Os exemplos, nas áreas da Biologia, Física e Química, são inúmeros. Freitas (2011) exemplifica o uso heurístico analógico que Galileu (séc. XVI) fez ao comparar a diminuição gradativa da força *impetus* do deslocamento de um projétil com a diminuição também gradativa do calor de uma barra de ferro depois de retirada do fogo.

Marcelos (2006), ao estudar a chamada *Árvore da Vida* presente na obra *A Origem das Espécies* de Charles Darwin, também verificou e apresentou diversas comparações que o naturalista inglês chegou a utilizar. Darwin explica a analogia da árvore:

Têm sido representadas, algumas vezes, sob a figura de uma grande árvore, as afinidades de todos os seres da mesma classe, e creio que essa imagem é assaz adequada sob certos pontos. Os ramos e os gomos representam as espécies existentes; as ramificações produzidas durante os anos precedentes representam a longa sucessão das espécies extintas. (DARWIN, 2004, p. 140 *apud* MARCELOS, 2006, p. 41).

Freitas (2011) lembra que, na Química, a própria história das sucessivas mudanças do modelo atômico foi acompanhada de analogias. O modelo atômico de Dalton, de 1803, era uma bola de bilhar; o de Thomson, um pudim de passas; o de Rutherford, o Sistema Solar; e o de Sommerfeld, camadas de uma cebola cortada. Kekulé teria sonhado com uma cobra que mordida o próprio rabo e, assim, tido inspiração, por analogia, a resolver o problema da representação estrutural da molécula de benzeno. Newlands apresentou um trabalho em 1866 no qual comparou a organização dos elementos químicos com as notas musicais divididas em oitavas: o arranjo eletrônico dos elementos se repete num arranjo em grupos de oito, assim como as notas musicais.

No mais, Oliva Martínez (2008) afirma que as analogias utilizadas por cientistas, como Kepler, Tartaglia, Newton, Faraday e outros mais, tornaram-se exemplos famosos e, por muitas vezes, utilizados pelos professores de Ciências para ilustrar como o raciocínio analógico ajudou no desenvolvimento científico.

Depois da primeira metade do século XX, muitos dos cientistas e epistemólogos, como Popper, Kuhn e Perelman, admitiram que a Ciência não poderia ser justificada apenas de uma forma empírica, mas que outros métodos de avaliação poderiam ser adotados (DUARTE, 2005).

A partir de então, o reconhecimento de que o conhecimento científico não podia ser desvinculado da linguagem em que é apresentado foi aumentando. Se para os lógico-positivistas as analogias podiam desempenhar somente um papel heurístico na elaboração das teorias, na prática comunicativa da Ciência das novas correntes, as analogias e metáforas podem ser partes do discurso científico e do contexto da descoberta científica, na função heurística da elaboração de hipóteses e dos procedimentos de investigação (BELLINI, 2006).

Segundo Bellini (2006, p. 12), as analogias e “as metáforas são elementos constitutivos das teorias científicas que ampliam os conceitos e o vocabulário das teorias; não são apenas formas de comunicação dos pesquisadores, são sempre novas significações”.

As metáforas e as analogias têm imenso valor também na divulgação da Ciência. Para que uma pesquisa seja divulgada fora do mundo acadêmico, “ela precisa ser passível de metaforização: a pesquisa deve ter o potencial de ser relacionada a uma metáfora com que o público ‘leigo’ possa se identificar” (SARDINHA, 2007, p. 93). A divulgação científica, mais especificamente a popularização científica, é altamente metafórica.

Apesar de todas as vantagens e da necessidade da linguagem metafórica, tanto nos processos heurísticos quanto na comunicação científica, Andrade, Zylbersztajn e Ferrari (2002) atentam para alguns problemas que podem derivar de sua utilização de forma errada ou pela falta de sistematização do seu uso. Um dos autores que mais alertou para os perigos das analogias e metáforas na Ciência foi Gaston Bachelard. Ao introduzir a noção de obstáculo epistemológico, Bachelard (1996), afirmou que os conhecimentos subjetivos são um entrave ao conhecimento objetivo. Sendo assim, a utilização da linguagem metafórica, ligada aos conceitos prévios dos cientistas (ou alunos), pode formar ou reforçar obstáculos epistemológicos. O epistemólogo não só desqualifica o uso heurístico do pensamento analógico para a Ciência, mas, além disso, consideraria a analogia como uma vilã ao afirmar que “uma ciência que aceita imagens, é mais que qualquer outra, vítima das metáforas. Por isso, o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas” (BACHELARD, 1996, p. 48). Afirma ainda que não se podem confinar com facilidade as metáforas no reino da expressão, pois elas seduzem a razão.

Quanto à analogia, uma análise mais apurada das ideias de Bachelard, entretanto, mostra mais uma preocupação com o seu uso do que uma negação veemente. Bachelard (1996) desmerece o uso figurativo de analogias e metáforas quando pretendem ser imagens-reflexo da

realidade da investigação, isto é, quando pretendem se passar por cópias fiéis dessa realidade. Segundo o autor, se a utilização científica da analogia não for efêmera, corre-se o risco de tomar os “andaimos” (analogias) pelo “vigamento” (conceitos científicos). Desta forma, a analogia pode, em vez de auxiliar, atrapalhar a formulação de uma nova teoria, pois induziria o cientista a obter, no seu objeto pesquisado, as mesmas respostas obtidas por sua analogia.

Andrade, Zylbersztajn e Ferrari (2002) concluem, portanto, que

Bachelard não é contra toda e qualquer utilização de analogias e metáforas, mas sim, contra as que podem reforçar concepções da observação empírica, do senso comum, ou quando elas se tornam cópias fiéis da realidade, impedindo a compreensão do que se pretende ensinar, tornando-se ou reforçando obstáculos epistemológicos e pedagógicos. [...] a linguagem metafórica e analógica é uma forma de raciocínio inerente ao ser humano. Tanto na ciência quanto na educação, pode ser tomada como uma ferramenta útil no processo de explicação dos conceitos científicos. (ANDRADE; ZYLBERSZTAJN; FERRARI, 2002, p. 10).

A revalorização científica da analogia encontra-se ligada às mudanças ocorridas na Filosofia da Ciência. A nova Filosofia da Ciência admite uma nova lógica da construção do conhecimento científico.

Postula-se uma reumanização da ciência, a que está associada uma linguagem interpretativa, onde a construção teórica não se dissocia da sua comunicação e argumentação (Sutton, 1992) e, portanto, onde a analogia passa a ter lugar. Ou seja, para além da sua capacidade heurística, a analogia confere poder discursivo ao conhecimento científico, dando uma nova visão do não observável, providenciando formas de argumentação, tornando possível quer a comunicação científica quer o desenvolvimento da ciência; ela é, por tudo isto, culturalmente intencional e socialmente significativa na ciência. (DUARTE, 2005, p. 11).

1.6 ANALOGIA NA EDUCAÇÃO

Da mesma forma que a analogia mostrou-se historicamente importante para a construção de conceitos na Matemática, Filosofia, Retórica, Literatura e as várias vertentes da Ciência, é lógico esperar que seu uso didático aparecesse de forma natural no discurso dos professores e dos livros didáticos.

A área de ensino de Ciências possui suas peculiaridades que a diferenciam bastante das demais áreas do saber. Ensinar Ciência não é só ensinar conceitos e fórmulas e fazer alguns experimentos, mas, como pano de fundo em todas as suas atividades, devem-se envolver o

espírito crítico e questionador e a ideia de que sua aprendizagem vai além do que é pedido nas provas. No entanto, para Farias e Bandeira (2009), o ensino de Ciência oferecido na escola pública é bastante tradicional, baseado na transmissão-recepção de informações, em que a memorização continua sendo muito enfatizada.

Procurando alternativas de solução para esse problema, as pesquisas educacionais em Ciências têm apontado para a utilização de estratégias didáticas⁴ diversas em sala de aula. Destaca-se, atualmente, dentre tantas, a utilização de analogias, que, se realizada de forma estruturada, pode constituir uma estratégia didática significativa, possibilitando a interação entre o novo conhecimento e a rede conceitual que o aluno já possui (AUSUBEL, 2003; FARIAS; BANDEIRA, 2009). Segundo o paradigma construtivista, aprender é um processo de construção ativa, só possível com base no conhecimento previamente formados. Logo, aprender é um processo em que se emprega o já familiar para entender o não familiar (DUIT, 1991). Por isso, o uso de analogias no ensino de Ciências é tão importante, pois facilita a aprendizagem de conceitos científicos (GLYNN, 1991; THIELE; TREAGUST, 1994).

Vosniadou e Ortony (1989) afirmam que o raciocínio humano está constantemente ligado a corpos específicos de conhecimento e é altamente influenciado pelo contexto. Considerando que a aprendizagem depende da habilidade de se identificar os conceitos, relações e imagens no contexto dos alunos (paradigma construtivista), as analogias tornam-se, então, fundamentais nesse processo, pois operam justamente com esses itens.

A analogia é utilizada como estratégia didática por professores de Biologia (FERRAZ; TERRAZAN, 2001; 2003; MARCELOS, 2006), Física (JORGE, 1990; BOZELLI, 2005), Química (MÓL, 1999; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002; RAVIOLO *et al.*, 2004) e de muitas outras áreas. Os licenciandos dessas áreas, mesmo sem instrução a respeito, utilizam analogias em suas práticas docentes ainda na graduação, o que sugere que esses saberes docentes são herança do que viram como alunos em toda a sua vida escolar. O uso não planejado e até inconsciente da analogia nas aulas é observado também por licenciandos de Biologia (NÓBREGA, 2009; RIGOLON; OBARA, 2011), Física (BOZELLI; NARDI, 2005; NARDI; ALMEIDA, 2006), Química (FREITAS, 2011; SILVA; SOUZA; SILVA, 2013) e outros mais.

⁴ Andrade, Zylberstajn e Ferrari (2002) e Hoffmann e Scheid (2007) utilizam o termo ‘ferramenta didática’. Ferraz e Terrazan (2001), González González (2005), Oliveira (2005), Rigolon (2008) e Bozelli (2010) usam ‘recurso didático’. Ferry (2008) prefere ‘estratégia didática’. Apenas para fins de padronização, neste trabalho, é empregado o termo ‘estratégia didática’. Mesmo entendendo que a analogia é um recurso da linguagem, o termo ‘recurso didático’ poderia ser confundido com ‘material didático’.

Pesquisas, então, têm sido feitas sobre o uso da analogia no ensino: muitas delas apenas como levantamentos da situação atual numa determinada área (NUNES, FERRAZ, JUSTINA, 2007; FARIAS; BANDEIRA, 2009) e algumas fazendo novas propostas de uso (NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001) e de classificação das analogias (RIGOLON, 2013; SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013). Segundo Farias e Bandeira (2009), esses estudos se justificam pela facilidade com que a analogia consegue aproximar o conteúdo de Ciências do estudante, usando comparações com objetos do seu dia a dia para diminuir a dificuldade em entender os conceitos científicos na sala de aula.

Segundo Duarte (2005), as principais pesquisas sobre analogias convergem para um resultado parecido: a maioria dos professores observados utiliza poucas analogias ou as utilizam inadequadamente; as semelhanças e diferenças entre alvo e base são pouco exploradas; a maioria das analogias parece ocorrer espontaneamente, sem planejamento prévio. Como resultado, os alunos nem sempre compreendem as analogias que lhes são apresentadas, a sua utilização pode conduzir a conclusões erradas, levando, em alguns casos, à indução de concepções alternativas (FRANCISCO JÚNIOR, 2010).

Por causa desse perigo, alguns teóricos da didática das Ciências construíram e disseminaram uma ideia de inferioridade qualitativa da analogia, como algo incompleto, que remete à função exclusivamente heurística que a analogia teve na Ciência (RODRIGUES, 2007) ou de mera auxiliar cognitivo (MENNA, 2011). Assim, os professores de Ciências, mesmo fazendo uso frequente da analogia, como afirmam Oliva Martínez *et al.* (2003, p. 6), têm, no fundo, certo preconceito quanto à objetividade do que estão usando. Em seus estudos, os pesquisadores concluíram que os professores utilizam-na desconfiando de sua veracidade, como, por exemplo, afirmou um professor pesquisado: “*Es que yo entendia que la analogía debía ser algo que tú te inventas para facilitar la comprensión, pero que en el fondo no es certa*”.

Variados tipos de concepções alternativas de analogia têm sido verificados desde 1980, quando as pesquisas sobre o uso didático da analogia se intensificaram. As investigações dirigidas para avaliar a efetividade da analogia como estratégia didática não chegavam a resultados consistentes e inequívocos a respeito. Enquanto alguns trabalhos apontavam certa influência positiva das analogias no ensino e na aprendizagem, outros não logravam fazê-lo (OLIVA MARTÍNEZ *et al.*, 2003).

Desde lá para cá, a pesquisa sobre a analogia na Educação começou a ter uma significativa expressão. Segundo Duarte (2005), o desenvolvimento das Ciências Cognitivas tem levado a diferentes abordagens da analogia e do seu papel didático. Segundo a autora, os

principais estudos investigam a relação do uso da analogia com a percepção, a criatividade, a imaginação, a memória e a resolução de problemas. Todas essas colaborações conferiram um novo estatuto à analogia, incentivando sua utilização na educação.

As analogias contribuem no processo de ensino e de aprendizagem com modificação conceitual, na qual podem ajudar a reestruturar a memória já existente e prepará-la para novas informações. O emprego de uma analogia não apenas ajuda ou facilita a aprendizagem de um novo domínio, mas também abre novas perspectivas de visão e reestrutura o domínio-base. O uso de uma analogia é, portanto, um processo de mão dupla (NAGEM *et al.*, 2003).

A utilização da analogia no ensino é defendida por apresentar certas potencialidades características (DUIT, 1991; DUARTE, 2005; FRANCISCO JÚNIOR, 2010): organiza a percepção; desenvolve a capacidade cognitiva de tomada de decisões; desenvolve a criatividade; facilita a mudança e a evolução conceitual; torna o conhecimento científico mais inteligível, facilitando a compreensão do não observável e de conceitos abstratos; torna as explicações mais interessantes, atraindo a atenção dos alunos; permite evidenciar concepções alternativas; e podem ser utilizadas para avaliar a compreensão e o conhecimento dos alunos.

Embora haja tantas potencialidades, o uso das analogias e metáforas deve ter certa cautela. O próprio Aristóteles sugeria algumas precauções no seu uso na comunicação: “‘Esta porém não deve ser tomada de longe – pois em tal caso seria difícil de aprender –; nem ser de interpretação que salte à vista – pois deixaria de causar impressão’ (Retórica, III, 10, 6, p. 195)” (SARDINHA, 2007, p. 20). Duarte (2005) aponta alguns problemas e dificuldades acerca do uso das analogias no ensino de Ciências, que todo professor deve estar atento. O aluno pode:

- entender apenas o análogo: *E.g.*, ao se comparar a estrutura primária das proteínas com um colar de contas, o aluno pode entender só a parte do colar e não compreender o que são ligações peptídicas.
- não entender o análogo: *E.g.*, ao se comparar a incompatibilidade de álcool num carro movido à gasolina com a incompatibilidade sanguínea, a analogia não funcionará se o aluno não entender o mínimo do funcionamento de um carro.
- dar mais valor ao análogo que o alvo: *E.g.*, quando se explica que a coifa tem a função de proteção do meristema radicular da mesma forma que um capacete de metal protegia a cabeça dos antigos cavaleiros medievais, o aluno pode se interessar apenas pela questão histórica, relacionada a guerras e lutas, do que à Histologia Vegetal.

- não reconhecer que se trata de uma analogia: *E.g.*, o professor fala que o arquegônio (órgão sexual feminino de diversos grupos vegetais) *é como se fosse* uma garrafa e o aluno entende que o arquegônio *é* uma garrafa.
- não ver sentido na analogia: *E.g.*, o professor diz que o DNA parece uma escada em espiral e o aluno se pergunta “O que tem a ver escada com DNA?”.
- desvalorizar as limitações da analogia, desconsiderando as diferenças. Este é um dos problemas mais comuns e mais graves do uso da analogia. Se o professor não estabelece o limite da analogia, o aluno pode extrapolar os aspectos do análogo e transportá-los indevida e incorretamente para o domínio alvo. *E.g.*, na famosa analogia entre célula e tijolo. Nesse caso, o aluno pode desconsiderar o formato, a composição e a disposição das células sobressaindo-se as características dos tijolos.

Verificando a dicotomia “potencialidades *versus* problemas” no uso de analogias para o ensino, Duit (1991) considera-as como uma faca de dois gumes. Apesar de tantos aspectos positivos (aumento da motivação, imaginação, percepção, perspectivas e mudanças conceituais), a má utilização da analogia pode gerar ou reforçar obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996). Em razão disso, muitos pesquisadores do ensino (WONG, 1993a; GLYNN *et al.*, 1994; NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001) tem dedicado parte de seus estudos a elaborar e testar metodologias de uso de analogias, para que os efeitos negativos sejam minimizados ou, preferencialmente, eliminados.

1.6.1 Modelos de ensino com analogias

Os modelos científicos têm um alto nível de abstração devido ao seu alto grau de formalização. Por isso, muitas vezes, os alunos podem encontrar dificuldades na compreensão dos mesmos. Aprender os conceitos científicos requer, portanto, aprender os modelos científicos. A analogia facilita a compreensão desses conceitos ao comparar a estrutura do modelo científico com uma estrutura já conhecida pelos alunos, isto é, ela provê uma ponte entre o que os alunos já conhecem (seus conhecimentos prévios) e o desconhecido (o que o professor deseja ensinar). Alguns investigadores, entretanto, como Duit (1991), Glynn (1991) e González González (2002), por exemplo, receiam que essa ponte tenha uma qualidade evasiva que conduza aos que a atravessam por caminhos laterais que interfiram na chegada ao destino esperado.

González González (2002, p. 65) enfatiza que “*la simple presentación de las analogías es insuficiente para conseguir la construcción teórica del tópico*”. Como todas as analogias apresentam limitações, o professor sempre deve apontar aos alunos onde a analogia não funciona para evitar, assim, erros conceituais.

Duit (1991) e Glynn (1991) também advertem que as analogias, se mal-empregadas, podem sugerir ou reforçar falsas associações e levar os alunos a desenvolver erros conceituais.

Para evitar que a analogia falhe em explicar um conceito novo ou elucidar um conceito errado ou, como efeito colateral, venha a produzir conceitos errôneos impregnados da comparação, estudos qualitativos (GLYNN, 1991; WONG, 1993a; 1993b; GLYNN *et al.*, 1994; GALAGOVSKY; ADURIZ-BRAVO, 2001, NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001) têm desenvolvido e testado algumas formas sistematizadas de se usar as analogias para fins de aprendizagem, assim como para delimitar algumas dificuldades e limitações de seu uso. O mais importante desses estudos é a caracterização das mudanças que podem ser introduzidas para melhorar sua validade didática.

No intuito de ajudar o professor quanto à contextualização dos conteúdos científicos, a proposta de uso de analogia dentro de uma metodologia própria permite um redimensionamento da função atribuída à memória no entendimento e assimilação de conceitos, na medida em que a observação, a reflexão e o raciocínio analógico podem substituir, em parte, a atividade de memorização do aluno.

Duarte (2005) agrupa os modelos de ensino que utilizam analogia em três tipologias, de acordo com a estratégia que privilegiam: modelos centrados no professor, modelos centrados no aluno e modelos centrados no professor e no aluno.

Os modelos centrados no professor são os mais variados. Zeitoun (1984) foi o primeiro a elaborar uma série de ações coordenadas e sequenciais para utilizar a analogia numa situação de ensino e de aprendizagem. O autor apresentou o ***General Model of Analogy Teaching (GMAT)***, um modelo no qual o professor deve ter em conta a conveniência e as características da analogia, o modo como a apresentará e a avaliação do resultado. Constituem o *GMAT*, nove etapas circulares, isto é, ao final da nona, pode-se recomeçar pela primeira:

1ª) Percepção das características dos alunos (opcional): refere-se ao conhecimento dos alunos e depende do tempo e dos recursos para ser considerado;

2ª) Acesso sobre o conhecimento prévio do alvo: essencial pra averiguar o que os alunos já conhecem;

3ª) Análise do material de ensino do alvo: se o material utilizado não já não tiver analogias, o professor deve desenvolvê-las;

4ª) Julgar a conveniência da analogia: verificar que analogias estão dispostas e escolher as que contiver mais semelhanças (maior estrutura analógica) entre base e alvo;

5ª) Determinar as características da analogia: evidenciar as semelhanças entre alvo e análogo;

6ª) Selecionar a metodologia e o meio de apresentação: escolher como a analogia será apresentada (por exemplo, uma exposição-dialogada);

7ª) Apresentar a analogia: etapa comum à aprendizagem geral;

8ª) Avaliar os resultados: verificar se os alunos entenderam de fato a analogia;

9ª) Revisar as etapas: verificar se houve falhas.

Para González González (2002), o *GMAT* possui algumas limitações. O autor alega que o modelo é demasiado pragmático, carece de bases teóricas e não enfatiza tanto quanto deveria a importância do conhecimento prévio dos alunos.

Outro ponto importante ausente na sequência de etapas do *GMAT* de Zeitoun (1984) foi a limitação da analogia, isto é, os pontos dissemelhantes entre base e alvo em que o professor deve considerar para que os alunos não extrapolem o número de atributos e relações comparadas. Pensando nisso, Glynn (1989) elaborou o modelo *Teaching With Analogies* (*TWA*), reformulado por Glynn *et al.* (1994). Com base em análises de livros didáticos e de professores de Ciências, este modelo de ensino foi desenvolvido para evitar o uso inadequado de analogias no ensino de Ciências. Glynn *et al.* (1994) estabeleceram seis passos para o *TWA*:

1º) Introduzir o assunto alvo: fazer uma explicação introdutória, breve ou estendida, dependendo da analogia que será usada;

2º) Sugerir o análogo: sugerir aos alunos uma situação análoga, verificar se o análogo proposto lhes é familiar, podendo também aceitar sugestões de análogos dos alunos;

3º) Identificar as características relevantes do análogo: explicar o análogo, se necessário, e identificar suas características relevantes;

4º) Mapear similaridades entre análogo e alvo: os alunos devem estabelecer as correspondências entre o alvo e o análogo, auxiliados pelo professor;

5º) Estabelecer as diferenças: procurar por conceitos alternativos que os alunos possam ter desenvolvido e indicar onde não há correspondência entre os dois domínios, para desestimular conclusões incorretas sobre o alvo.

6º) Esboçar conclusões: fazer a atenção voltar totalmente para o alvo, resumindo seus aspectos ensinados.

Ferraz e Terrazzan (2003, p. 215) advertem que se o professor desenvolver “somente algum desses passos, deixando outros a cargo dos estudantes, é possível que estes venham a

desenvolvê-los pobremente. O resultado pode ser a formação ou a manutenção de concepções alternativas sobre o assunto ensinado”.

Harrison e Treagust (1994) e Nunes, Ferraz e Justina (2007) ressaltam que enquanto a observância de cada passo é importante, a ordem em que são usados depende do estilo de cada professor, das particularidades de cada conceito científico e das características do análogo que está sendo usado.

Indo um pouco mais além nos cuidados a serem tomados no uso da analogia, destaque também deve ser dado ao **Modelo de Ensino Com Analogias** (MECA), apresentado por Nagem, Carvalhaes e Dias (2001). A metodologia do MECA é semelhante à do TWA, mas com alguns itens a mais. A analogia neste caso deve ser apresentada na seguinte ordem de etapas resumidas (FIGUEROA; NAGEM; CARVALHO, 2003): definição da área de conhecimento; definição do assunto; definição do público; identificação do análogo; estabelecimento do alvo; descrição da analogia; identificação de semelhanças e diferenças; reflexões; e avaliação.

Treagust *et al.* (1995) avaliaram o modelo TWA e concluíram que, apesar da aparente elegância do modelo de Glynn, os professores regularmente esquecem-se de implementar um ou dois passos. Isso é compreensível levando em conta a dinâmica cotidiana de uma sala de aula cheia de interrupções e imprevistos. Em outras palavras, segundo os autores, os modelos baseados em passos são adequados para orientar o uso das analogias pelos professores de forma teórica, mas são pouco práticos. Baseado em uma série de pesquisas, os autores propuseram o **Guia FAR** (*FAR guide: Focus-Action-Reflection*) – Foco-Ação-Reflexão –, ampliado por Harrison e Treagust (2006), constituído por três estágios:

- Foco pré-aula (*Pre-Lesson Focus*): Conceito: O conceito é difícil, não familiar ou abstrato? Estudantes: Quais ideias os estudantes já possuem sobre o conceito? Experiência: Que experiências familiares os estudantes têm que possam ser usadas?
- Ação na aula (*In-Lesson Action*): Mapeamento das semelhanças: Checar a familiaridade do estudante com o análogo. Discutir os pontos em que o análogo é similar ao alvo. As ideias são características superficiais ou relações profundas? Mapeamento das diferenças: Discutir onde o análogo é diferente do alvo.
- Reflexão (*Reflection*): Conclusões: A analogia foi clara e útil ou confusa? Melhorias: Que mudanças são necessárias para a próxima lição? Que mudanças são necessárias na próxima vez que se usar essa analogia?

Outros autores também procuraram não esmiuçar passo a passo a aplicação de uma única analogia para o ensino de um conceito científico, mas entender como uma série de analogias podem se coadunar sucessivamente para a explicação de conceitos mais complexos.

Spiro *et al.* (1989) propuseram o **Modelo das Analogias Múltiplas**, que integra, na abordagem ao tema em estudo, analogias múltiplas interligadas, em que cada uma delas é elaborada a partir da anterior.

A nova analogia é escolhida para corrigir os aspectos negativos das analogias anteriores. Quando a última analogia é apresentada, muitos dos aspectos essenciais do tópico já foram discutidos, levando a uma compreensão mais substancial de um domínio-alvo com plexo do que a que teria sido possível se fosse usada apenas uma analogia. (FABIÃO; DUARTE, 2006, p. 31).

De modo similar, Brown e Clement (1989) propõem o **Modelo das Analogias de Aproximação** (*Bridging Strategy*). O modelo consiste em estabelecer um raciocínio analógico entre situações que não são vistas pelos alunos como análogas, aproveitando-se de suas intuições para chegar ao conceito científico por meio de uma série de analogias intermediárias, cada uma delas elaborada com base na anterior.

Segundo Duarte (2005), essas duas últimas abordagens partem do mesmo princípio - o aperfeiçoamento de cada analogia a partir da que a precede. No entanto, com as analogias múltiplas (SPIRO *et al.*, 1989) pretende-se corrigir, em cada nova analogia, aspectos negativos da anterior, enquanto que nas analogias de aproximação (BROWN; CLEMENT, 1989) há a necessidade de escolher as analogias intermediárias em função das intuições dos próprios alunos. A autora refere ainda fatores que podem justificar um eventual insucesso desses modelos, como a existência de um conceito prévio que entre em choque com o novo e a dificuldade em se encontrar propriamente as analogias de aproximação ou intermediárias.

Os modelos de ensino com analogias centrados nos alunos são poucos. O mais representativo é o **Modelo das Analogias Produzidas pelos Alunos** (*Self-generated analogies*) desenvolvido por Wong (1993a). Esse modelo se baseia no princípio de que os alunos, em vez de serem receptores das analogias vindas do professor, devem ser instigados a criar, a aplicar, a avaliar e/ou a alterar a analogia produzida.

O modelo compreende um conjunto de quatro etapas (DUARTE, 2005): 1ª) explicação do fenômeno em estudo; 2ª) concepção de analogias que permitam compreender o fenômeno; 3ª) aplicação da analogia ao fenômeno, apontando as semelhanças e diferenças; 4ª) avaliação da adequação das analogias propostas.

Duarte (2005) aponta vantagens e desvantagens do modelo de Wong (1993a). Vantagens: os alunos podem trabalhar em contexto diferente da situação de resolução de problemas; as questões são mais interessantes e relevantes para os alunos; os alunos poderão identificar, confrontar e trabalhar os seus conhecimentos prévios com a mínima intervenção do

professor. Desvantagens: a dificuldade em selecionar uma fonte análoga; uma insuficiente compreensão do domínio desconhecido; e a incorporação no domínio alvo de concepções alternativas presentes no domínio conhecido. Salih (2008, p. 165) faz uma dura crítica ao modelo de Wong (1993a) afirmando que “*Wong’s model, however, was based on an incomplete or poorly organised background knowledge that was not domain specific and also of the problem solving type*”.

Considerando as limitações do modelo de Wong (1993a), Salih (2008) elabora um modelo mais completo para que o próprio aluno desenvolva raciocínios analógicos. O seu ***Self-Generated Analogical Reasoning Model (SGAR)*** é dividido em três fases: Fase de Recepção, Fase de Interação e Fase Emergente. Na primeira fase, o aluno toma conhecimento do conceito científico novo, isto é, o conceito alvo. Na segunda fase, a autora dá grande importância às emoções do aluno, alegando que sensações ruins desmotivam-nos a produzirmos analogias e que os bons sentimentos estimulam-nos. Nessa fase, é importante que os alunos desenvolvam analogias pictóricas, produzindo desenhos, acompanhadas da explicação verbal. Assim, ficaria mais fácil estabelecer as correspondências entre o alvo e a base. Outro fator bastante importante nesta fase é a interação social entre os alunos, que acabariam discutindo suas representações e comparações, permitindo argumentações e reanálises de suas ideias. Conhecidas então as semelhanças e discrepâncias entre os analogados, os alunos partem para a terceira fase, em que apresentam seus resultados. Nessa fase, os alunos podem, se acharem pertinente, construir em conjunto outra analogia para complementar ou corrigir a anterior, semelhantemente ao modelo de Spiro *et al.* (1989). O professor deve encorajar seus alunos a refletir sobre suas analogias e pensar criticamente sobre seus argumentos.

The process of matching seemed to encourage the students in the cognitive, metacognitive and critical and creative processes of ‘remembering’, ‘initiating’, ‘speculating’, ‘reflection’, ‘awareness’, ‘manipulation’, ‘modification’, ‘creation’, ‘evaluation’ and such before they made the final decision. This continuous process of matching (between features of the ‘source’ concept and the sub concepts of translation) probably enabled the students to deeply understand the ‘target’ concept and thus, retain in their mind for future retrieval. (SALIH, 2008, p. 174).

As limitações naturais do modelo de ensino com analogias centrado no aluno fez com que outros pesquisadores desenvolvessem modelos centrados no professor e no aluno, abarcando os elementos efetivos das duas tipologias anteriores e privilegiando a interação entre os mesmos durante o processo de ensino e de aprendizagem.

Cachapuz (1989 *apud* FABIÃO; DUARTE, 2006) propõe o **Modelo de Ensino Assistido por Analogias** que, basicamente, apresenta-se, inicialmente, como o modelo centrado no professor e, depois, quando os alunos já estão devidamente familiarizados com o novo conceito e com o modo de se fazer analogia, põe-se em prática o modelo centrado no aluno. Na verdade, são dois modelos distintos aplicados em sequência.

O *Modelo Didático Analógico (MDA)* de Galagovsky e Aduriz-Bravo (2001) é um exemplo mais recente e mais elaborado, no qual o aluno elabora as analogias e dialoga com o professor que conduz as etapas de ensino. No *MDA* há quatro momentos diferentes para a apresentação das analogias:

1º) Momento anedótico: momento em que os estudantes entendem a situação analógica proposta pelo professor.

2º) Momento de conceptualização: momento em que o professor apresenta a informação proveniente da Ciência erudita, no formato de um texto ou de uma exposição, e permite que os estudantes levantem hipóteses que relacionem o análogo com a linguagem científica, por meio de suas semelhanças e diferenças.

3º) Momento de correlação conceitual: neste momento os estudantes analisam a situação do cotidiano e o conteúdo escolar e estabelecem relações e comparações, elaboram a suas analogias.

4º) Momento de metacognição: momento em que os estudantes refletem e tomam consciência sobre os conceitos novos que devem aprender. Esta etapa requer uma análise rigorosa por parte deles, a fim de que consigam explicar os processos pelos quais elaboraram a analogia.

Em todos os modelos propostos até o momento, independentemente se o foco está na elaboração da analogia feita pelo professor, pelo aluno ou por ambos, o que se observa é o desejo de se estabelecer parâmetros para um uso seguro das analogias para o ensino de conceitos científicos. A determinação de passos, etapas, fases ou momentos para sistematizar o uso das analogias é, em resumo, uma necessidade percebida por todos os investigadores da área de Ensino de Ciências que se debruçam sobre esse tema. Em todos os casos, dá-se uma grande importância para três itens indispensáveis a qualquer modelo de ensino com analogia: i) uso de um análogo familiar à maioria dos alunos; ii) identificação explícita dos atributos partilhados pelo alvo e pela base, seja pelo professor ou pelos alunos; iii) as diferenças entre alvo e base devem ser identificadas para evitar o aparecimento de erros conceituais.

1.7 CLASSIFICAÇÕES DAS ANALOGIAS

Para a aplicação dos modelos de ensino com analogias, é interessante conhecer a natureza dos objetos, dos atributos e das relações que as compõem. Conhecendo-se as propriedades da analogia, torna-se mais fácil aplicá-la a determinadas situações de ensino. O estudo da classificação das analogias tem sido feito por investigadores a partir da década de 1980, com o objetivo de avaliar as analogias apresentadas pelos professores e pelos livros didáticos.

O trabalho realizado por Curtis e Reigeluth (1984) é um dos mais importantes por fazer uma análise quantitativa de 216 analogias apresentadas por livros didáticos de Ciências de 1963 a 1983 e por apresentar o primeiro sistema de classificação das analogias no ensino de Ciências. Seu sistema categorizador tem sido utilizado em inúmeros trabalhos desde então (*e.g.*, THIELE; TREAGUST, 1992; RIGOLON, 2008; ZAMBOM; PICCINI; TERRAZZAN, 2009; SANTOS; TERÁN; SILVA-FORSBERG, 2011; SANTOS; TERÁN; NAGEM, 2013; BERNARDINO; RODRIGUES; BELLINI, 2013).

Curtis e Reigeluth (1984) classificaram as analogias encontradas em variadas categorias, que aqui são apresentadas com os sinônimos e exemplos de outros autores:

1) Natureza da relação analógica (*analogical relationship*):

a) Estrutural (*estructural*), de forma (RIGOLON, 2013): objetos de aparência física semelhante. *E.g.*: O arquegônio parece com uma garrafinha (RIGOLON, 2008).

b) Funcional (*functional*), de ação (RIGOLON, 2013): objetos que compartilham funções semelhantes. *E.g.*: A membrana plasmática funciona como um muro cercando a cidade (ZAMBOM; PICCINI; TERRAZZAN, 2009).

c) Estrutural-funcional (*structural-functional*): combina as duas categorias anteriores e é, portanto, mais complexa e com similaridade maior. *E.g.*:

A estrutura e as funções de nossas células podem ser comparadas a uma fábrica. O processo de manufaturação pode ser comparado aos processos de vida realizados numa célula. Os produtos finais são os compostos que formam as várias partes da célula... O escritório principal e o departamento de planejamento da nossa célula-fábrica é o núcleo. O núcleo é o centro de controle da célula. Ele controla tudo que está dentro da célula. (RAMSEY *et al.*, 1978, p. 69 *apud* CURTIS; REIGELUTH, 1984, p. 104, tradução minha).

Curtis e Reigeluth (1984) afirmam que 88% das analogias de Química e 90% das de Física por eles pesquisadas foram classificadas como analogias funcionais. Quando se

consideraram as 216 analogias no total, o que inclui outras áreas das Ciências como Biologia e Geologia, 70% eram funcionais, 25% estruturais e apenas 5% estruturais-funcionais.

Pedroso, Amorim e Terrazzan (2007) analisaram 82 analogias encontradas em duas coleções didáticas de livros de Biologia e concluíram que a maioria (cerca de 75%) era composta por analogias estruturais. Santos, Terán e Silva-Forsberg (2011), ao analisar as analogias encontradas em livros didáticos de Biologia adotados por escolas públicas de Manaus, também concluíram que as analogias estruturais são maioria (57,9% neste caso). Zambon, Piccini e Terrazzan (2009), sem mencionar valores percentuais, também afirmaram que as analogias estruturais são a maioria das constantes em coleções didáticas de Biologia.

Curtis e Reigeluth (1984, p. 105) explicam que “*more difficult and/or abstract the content, the proportionately greater the use of functional analogies, while the easier and more concrete the content, the proportionately greater the use of structural analogies*”. Os autores também afirmam que a analogia funcional possui mais similaridades entre os objetos analogados, gerando uma analogia mais forte que a estrutural por ter menos diferenças.

Outros autores sugerem a adição de mais algumas categorias:

d) Processual (SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013, p. 3.434): “Quando a vinculação entre alvo e veículo [*base*] ocorre por meio de semelhança de processos”.

e) De fórmula (MÓL, 1999, p. 71): é uma analogia “em que as similaridades entre os conceitos estão na fórmula que os representa”. As analogias formulares podem abranger expressões matemáticas, equações químicas ou fórmulas físicas, nas quais as estruturas formulares são iguais. Ex.: $(\omega = \omega_0 + \alpha t)$ é análogo a $(v = v_0 + at)$ (BOZELLI; NARDI, 2007).

f) De sentido (SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013): os atributos são propriedades que atuam sobre os sentidos humanos em aspectos qualitativos (cheiro, cor, sabor, textura, som). Ex.: A secreção possuía um cheiro parecido com ovo podre. O gambá fede como um cadáver (RIGOLON, 2008).

g) De qualificação (RIGOLON, 2013): comparam atributos que qualificam o objeto ou a ação. A qualificação pode ser objetiva e mensurável (E.g.: A girafa é alta como uma árvore. O animal é veloz como um carro. A nuvem é pesada como um elefante.) ou subjetiva e imensurável [Ele é inteligente como Rui Barbosa. Moça cheirosa como uma flor. Usar o preservativo deve ser habitual assim como tomar banho (RIGOLON, 2008).].

2) Formato de apresentação (*presentational format*):

a) Verbal (*verbal*): analogia apresentada apenas com palavras. Nesse caso, cabe aos alunos modelarem mentalmente os objetos da analogia. E.g.: “O mais importante é que cada elemento químico possui um conjunto de linhas no espectro que o caracteriza, é como se fosse

a impressão digital deste elemento químico” (LUZ; ALVARES, 2005, p. 347 *apud* SILVA; MARTINS, 2010, p. 265).

Curtis e Reigeluth (1984) se referiam a livros, mas essa categoria pode ser estendida à verbalização oral, como nas aulas. Souza, Santos e Nagem (2013) subdividem a categoria em três subcategorias, de acordo com o meio pelo qual a informação verbal da analogia é transmitida: oral, escrita e gestual.

b) Pictorial-verbal (*pictorial-verbal*), pictórico-verbal (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002), verbal-ilustrativa (MATA; LIMA, 2013), verbal-gráfica (ÂNGELO; DUARTE, 1998), verbal-ilustrada ou verbal-pictórica (RIGOLON, 2008), imagem-verbal (SILVA; MARTINS, 2010), ilustrativo-verbal (MONTEIRO; JUSTI, 2000): analogia apresentada de modo escrito ou falado, sendo reforçada por figuras tanto da base e/ou do alvo, podendo ser desenhos no quadro-negro, fotos em livros, projeções e cartazes ou modelos concretos. *E.g.* (Figura 7): “Estas pontas que ele emite (apontando para a *corona radiata*) dá um aspecto dos raios do sol. A *corona radiata* é formada por tecidos de células foliculares.” (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001, p. 134).

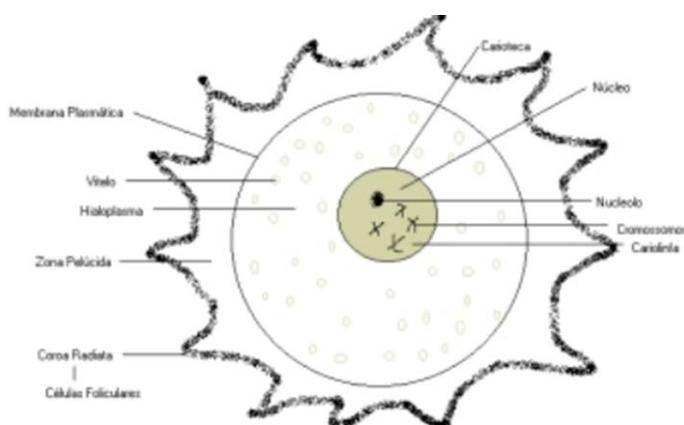


Figura 7. Esboço de um óvulo esquematizado no quadro por uma professora fazendo uma analogia com o Sol.

Fonte: Ferraz e Terrazzan (2001).

c) Pictorial, gráfica (ÂNGELO; DUARTE, 1998), pictórica (SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013), ilustração (MONTEIRO; JUSTI, 2000), modelo (MÓL, 1999): Curtis e Reigeluth (1984) apresentaram apenas as categorias verbal e pictorial-verbal, pois não consideraram que as analogias poderiam ser apresentadas desacompanhadas de alguma explicação. Ângelo e Duarte (1998), diferentemente, entendem que possam existir figuras que remetem a uma situação analógica, utilizadas principalmente nos livros didáticos, mas que não estão acompanhadas de explicação escrita. Portanto, acabaram criando esta terceira categoria

quanto ao formato de apresentação. Um exemplo famoso é o pôster *Der Mensch als Industriepalast* (O Homem como um Palácio Industrial), do médico alemão Fritz Kahn (1888-1968), de 1926 (KAHN, 1926). A figura autoexplicativa compara os processos fisiológicos da digestão humana com processos maquinários de uma indústria (Figura 8). O pôster foi amplamente distribuído pela Alemanha, até ser banido pelo regime nazista.

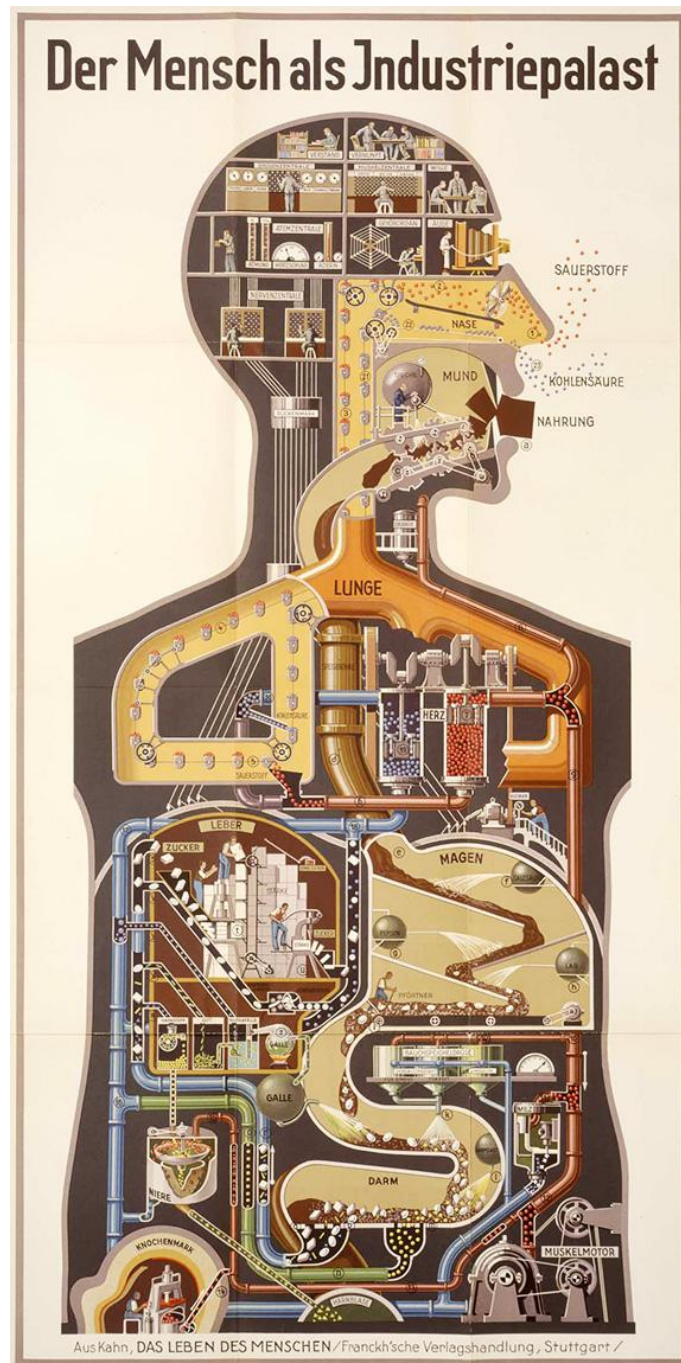


Figura 8. Pôster ‘O Homem como um Palácio Industrial’.
Fonte: KAHN, 1926.

Das 216 analogias analisadas por Curtis e Reigeluth (1984), 84% eram verbais. As analogias de Química, porém, eram compostas por apenas 33% de analogias verbais. Segundo os pesquisadores, os autores dos livros didáticos verificados incluíram mais figuras pela natureza subjetiva da matéria tratada. Ferraz e Terrazzan (2001), pesquisando aulas de Biologia no Ensino Médio, obtiveram resultados de proporção semelhante ao verificar que 79% das analogias utilizadas pelas professoras eram verbais. Silva e Martins (2010) consideram que o uso de analogias pictorial-verbais enriquecem as analogias estruturais.

3) Condição (*condition*) - classifica a analogia de acordo com a condição existencial de seus objetos. Curtis e Reigeluth (1984) apenas apresentaram as categorias e os resultados de sua pesquisa, mas não conceituaram os termos concreto e abstrato e nem forneceram exemplos. O que vem se repetindo, desde então, são pesquisas que classificam analogias sem um padrão de definição e o que se percebe é uma miscelânea de resultados baseados apenas em conceitos particulares.

Segundo Mól (1999), não é muito claro o que torna um conceito concreto ou abstrato. Por isso, torna-se necessário esclarecer melhor o que caracteriza cada tipo. Uma forma de entendê-los é aceitar o concreto como o que é material (físico) e abstrato o que é do campo das ideias, dos sentimentos, do que não possui corpo físico. No entanto, há outras acepções mais interessantes para os propósitos da analogia. Houaiss (2009) define o concreto como o que está “ligado à realidade, ao que é palpável, ao que pode ser captado pelos sentidos” e Souza, Santos e Nagem (2013, p. 3.435) definem-no como o que “é de natureza concreta, material, que pode ser percebida por meio dos cinco sentidos”. Abstrato é, então, nesse sentido, o antônimo de concreto.

Até mesmo quanto a essas definições, dependendo do objeto, pode-se entendê-lo como abstrato ou concreto. Segundo Mól (1999, p. 31), “os conceitos não são exclusivamente concretos ou abstratos. Eles terão maior grau de concretude ou maior de grau de abstração”. Por exemplo: “água pode ser definida de forma bem concreta como ‘coisa de beber e tomar banho’ ou, de forma mais abstrata, como o ‘tipo de substância composta, formada por átomos de...’” (MÓL, 1999, p. 32); célula pode ser considerado um termo abstrato, se tomar-se a definição de Souza, Santos e Nagem (2013) de que concreto é o perceptível aos sentidos, mas a questão fica duvidosa ao se considerar a possibilidade de a célula ser percebida pela visão com o auxílio de um microscópio.

Mól (1999), portanto, admite que haja um *continuum* de concretude e abstração que, às vezes, dificulta a indubitabilidade da classificação dos objetos da analogia. Esse *continuum* acompanha as noções de conceito simples/complexo e cotidiano/científico (Figura 9).

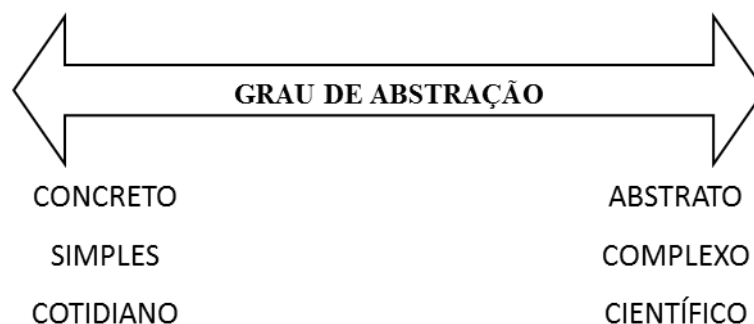


Figura 9. Esquema de representação do grau de abstração dos conceitos.

Adaptado de Mól (1999).

Finalmente, essas são as categorias de condição segundo Curtis e Reigeluth (1984):

a) Concreto/concreto (*concrete/concrete*), físico (SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013): base e alvo são objetos concretos. *E.g.*: “O corpo do inseto tesourinha é semelhante a uma tesoura comum” (SANTOS; TERÁN; SILVA-FORSBERG, 2011, p. 595).

b) Abstrato/abstrato: base e alvo são objetos abstratos. *E.g.*:

Fazendo uma analogia com Mecânica, podemos considerar o calor específico como uma medida da inércia térmica da substância. Realmente, ele representa uma resistência da substância às variações de temperatura. Quanto maior o calor específico, maior a dificuldade em variar a temperatura da substância (PENTEADO; TORRES, 2005, p. 56 *apud* SILVA; MARTINS, 2010, pp. 267-268).

c) Concreto/abstrato: base da analogia é um objeto concreto e o alvo é abstrato. *E.g.*: “Uma escada móvel é semelhante ao DNA não espiralizado” (SANTOS; TERÁN; SILVA-FORSBERG, 2011, p. 595). Silva e Martins (2010) consideram mais adequado apresentar uma analogia de natureza concreta para atingir um alvo de natureza abstrata.

As pesquisas que abordam a classificação das analogias em Ciências mostram que a maioria das analogias utilizadas é do tipo concreto/abstrato. “*Since analogies provide a bridge from the familiar to the unfamiliar and from simple to complex and difficult content, it was anticipated that the vast majority of analogies would be concrete/abstract*” (CURTIS; REIGELUTH, 1984).

Zambon, Piccini e Terrazzan (2009, p. 3), afirmam que concreto e abstrato são termos difíceis de serem definidos, confundido, usualmente, com algo difícil ou complexo [como de certo modo o faz Mól (1999)]. Em função dessas confusões de definição de termos, os autores têm utilizado a classificação de Lawson (1993), para o qual, existem dois tipos de conceitos:

“os que possuem exemplares perceptíveis no ambiente, denominados de conceitos descritivos e os que não possuem exemplares perceptíveis no ambiente, denominados de teóricos”.

4) Posição (*position*) – classifica a analogia de acordo com a posição da base em relação ao alvo:

a) Organizador avançado (*advance organizer*), organizador prévio (MÓL, 1999), no início (SANTOS; TERÁN; SILVA-FORSBERG, 2011), inicial (SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013): a base é apresentada no início da instrução. Provê um *background* informacional necessário para o ensino do novo, do não familiar.

b) Ativador incorporado (*embedded activator*), *ativador embebido* (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002), organizador embutido (MÓL, 1999), na duração ou no meio (SANTOS; TERÁN; SILVA-FORSBERG, 2011), concomitante (SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013), junto (PEDROSO; AMORIN; TERRAZZAN, 2007), durante (MONTEIRO; JUSTI, 2000): a base é apresentada durante a instrução.

c) Pós-sintetizador (*post synthesizer*), organizador pós-sintetizador (MÓL, 1999), logo após (SANTOS; TERÁN; SILVA-FORSBERG, 2011), final (SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013), depois (MONTEIRO; JUSTI, 2000): a base aparece no final da instrução. Sua função é justamente a de sintetizar a informação.

d) Na margem do livro-texto (MONTEIRO; JUSTI, 2000): essa categoria não estava presente na classificação de Curtis e Reigeluth (1984). Foi incorporada ao rol de classes por Monteiro e Justi (2000) que perceberam que algumas analogias eram apresentadas pelos livros didáticos de forma desconexa com a explicação do texto, basicamente em quadros separados ou notações nas margens.

5) Nível de enriquecimento (*level of enrichment*):

a) Analogia simples (*simple analogy*), de 1º nível: é o símile (GILBERT, 1989). Não faz o mapeamento dos predicados entre o domínio alvo e a base. É quase uma metáfora. *E.g.*: “O coração é uma bomba e impulsiona sangue por todo o corpo” (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001).

O nível mais básico de uma analogia é a analogia simples. A analogia simples é usualmente comporta por três partes principais: o alvo, a base e um conector do tipo “é como” ou “pode ser comparado a”. No texto escrito, analogias simples não são frequentemente usadas porque requerem que o leitor prove uma explanação da relação analógica, incluindo todas as similaridades e diferenças pertinentes entre o alvo e a base. Isso pode ser uma tarefa difícil para alguns educadores, particularmente quando essas similaridades e diferenças não são aparentemente obtíveis. Analogias simples tendem a ser usadas em casos onde a relação entre alvo e base são altamente óbvias e

necessitam de pouca ou nenhuma explicação. (CURTIS; REIGELUTH, 1984, p. 110, tradução minha).

b) Analogia enriquecida (*enriched analogy*), de 2º nível: faz o mapeamento explícito dos predicados similares entre os domínios alvo e base. Pode conter também as limitações da comparação. *E.g.*: Na analogia entre o sistema planetário e o modelo atômico de Rutherford, os planetas equivalem aos elétrons, as órbitas planetárias às eletrônicas, o Sol ao núcleo, *etc.*, mas os planetas não possuem cargas elétricas e suas órbitas são elípticas e planas (MÓL, 1999).

c) Analogia estendida (*extended analogy*), de 3º nível: é um nível mais complexo do que a analogia enriquecida. Pode ser a situação em que uma única base é usada para ensinar mais de um alvo ou quando várias bases são usadas para explicar um único alvo. Esse tipo de analogia é mais difícil de encontrar por ser usada com menos frequência. *E.g.*:

Compare our body and the cells and organs that compose it to a flow tank... If the amount of water entering the tank is just equal to the amount of water leaving it, the water level will not change. Such a system is said to be actively balanced, or in dynamic equilibrium. The circus juggler who maintains an active balance as he juggles several objects keeps them in *dynamic equilibrium*. Our body processes are regulated so that many such dynamic equilibria are maintained. One of these is the balance of molecules of glucose entering and leaving the bloodstream. (BIOLOGICAL SCIENCES CURRICULUM STUDY, 1963, p. 532 *apud* CURTIS; REIGELUTH, 1984, p. 112).

6) Orientação pré-alvo (*pre-topic orientation*) – para evitar que a analogia cause confusão ou desentendimento, o professor ou o livro-texto pode clarificar a analogia. A analogia é então classificada de acordo com o modo que isso é feito:

a) Explicação da base (*vehicle explanation*): “Se a base é familiar, mas complexa, talvez seja benéfico explicá-la antes de usá-la numa analogia” (CURTIS; REIGELUTH, 1984, p. 112, tradução minha).

b) Identificação da analogia como estratégia (*strategy identification*): nesse caso, o professor ou o livro deixa claro ao aluno que fazer uma comparação entre o familiar e o não familiar o ajudará a entender o conceito não familiar.

c) Explicação da base e identificação da analogia como estratégia (*vehicle explanation & strategy identification*): é a ocorrência das duas situações anteriores numa mesma analogia.

d) Ausência de orientação pré-alvo (*absence of pre-topic orientation*): ausência das situações anteriores.

A categorização de Curtis e Reigeluth (1984) é um marco para as pesquisas sobre ensino com analogias, mas outras categorias foram sugeridas e utilizadas nos anos posteriores.

7) Analogias personificadas (*personal analogies*) (THIELE; TREAGUST, 1992): são usadas principalmente para conceitos de Química no qual os fenômenos explicados são comparados com pessoas, dinheiro, comida e relacionamentos.

8) Discussão de limitação (THIELE; TREAGUST, 1994 *apud* MONTEIRO; JUSTI, 2000): entendendo a importância de se expor os limites da analogia aos alunos, os autores classificam as analogias em livros-texto em três subcategorias: a) não reconhece a existência; b) reconhece a existência; e c) discute as limitações.

9) Analogia referindo-se ao limite do análogo (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001, p. 134), analogia de limite (RIGOLON, 2008), contra-analogia (FERRY, 2008): introduz o domínio alvo e logo indica onde a base é diferente. *E.g.*: “As artérias têm que ser flexíveis, pois o sangue sai do coração com muita pressão. Elas não podem ser duras como um cano de ferro”. A analogia basicamente explora o que há de comum entre dois objetos; a analogia de limite, ao contrário, justamente dá ênfase às diferenças. Ferry (2008) desenvolveu em sua dissertação o conceito de contra-analogia e até elaborou uma metodologia de ensino própria para ela, a **Metodologia de Ensino com Contra-Analogias** (MECCA).

10) Natureza do domínio base (NAGEM *et al.*, 2003):

a) Analogia antrópica: transmite uma ideia de racionalidade, egocentrismo, atribuindo aos objetos ou fenômenos característicos dos seres humanos. *E.g.*: “O sistema imunológico funciona como um exército no corpo” (RIGOLON, 2008).

b) Analogia zootrópica: transmite uma ideia de morfologia ou comportamento, atribuindo aos animais. *E.g.*: Ao se cumprimentar alguém com sudorese nas mãos, tem-se a impressão de estar pegando num peixe frio e molhado (RIGOLON, 2008).

b) Analogia fitotrópica: transmite uma ideia de morfologia ou comportamento, atribuindo aos vegetais. *E.g.*: “O fibroadenoma das mamas parece uma azeitona” (RIGOLON, 2008).

11) Analogia congelada (NAGEM *et al.*, 2003, p. 10): “quando os termos já são utilizados há anos, não trazendo nenhuma surpresa ao leitor (congelada) ou quando os termos definem o fenômeno, ou seja, é considerado sinônimo”.

12) Origem da base (QUEIRÓS, 2000 *apud* ZAMBOM; PICCINI; TERRAZZAN, 2009):

a) Interno à própria estrutura conceitual: O análogo utilizado para compreender um determinado assunto tem origem no próprio domínio científico específico, porém proveniente

de outro tópico conceitual. Em outras palavras, a base e o alvo estariam dentro do domínio, por exemplo, da Física.

b) Externo à estrutura conceitual: O análogo utilizado não tem origem no domínio científico específico. Pode-se ter a base no domínio da Biologia e o alvo no da Física, por exemplo.

13) Proporção alvo:base (SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013) – de acordo com a quantidade de conceitos base utilizados para explicar um alvo: a) única: 1:1; b) dupla: 2:1; c) tripla: 3:1; d) múltipla: >3:1.

14) Analogia quantitativa/qualitativa: proposta de Rigolon (2013) que incorpora uma categoria de comparações que até então não participavam das classificações de Curtis e Reigeluth (1984) quanto à natureza dos atributos compartilhados. Rigolon (2013) propõe que as analogias de forma e função sejam classificadas como analogias qualitativas e as que comparam quantidades e proporções como quantitativas. As analogias quantitativas são o objeto principal desta pesquisa e, portanto, são minuciosamente estudadas e explicadas no capítulo terceiro, após a revisão de literatura sobre números, grandezas e proporções, do capítulo segundo, que as embasam.

2 NÚMEROS, GRANDEZAS E PROPORÇÕES

“*Numeros et Nomina*”
“Números e nomes”
Lineu, *Systema Naturae* (1760)

Falar de analogias quantitativas é basicamente falar de números, grandezas físicas e proporções. Diferentemente das analogias tradicionais, mais conhecidas e certamente mais utilizadas, as analogias quantitativas comparam quantidades de coisas, sejam objetos ou medidas físicas e até químicas.

Portanto, para que se possa abordar e conjecturar sobre as analogias quantitativas, certos parâmetros e certas definições sobre seus aspectos matemáticos devem ser estabelecidos.

Se Galileu disse que o livro da natureza está escrito em caracteres matemáticos, então este é um capítulo para conhecer melhor esse ‘alfabeto’ matemático para que a interpretação das comparações quantitativas dentro da Ciência seja a melhor possível.

2.1 NÚMEROS

Com o advento da agricultura, os humanos foram forçados a compreender melhor os ciclos das estações do ano e a contar o tempo por meio de calendários. Isso os levou a observar os astros e a aprimorar sua percepção do que representa o número. Seguramente, os humanos dispunham dessa noção muitos milhares de anos antes da invenção da agricultura, mas ela teve que ser aprimorada após a Revolução Agrícola (9000-7000 a.C.) pela intensificação do comércio (GARBI, 2009).

Por volta de 3500 a.C., os sumérios desenvolvem a escrita cuneiforme e os egípcios a hieroglífica. Nas raízes da escrita, sempre estiveram presentes as necessidades de se efetuar assentamentos numéricos, em especial os referentes a produção, estoques, transações comerciais e arrecadação de impostos. De acordo com Garbi (2009), alguns especialistas acreditam que a escrita foi criada primordialmente para tornar possíveis os registros numéricos. Os escribas, funcionários que tinham o privilegiado conhecimento da arte de grafar, foram os primeiros a disporem de conhecimento sobre os números.

A primeira noção de número, seja dos primeiros humanos ou das crianças, aquela que surge com mais naturalidade, é a dos números inteiros positivos, agrupados em um conjunto apropriadamente denominado como “conjunto dos números naturais” (RODRIGUES, 2013).

De acordo com Silveira (2001), número é a ideia de quantidade que vem à mente ao contar, ordenar e medir. Pensa-se em números, por exemplo, ao se contar as portas de um automóvel, enumerar a posição de alguém numa fila ou medir o peso de uma sacola de abacates.

Habitual e erroneamente, no uso cotidiano, o termo número é confundido com numeral e algarismo. Número é a quantidade em si (HOUAISS, 2009) e numeral é a sua representação seja escrita, falada ou indigitada (SILVEIRA, 2001). O número 5 (ou a quantidade de 5 coisas) pode ser representado pelos numerais 5 do sistema arábico, V do romano ou 五 do chinês. As palavras escritas ou faladas também são numerais como, por exemplo, *cinco* (português), *five* (inglês) e *пять* (russo) para o número 5. Os algarismos são os símbolos numéricos usados para formar numerais escritos. Por exemplo, no sistema indo-arábico, 100 tem três algarismos e 30 tem dois, enquanto no sistema romano C tem um algarismo e XXX tem três. Em suma, quanto a essas diferenças, “nenhum professor pode ensinar números romanos; contudo todos devem conhecer os algarismos romanos e saber escrever/ler numerais romanos” (SILVEIRA, 2001).

Na verdade, o número é algo abstrato, tal como o conceito de felicidade ou tristeza. Segundo Rodrigues (2013), não há como criar mentalmente a imagem de um número, por mais que se imaginem conjuntos com cinco maçãs, cinco caroços ou cinco abacates. O que se pode visualizar de modo concreto são maçãs, caroços ou abacates. Embora se saiba o que esses conjuntos têm em comum, a quantidade de elementos, as pessoas são incapazes de visualizar o número cinco concretamente, bem como imaginando uma pessoa feliz ou triste não se enxerga a felicidade ou a tristeza em si, mas a imagem das expressões faciais.

Quando as quantidades a serem comparadas são pequenas, a percepção visual ou a correspondência um a um sem contagem são recursos úteis. O ser humano é provido dessa capacidade de perceber o número de objetos de uma coleção e responder prontamente, sem precisar contar, quantos elementos há ali, desde que esse conjunto possua uma quantidade pequena de elementos. “A esta capacidade de perceber quantos elementos possui um conjunto sem precisar contá-los é que chamamos de senso numérico. Ao que tudo indica, o senso numérico humano ‘esbarra’ no número quatro” (RODRIGUES, 2013), ou seja, depois do quatro, qualquer quantidade torna-se “muitos” para os humanos.

Os antigos egípcios representavam os números de 1 a 9 simplesmente pela quantidade de riscos, um sistema hieroglífico de numeração do tipo aditivo (SILVEIRA, 2013). Por exemplo, 2 era ||, 5 era ||||| e 9 era ||||| |. O 10 era representado por ∩, logo o 14 era ∩|||. O número 567 era então representado por ????∩∩∩∩∩|||, algo certamente pouco prático para a imediata leitura, compreensão, aritmética e rapidez de escrita. O mesmo vale para o sistema numérico romano.

O sistema utilizado hoje em dia é o indo-arábico, considerado um sistema posicional, muito mais prático. Nele, os algarismos assumem valores relativos à posição que ocupam no numeral, daí o termo posicional que designa este tipo de sistema (SILVEIRA, 2013).

A necessidade de representar-se de modo prático os números é o que sempre impulsionou os matemáticos a utilizarem fórmulas mais condensadas de representação para números com muitos algarismos. Por exemplo, no caso dos números racionais, aqueles expressos pela razão entre dois inteiros, a notação escrita, isto é, a sua representação numérica, já foi bem mais complexa do que a que se usa hoje em dia. Segundo Silva (1997), o primeiro tratamento sistemático das frações decimais apareceu em 1582, empregado pelo matemático belga Simon Stevin, que colocava em um círculo acima ou depois de cada dígito a potência de dez assumida. Dessa forma, o valor aproximado de π aparecia como: 3⁰ 1¹ 4² 1³ 6⁴. Dez anos depois, o matemático suíço Joost Bürgi simplificou a notação eliminando a menção inútil da ordem das frações decimais consecutivas, colocando no alto das unidades o signo °, escrevendo então 3°1416 para o pi. O matemático escocês John Napier, em 1614, usou um ponto para separar a parte inteira da fracionária (3.1416), o que se tornou padrão na Inglaterra. A vírgula (3,1416) adotada no sistema brasileiro é herança do holandês Wilbord Snellius, também do séc. XVII (SILVA, 1997).

Ainda sim, no ritmo da condensação de representações escritas para os números, os números compostos por muitos algarismos ainda sim causam desconforto na sua leitura. Por exemplo, os números 29 trilhões e 29 trilionésimos são representados respectivamente por 29 000 000 000 000 e 0,000 000 000 029⁵. Mesmo que os numerais a partir de 1 000 tenham convenientemente seus algarismos separados por ponto (ou vírgula em algumas padronizações), há de se contar quantos algarismos o numeral possui para sabê-lo.

Seja para a escrita, bem como para cálculos, os números grandes (em quantidade de algarismos), inteiros ou fracionários, precisaram de uma nova forma de notação para que seu uso fosse ainda mais prático. Quantidades imensas, como a massa estimada da Terra, ou extremamente pequenas, como a massa de um elétron, para os padrões cotidianos dos humanos são representados, então, convenientemente, pela chamada *notação científica* (ou notação de forma exponencial) de potenciação com base dez.

A forma de uma notação científica é $a \times 10^e$, onde: a é o coeficiente (significando ou mantissa), um número $10 > |a| \geq 1$; \times é o símbolo de multiplicação (podendo ser substituído por

⁵ Serway e Jewett Junior (2007) recomendam que se utilize o espaço como separatriz das tríades numéricas em números grandes em vez de ponto ou vírgula.

ponto, pela letra xis ou simplesmente por um espaço); e e significa ordem de grandeza (NAISSINGER, 2010). A ordem de grandeza é o número de vezes que o 10 é multiplicado por si (*e.g.*, $10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1\ 000$).

Aprígio (2015) sugere que para transformar um número grande qualquer em notação científica, desloca-se a vírgula para a esquerda até o primeiro algarismo. O número de casas (posições dos algarismos) deslocadas é a ordem de grandeza. Para com valores muito pequenos, basta mover a vírgula para a direita até o primeiro algarismo diferente de zero, e a cada casa avançada, diminui-se 1 da ordem de grandeza.

Como tal, a notação científica facilita o registro de números muito grandes ou muito pequenos (NAISSINGER, 2010). A massa estimada aproximada da Terra, que é 5 900 000 000 000 000 000 000 000 (quase 6 septilhões) de quilogramas, e a do elétron, que é 0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 9 de quilogramas pode ser mais bem apresentada como $5,9 \times 10^{24}$ kg e 9×10^{-31} kg. As notações científicas também são úteis para os cálculos de multiplicação e divisão. Quando é negativa, 10^{-e} equivale a $1/10^e$. Para cálculos com notações científicas, são consideradas algumas regras gerais para expoentes, tais como: a) $10^0 = 1$; b) $10^1 = 10$; c) $10^p \times 10^q = 10^{p+q}$; d) $10^p/10^q = 10^{p-q}$.

A notação científica é de uso principal em contextos científicos com pouco uso no cotidiano, mas o seu emprego acaba permeando muitas atividades não escolares/acadêmicas. Por exemplo, numa simples conferida de um exame de sangue (hemograma), feito comumente, há de se saber o que é o valor de referência de $4,5-5,9 \times 10^6$ hemácias/ μ l para entender o resultado. No âmbito do jornalismo, as notícias científicas que aparecem em revistas e jornais de circulação ampla, às vezes, de acordo com o cunho da informação nova, registram quantidades ou medidas extremamente grandes ou pequenas com notação científica. Muitas vezes, sem explicar de outra forma os números informados. Alguns exemplos:

- Silva (2014), ao relacionar as quinze cidades paulistas que mais emitem gás carbônico, informa que São Paulo “responde por 16,7% da emissão de gás carbônico do estado. A capital paulista emite 14.473,44 10^3 ton/ano. Em seguida vem Guarulhos com emissão de 6.745,37 10^3 ton/ano, o que representa 7,8% do total de CO₂ emitido pelo estado.”.
- Miranda (2015) informa que a prefeitura de Barra de São Miguel foi multada pela emissão de esgoto não tratado no rio Niquim. Os resultados das análises feitas indicam quantidades excessivas de coliformes fecais (termotolerantes), chegando a $10^6/100$ ml, muito acima dos 1 000 NMP (Número Mais Provável) permitidos.
- Santos (2015), ao abordar sobre as alternativas aos combustíveis fósseis, faz uso mais intenso da notação científica para informar as reservas energéticas do globo:

O problema está em que as atuais reservas de combustíveis fósseis de exploração competitiva do ponto de vista econômico correspondem a emissões muito superiores a 1000 Gt de CO₂. Estas reservas totalizam 1,294 x 10¹² barris de petróleo, 1,92 x 10¹⁴ m³ de gás natural, 728 Gt de carvão e 276 Gt de lenhite. (SANTOS, 2015).

Por esses motivos, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) – Matemática – (BRASIL, 1997, p. 50, p. 63), consta que o aluno deve reconhecer números no cotidiano, detenhe e utilize “diferentes estratégias para identificar números em situações que envolvem contagens e medidas” e “saiba ler, interpretar e produzir registros utilizando a notação convencional das medidas”.

Segundo a Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação e Cultura (BRASIL, 2002, p. 70), ao se ensinar conteúdos sobre os números e operações o professor deve proporcionar aos seus alunos diversas situações que os capacitem para “resolver problemas do cotidiano, tais como: operar com números inteiros e decimais finitos; operar com frações, em especial com porcentagens; fazer cálculo mental e saber estimar ordem de grandezas de números”.

2.2 GRANDEZAS FÍSICAS

As grandezas físicas ou quantidades físicas, por sua vez, são, segundo o Escritório Internacional de Pesos e Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures*; BIPM, 2014), somente as propriedades de um fenômeno, corpo ou substância, que possam ser expressas quantitativamente.

De acordo com Silva (2013, p. 16), o estudo das propriedades físicas de algum objeto pode ser feito de maneira qualitativa ou quantitativa. “O estudo qualitativo limita-se a constatação da existência de determinada propriedade ou fenômeno, enquanto o estudo quantitativo procura associar números a essa propriedade ou ao fenômeno.” Por exemplo, pode-se constatar que a descompressão de uma mola pode arremessar um determinado objeto; este é um estudo qualitativo. Por outro lado, pode-se associar um número a esta constatação, medindo a intensidade da força com que a mola empurra o objeto, quanto tempo esse fenômeno durou e a que distância o objeto foi parar; tem-se aí uma constatação quantitativa. Uma propriedade física à qual se pode associar um valor numérico, mediante um processo bem definido, recebe o nome de grandeza física, tal como a força, o tempo e a distância percorrida do exemplo.

O processo, pelo qual se associa um número à grandeza física recebe o nome de medição. A medição dos fenômenos, os corpos e as substâncias é expressa por um número e uma referência. A referência é uma quantidade conhecida daquela grandeza entendida como uma unidade de medida. A medição é, então, estabelecer quantas vezes determinada quantidade é maior que a referência (SERWAY; JEWETT JUNIOR, 2007). Por exemplo, dizer que uma tábua tem três metros é afirmar que o comprimento da tábua equivale a três vezes a unidade de medida metro.

Medir, então, é sempre uma comparação. Medir significa comparar uma quantidade de uma grandeza física com outra de mesma natureza, tomando uma delas como um padrão pré-definido. Pode-se comparar a medida de um objeto a outro objeto ou a uma medida-padrão. Por exemplo, Barbosa (2000) informa que o maior ser vivo do mundo é o cogumelo-de-mel (*Armillaria ostoyae*) com área de 890 hectares ou 47 estádios do Maracanã.

O número da medida é a magnitude, que expressa a relação entre a quantidade que foi medida e o padrão unitário. No exemplo do fungo, 890 é a magnitude e hectare é a unidade de medida (referência), assim como também 47 é a magnitude e estádio do Maracanã é a unidade de medida. A representação de grandezas físicas algumas vezes exige informações extras, além da magnitude e da unidade de medida. Essas informações extras são as direções e os sentidos. Grandezas que precisam de direções e sentidos para que sejam bem determinadas são chamadas de *grandezas vetoriais* (representadas por vetores) e as que não precisam são as *grandezas escalares* (SERWAY; JEWETT JUNIOR, 2007).

As grandezas podem ser divididas também em *grandezas básicas* e *derivadas* (BIPM, 2014). As básicas são as grandezas mutualmente independentes entre si, uma vez que nenhuma grandeza de base pode ser expressa como um produto de outras grandezas: comprimento, massa, tempo, intensidade de corrente elétrica, intensidade luminosa, temperatura termodinâmica e quantidade de matéria. As derivadas são grandezas formadas pela relação entre outras grandezas. Por exemplo, a velocidade é uma grandeza derivada, pois é medida pela relação de duas grandezas, a variação de espaço em relação ao tempo.

Um grande problema prático a ser resolvido pela humanidade foi a padronização dos sistemas de medida. Percebeu-se muito cedo que apenas medir, comparar quantidade de uma grandeza física com outra quantidade predeterminada, não era suficiente, devido à grande diversidade de unidades e suas denominações entre uma região e outra. Para que as medições tivessem sentido, elas teriam que concordar umas com as outras. Já na pré-história, os humanos descobriram a necessidade, para muitos propósitos, de selecionar um objeto particular para definir uma unidade de medida.

Isso é chamado *padrão*, ou seja, uma amostra de uma grandeza particular que escolhemos para especificar como o valor 1 dessa grandeza. Quando um padrão é criado, ele *corporifica* a unidade, conferindo-lhe uma identidade específica, concreta como um artefato. (CREASE, 2013, p. 22).

Cada região do planeta tinha seu próprio sistema de medidas, criado a partir dos recursos e práticas locais para servir as suas necessidades. Os sistemas de medidas locais de diversas sociedades eram bastante originais e variados. Os padrões baseados em medidas do corpo humano, tais como pé, braço e milha, foram bastante empregados em várias nações. O primeiro padrão conhecido, surgido no Egito Antigo com o faraó Khufu, durante a construção da Grande Pirâmide (2900 a.C.), foi o cúbito real egípcio. Tinha o comprimento equivalente do antebraço até a mão do faraó. Este padrão de medida foi muito válido, pois garantiu uma base para a pirâmide quase que perfeitamente quadrada (CREASE, 2013).

Na Europa medieval (séc. V), as medidas eram uma mistura de influências. Conforme as guerras aconteciam, o Império Romano introduzia muitas de suas unidades de medida, como o pé, a légua e a libra, utilizadas até hoje em alguns lugares. Em 1120 d.C., o rei Henrique I da Inglaterra decretou que o padrão de comprimento em seu país seria a jarda, e que a jarda seria precisamente igual à distância entre a ponta de seu nariz e o final de seu braço esticado. As relações existentes entre a jarda, o pé e a polegada também foram instituídas por leis, nas quais os reis da Inglaterra fixaram que: 1 pé = 12 polegadas; 1 jarda = 3 pés; e 1 milha terrestre = 1 760 jardas (SILVA, 2013).

Similarmente, o padrão original para o pé adotado pelos franceses era o comprimento do pé real do rei Luís XIV (SERWAY; JEWETT JUNIOR, 2007). O pé era dividido em doze polegadas e seis pés valiam uma toesa. Não era um sistema decimal, como dificuldades práticas para emprego das subunidades. “A multiplicidade de nomes dados a unidades pobremente determinadas e a diversidade de múltiplos e submúltiplos das medidas principais aumentava ainda mais a confusão” (MOREAU, 1953, p. 3 *apud* CREASE, 2013, p. 66).

A Academia Francesa de Ciências (1666) se empenhou em descobrir fenômenos imutáveis que pudessem ser usados para avaliar a precisão dos padrões e recriar outros caso fossem danificados, perdidos ou destruídos. Depois de muitos embates entre cientistas e academias, a referência escolhida para o comprimento foi o meridiano terrestre, em 1791. A Academia criou o metro como unidade básica de comprimento que equivale à décima milionésima parte do meridiano de Paris. A palavra provinha da palavra grega *métron* que significa “medida” (CREASE, 2013).

No Brasil diversas tentativas de uniformização das unidades de medir foram realizadas durante o Primeiro Império, mas somente em 1862, com a Lei Imperial nº 1.157 promulgada por D. Pedro II, foi adotado oficialmente no país o sistema métrico francês.

Muitos outros sistemas têm sido desenvolvidos, mas as vantagens do sistema métrico francês têm feito que ele prevaleça na maioria dos países e nos meios científicos por toda a parte. Até 1960, o comprimento do metro era definido como a distância entre duas linhas em uma barra específica de liga platina-irídio armazenada sob condições controladas. Em outubro de 1983, o metro foi redefinido como a distância atravessada pela luz no vácuo durante o tempo de $1/299\,792\,458$ de segundo (SERWAY; JEWETT JUNIOR, 2007).

O processo de padronização global das medidas foi uma tendência que cresceu conforme as relações internacionais se fortaleciam. No período de duzentos anos, quase todos os sistemas foram consolidados em um sistema universal de medição, adotado por praticamente todos os países. Segundo Crease (2013, p. 27), a adoção de um Sistema Internacional de Unidades (SI), com exceção da Libéria, EUA e Mianmar, “é algo tão surpreendente como se o mundo inteiro viesse a falar um só idioma”.

Atualmente, os nomes, os símbolos e as definições de sete unidades de medida básicas são definidos pelo SI (Quadro 2). A partir dessas grandezas, as outras derivadas podem ser estabelecidas.

Além das grandezas básicas, o SI, apesar de reconhecer que não consegue compreender todas as usadas na ciência, estabelece as unidades de medida para algumas grandezas derivadas comumente utilizadas, tais como (BIPM, 2014): área (A): metro quadrado (m^2); volume (V): metro cúbico (m^3); velocidade (v): metro por segundo (m/s); aceleração (a): metro por segundo quadrado (m/s^2); densidade (ρ): quilograma por metro cúbico (kg/m^3); concentração (c): mol por metro cúbico (mol/m^3); ângulo plano: radiano (rad); ângulo sólido: esferorradiano (sr); força: newton (N); potência: watt (W); frequência: hertz (Hz); resistência elétrica: ohm (Ω); iluminância: lux (lx); atividade catalítica: katal (kat), *etc.*

O SI aceita outras unidades de medida que não pertencem ao sistema, mas que são de uso recorrente e de interesse especial em determinadas áreas (Quadro 3).

O SI (BIPM, 2014) também estabelece os prefixos para os múltiplos e os submúltiplos das unidades de medida (Quadro 4). Cada prefixo tem um símbolo único que é colocado à frente do símbolo da unidade. Os prefixos do SI são utilizados para reduzir o número de zeros mostrado em quantidades numéricas antes ou depois do ponto decimal. Por exemplo, uma intensidade luminosa de 0,000 001 candela, ou um milionésimo de uma candela, é escrito usando o prefixo {micro-} como 1 microcandela ou $1\ \mu cd$.

Quadro 2. Unidades de grandeza padrão definidas pelo SI.

Grandeza de base		Unidade de base		
Nome	Símbolo	Nome	Símbolo	Definição
Comprimento	<i>l, x, r, etc.</i>	metro	m	Distância percorrida pela luz, no vácuo, durante 1/299 792 458 segundos.
Massa	<i>m</i>	quilograma	kg	Massa do protótipo internacional do quilograma, que é um cilindro de uma liga de platina-irídio com 39 mm de diâmetro e 39 mm de altura.
Tempo	<i>t</i>	segundo	s	Duração de 9 192 631 770 períodos de radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.
Corrente elétrica	<i>I, i</i>	ampere	A	Corrente elétrica constante que passa por dois fios retos paralelos, de comprimento infinito e seção reta desprezível, situados no vácuo e afastados 1 m um do outro, a qual produz uma força entre os mesmos de 2×10^{-7} N/m.
Temperatura termodinâmica	<i>T</i>	kelvin	K	1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água.
Quantidade de matéria	<i>n</i>	mol	mol	Mesma quantidade de átomos que há em 0,012 kg de carbono 12 ($6,02252 \times 10^{23}$).
Intensidade luminosa	<i>I_v</i>	candela	cd	Intensidade luminosa de uma fonte emitindo, numa dada direção, radiação monocromática numa frequência de 540×10^{12} Hz com uma intensidade de 1/683 watt por esferorradiano.

Adaptado de BIPM (2014). Tradução minha.

Quadro 3. Unidades de medida não pertencentes, mas aceitas pelo SI.

Grandeza	Unidade de medida		
	Nome	Símbolo	Valor em unidade do SI
Ângulo plano	grau	°	($\pi/180$) rad
	minuto	'	($\pi/10\ 800$) rad
	segundo	"	($\pi/648\ 000$) rad
Área	<i>barn</i>	b	10^{-28} m ²
	hectare	ha	10^4 m ²
Argumento logarítmico	bel	B	1
	decibel	dB	$10^{1/10}$
	neper	Np	1
Comprimento	angstrom	Å	10^{-10} m
	unidade astronômica	ua	$1,495\ 979 \times 10^{11}$ m
Distância	milha náutica	M	1 852 m
Energia	elétron-volt	eV	$1,602\ 177 \times 10^{-19}$ J
Massa	dálon	Da	$1,660\ 539 \times 10^{-27}$ kg
	tonelada	t	10^3 kg
Pressão	bar	bar	10^5 Pa
	milímetro de mercúrio	mmHg	133,322 Pa
Tempo	minuto	min	60 s
	hora	h	3 600 s
	dia	d	86 400 s
Velocidade	nó	kn	(1 852/3 600) m/s
Volume	litro	L, l	10^{-3} m ³

Fonte: BIPM (2014). Tradução minha.

Quadro 4. Prefixos de múltiplos e submúltiplos de unidade do SI.

Prefixo		Fator	Escala curta	Equivalente numérico
Nome	Símbolo			
yotta-	Y	10^{24}	septilhão	1 000 000 000 000 000 000 000 000
zetta-	Z	10^{21}	sextilhão	1 000 000 000 000 000 000 000
exa-	E	10^{18}	quintilhão	1 000 000 000 000 000 000
peta-	P	10^{15}	quatrilhão	1 000 000 000 000 000
tera-	T	10^{12}	trilhão	1 000 000 000 000
giga-	G	10^9	bilhão	1 000 000 000
mega-	M	10^6	milhão	1 000 000
quilo-	k	10^3	mil	1 000
hecto-	h	10^2	cem	100
deca-	da	10	dez	10
deci-	d	10^{-1}	décimo	0,1
centi-	c	10^{-2}	centésimo	0,01
mili-	m	10^{-3}	milésimo	0,001
micro-	μ	10^{-6}	milionésimo	0,000 001
nano-	n	10^{-9}	bilionésimo	0,000 000 001
pico-	p	10^{-12}	trilionésimo	0,000 000 000 001
femto-	f	10^{-15}	quadrilionésimo	0,000 000 000 000 001
atto-	a	10^{-18}	quintilionésimo	0,000 000 000 000 000 001
zepto-	z	10^{-21}	sextilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 001
yocto-	y	10^{-24}	septilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001

Adaptado de BIPM (2014).

Segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+), os alunos precisam estar aptos a:

Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física, por exemplo, nas informações em embalagens de produtos, reconhecer símbolos de massa ou volume; nas previsões climáticas, identificar temperaturas, pressão, índices pluviométricos; no volume de alto-falantes, reconhecer a intensidade sonora (dB); em estradas ou aparelhos: velocidades (m/s, km/h, rpm); em aparelhos elétricos, códigos como W, V ou A; em tabelas de alimentos, valores calóricos.

Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente. Por exemplo, identificar que uma caixa d'água de 2 m^3 é uma caixa de 2 000 litros, ou que uma tonelada é uma unidade mais apropriada para expressar o carregamento de um navio do que um milhão de gramas. (BRASIL, 2002, p. 63).

Para fazer essas traduções entre as unidades de medida, Silva (2013) sugere três métodos de conversão: o uso do fator de conversão, o cálculo direto e o enquadramento dos algarismos numa tabela de conversão.

Fator de conversão: é uma razão que representa a quantidade expressa em alguma unidade dividida pelo equivalente expresso em outra unidade. Por exemplo: para converter 45,6

quilômetros em metros, primeiramente precisa-se saber a relação entre quilômetro e metro, que no caso é $1 \text{ km} = 1\,000 \text{ m}$. Depois, divide-se cada lado da igualdade pela unidade de medida que se quer converter: $\frac{1 \text{ km}}{1 \text{ km}} = \frac{1\,000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \therefore 1 = \frac{1\,000 \text{ m}}{1 \text{ km}}$. Esta razão é o fator de conversão. Como qualquer quantidade pode ser multiplicada por 1 sem alterar seu valor, pode-se multiplicar a quantidade original pelo fator de conversão para converter-se a unidade: $45,6 \text{ km} = 45,6 \text{ km} \times \frac{1\,000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 45\,600 \text{ m}$. Essa estratégia é mais útil para conversões entre unidades de medida do SI e unidades não pertencentes, como de metro para milha e grama para libra, por exemplo.

Cálculo direto: sabendo-se a equivalência entre os múltiplos e os submúltiplos da unidade, basta multiplicar quando se quer passar para uma unidade inferior ou dividir para se passar para uma unidade superior. Por exemplo: para passar 1,4 km para mm, sabendo que $1 \text{ km} = 10^6 \text{ mm}$, basta multiplicar 1,4 por 10^6 para encontrar 1 400 000 mm (ou $1,4 \times 10^6 \text{ mm}$, em notação científica); para passar 29 cm para m, sabendo que $100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$, divide-se 29 por 100 para obter o resultado de 0,29 m.

Enquadramento de algarismos: é um método bastante utilizado pelos professores (PEREZ, 2008). Utiliza-se uma tabela com os múltiplos e os submúltiplos da unidade em ordem de magnitude onde cada algarismo do número é alocado em uma coluna de forma que o algarismo da unidade (antes da vírgula) fique na unidade de medida inicial. Desloca-se, então a vírgula para a coluna da unidade de medida que se quer converter. As colunas sem algarismo são preenchidas com 0 caso sejam utilizadas. A Figura 10 exemplifica os processos de conversão de 1,23 m em cm, 45,6 hm em dm, 78 m em km e 11,2 dm em mm.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
			1,	2	3	
			0	0		
4	5,	6				
	0	7	8,			
			1	1,	2	0

Figura 10. Esquema de deslocamento da vírgula para conversão de unidades de medida de comprimento.

Para conversões de medida de área e volume utilizando a tabela de enquadramento de algarismos, Silva (2013) mostra que cada coluna contém, respectivamente, dois e três algarismos e que, portanto, a vírgula se desloca de dois em dois e três em três algarismos.

2.2.1 Ensino de grandezas e medidas

A Química, a Biologia e a Física são ciências que dependem essencialmente de experimentos que utilizam inevitavelmente medidas para quantificar grandezas. Portanto, o próprio ensino dessas ciências apoia-se em um conhecimento mínimo sobre operações básicas com números reais, medição, apropriação e conversões de medidas. Tanto a pesquisa acadêmico-científica como as tarefas e os problemas cotidianos exigem das pessoas a habilidade de operar esses conceitos e suas técnicas de mensuração e cálculos.

Para as Ciências Naturais, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) (BRASIL, 2002) estipulam competências e habilidades que os alunos devem ter ao terminar o Ensino Médio. Para a Biologia, (p. 39), afirmam que todo aluno do Ensino Médio deve ser capacitado a fazer “uso de escalas para representar organismos, parte deles e estruturas celulares”. Em Química (p. 89), o aluno deve saber “identificar e relacionar unidades de medida usadas para diferentes grandezas, como massa, energia, tempo, volume, densidade, concentração de soluções”.

Cientistas e educadores das ciências reconhecem o papel fundamental a compreensão das escalas para aprender muitos conceitos e fenômenos científicos. Por exemplo, a Associação Americana para o Avanço Científico (AAAS) afirma que o ensino de escalas é um dos quatro maiores temas unificantes que atravessam todas os domínios científicos (JONES *et al.*, 2013).

Com relação às grandezas no ensino de Física, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) afirmam que o aluno deve

expressar-se corretamente na linguagem física requer identificar as grandezas físicas que correspondem às situações dadas, sendo capaz de distinguir, por exemplo, calor de temperatura, massa de peso, ou aceleração de velocidade. Requer também saber empregar seus símbolos, como os de vetores ou de circuitos, fazendo uso deles quando necessário. (BRASIL, 2000, p. 27).

Para o ensino de Matemática, a Secretaria de Educação Básica (MEC-SEB, 2006, p. 72) afirma que para o ensino de funções matemáticas, o professor pode dar início ao tema “com uma exploração qualitativa das relações entre duas grandezas em diferentes situações: idade e altura; área do círculo e raio; tempo e distância percorrida; tempo e crescimento populacional; tempo e amplitude de movimento de um pêndulo, entre outras”. Durante o Ensino Médio, “o trabalho do aluno em outras disciplinas, como a Física e a Química, por exemplo, pode servir como motivação para a consolidação da ideia de grandezas, particularmente aquelas formadas por relações entre outras grandezas (densidade, aceleração, *etc.*)” (MEC-SEB, 2006, p. 76).

Especificamente, duas competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física que os PCNEM listam podem ser consideradas como fundamentais para as demais Ciências Naturais (BRASIL, 2000, p. 29, grifo meu): “Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar. [...] Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes.”. O trabalho com números permite que o aluno se aproprie da capacidade de estimativa, para que possam ter controle sobre a ordem de grandeza de resultados de cálculo ou medições e tratar com valores numéricos aproximados de acordo com a situação e o instrumental disponível.

Segundo Silva (2013), conteúdos como grandezas e suas unidades, conversões e fatores de conversões, são tópicos que mais chamam bastante a atenção por serem aplicados em muitas disciplinas de cursos profissionalizantes e, ainda, por possibilitarem a discussão de questões atuais que fazem parte do dia a dia.

O conhecimento sobre grandezas e suas medidas

é de grande importância para o aprendizado de matemática pelos alunos, não só pela necessidade interna à própria Matemática e da relação com outras ciências, mas também, pela sua grande importância social, pois auxilia as pessoas a fazer uma leitura mais adequada de mundo, para desenvolver competências necessárias ao exercício da cidadania. (PEREZ, 2008, p. 18).

De acordo com Livi (1990) e Jones *et al.* (2013), no entanto, muitos estudantes têm dificuldade no que se refere a estimativas de ordens de grandeza. Essa dificuldade, segundo Perez (2008) acaba sendo negligenciada pelos professores, que subestimam o ensino e a aprendizagem dos conteúdos referentes às grandezas e medidas. De acordo com a autora, essa subestimação talvez se dê por esse tema ser visto como elementar e já compreendido, uma vez que as crianças, ao virem para a escola, já trazem um conhecimento social prévio das medidas mais comuns, tais como: comprimento, massa, volume, tempo, *etc.* É compreensível, portanto, que os professores, talvez, julguem que esses conteúdos podem ser fáceis de serem ensinados e aprendidos.

Perez (2008, p. 18) verificou ainda que os alunos estagiários nos últimos anos de Licenciatura em Matemática, quando ministram suas aulas durante o Estágio Supervisionado, no 6º ano do Ensino Fundamental, também apresentam algumas dificuldades quanto aos conceitos dessa área de conhecimento. “Utilizam as grandezas e as medidas em muitas situações, porém demonstram insegurança ao planejar uma aula sobre esse tema”. Situação semelhante foi verificada nos cursos de Pedagogia.

Situação similar é evidenciada em outros países. Jones *et al.* (2013), ao estudar professores e licenciandos da Áustria, EUA e Taiwan, verificaram que os educadores possuem grande dificuldade em exemplificar micromedidas e que os estadunidenses são os que possuem menor acurácia. O estudo dos conceitos de escala dos professores estadunidenses mostrou que os professores novatos e veteranos tinham mais acurácia ao determinar o tamanho de um objeto em grandes escalas do que escalas pequenas. Menos de 30% dos veteranos e menos de 10% dos novatos citaram corretamente objetos de tamanho na ordem de micrômetros e nanômetros. Mais estudos tendem a conhecer mais sobre o conceito e o ensino de escala dos professores e como ajudam a formar o conhecimento de seus alunos por meio de intervenções instrucionais.

Para Livi (1990, p. 128), os estudantes e professores devem ser encorajados e treinados para entender, medir, calcular e utilizar todos esses conceitos sobre medidas e grandezas. “O importante é quebrar o medo de trabalhar com pequenos e grandes números”. Primack e Abrams (2008, p. 190-191) afirmam que os números “em geral não pretendem ser precisos, e sim sugerir espectros de tamanhos gerais. Escala de tamanho é um conceito aproximado, mas para o universo é tudo o que precisamos”.

2.3 RAZÃO E PROPORÇÃO

Se sobre a noção das grandezas físicas e suas magnitudes, muitos professores, licenciandos e alunos acabam apresentando dificuldades e insegurança (PEREZ, 2008; LIVI, 1990; SILVA, 2013), o mesmo acontece quanto ao conceito de proporção, já que este correlaciona duas ou mais grandezas.

O conceito de proporção, por uma questão de origem conjunta, é tomado quase que como sinônimo de razão, o que depende do contexto. Dizer, por exemplo, que a escala de um mapa fitossociológico de uma reserva é da razão 10 000 para 1 (10 000:1) é também dizer que a proporção entre a reserva e o mapa é de 10 000 para 1. Diz-se também que proporção é a relação de igualdade entre duas razões. Por exemplo, $a/b = c/d$, assim como a razão entre 1 e 3 é igual à razão entre 4 e 12.

O matemático Euclides de Alexandria (séc. III a.C. *apud* PINTO, 2004, p. 2) definiu razão como “uma espécie de relação a respeito do tamanho entre duas grandezas do mesmo tipo” e afirmou que “grandezas que têm a mesma razão dizem-se proporcionais”. O termo *proporção* só foi aparecer com o filósofo romano Cícero (séc. I a.C.) utilizou o termo latino

“*comparatio pro portione*” (MURACHCO, 2004, p. 30), o que deu origem a *proporcio* e *proporcionis*.

A comparação proporcional, ainda sem um nome apropriado, já era utilizada pelo primeiro grande matemático e filósofo grego Tales de Mileto (séc. VII e VI a.C.). O famoso Teorema de Tales ou Teorema da Interseção afirma que quando duas retas transversais (AB e AC) cortam duas retas paralelas (DE e BC), as medidas dos segmentos delimitados nas transversais são *proporcionais* ($AD:DB::AE:EC$, o qual se lê ‘AD está para DB assim como AE está para EC’) (Figura 11). Tales não utilizou especificamente o termo *proporção*, mas o raciocínio por proporções já estava formalizado. O teorema serve muito bem para determinar o tamanho de algum lado de triângulos com ângulos iguais.

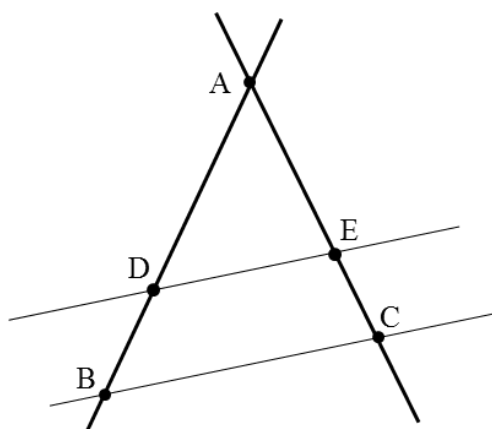


Figura 11. Representação geométrica do Teorema de Tales.

Outra definição do Teorema de Tales, relativa à Semelhança de Triângulos diz que “toda paralela a um dos lados de um triângulo divide os outros dois lados em segmentos proporcionais” (ABREU; BEUST, 2008, p. 91). Segundo Garbi (2009, p. 22), a passagem de Tales pelo Egito tornou-se célebre com sua visita às pirâmides de Gizé. Ao medir “as sombras da pirâmide de Quéops e de um bastão que plantara verticalmente na areia, calculou a altura do monumento através de triângulos semelhantes, protagonizando assim um dos acontecimentos máximos da História da Geometria” (Figura 12).

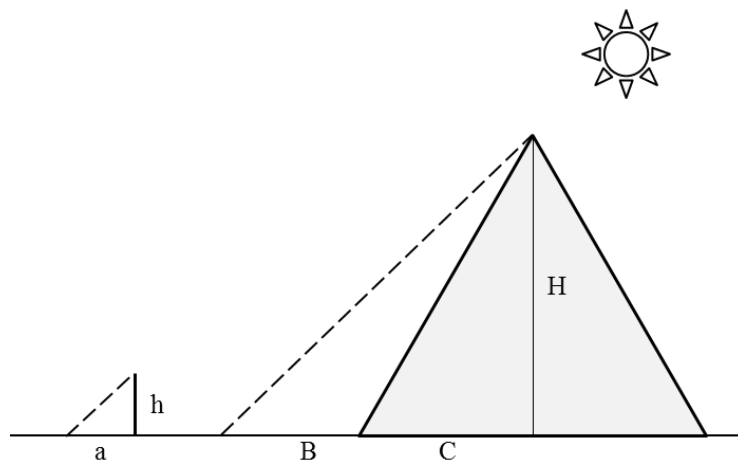


Figura 12. Esquema da aplicação do Teorema de Tales à altura da pirâmide.

Tales somou metade do lado da base da pirâmide (C) ao tamanho de sua sombra (B) para relacionar o total à sua altura (H) e à haste (h) e sua sombra (a). Partindo do Teorema das Interseções, foi possível encontrar a altura da pirâmide calculando $a/h = (B + C)/H$.

O matemático grego Pitágoras de Samos, contemporâneo de Tales, afirmava que o princípio fundamental que forma todas as coisas é o número, o que ficou caracterizado pela filosofia da escola pitagórica. De acordo com o pitagorismo, tudo no universo segue leis matemáticas e é gerado pela interação geométrica dos números, que são a base da realidade.

Na linha pitagórica, Arquitas de Tarento (séc. V), em seus estudos matemáticos na música, foi o primeiro matemático a elaborar especificamente teorias de proporção e afirmou que numa proporção geométrica o primeiro termo se relaciona com o segundo assim como o terceiro a um quarto (RESENDE FILHO, 2008), representado modernamente pela típica fórmula $a/b = c/d$. Se os termos médios não forem iguais à proporção é dita descontínua (e.g., $3/6 = 4/8$) e se forem iguais é dita contínua (e.g., $2/4 = 4/8$).

Arquitas foi contemporâneo de Platão e o influenciou em suas produções. Resende Filho (2008) afirma que o pitagórico Arquitas convenceu Platão da importância dos números e das figuras geométricas, pelos quais se poderia decifrar a ordem do universo pela proporção e pela simetria. Platão, excelente matemático, compreendeu a teoria de Arquitas e demonstrou a ideia da Linha em sua obra *República*:

Quando dividimos uma linha, ou melhor, um segmento, segundo uma certa relação, e em seguida, subdividimos cada um dos segmentos seguindo a mesma proporção da primeira divisão, teremos nesta construção os dois segmentos intermediários iguais. (RESENDE FILHO, 2008, p. 65).

Para ilustrar essa ideia da Linha com números, um segmento de reta de 16 unidades de comprimento é apresentado e seccionado na razão de 1 para 3 (1:3) (Figura 13). Os novos segmentos ficaram com 4 e 12 unidades, respectivamente (a). No segundo momento, os dois segmentos são seccionados novamente e na mesma proporção 1:3 (b). O primeiro fica com dois novos segmentos de 1 e 3 unidades e o segundo com de 3 e 9 unidades. No caso dos quatro segmentos finais, Platão conclui que os intermediários são iguais (3 e 3).

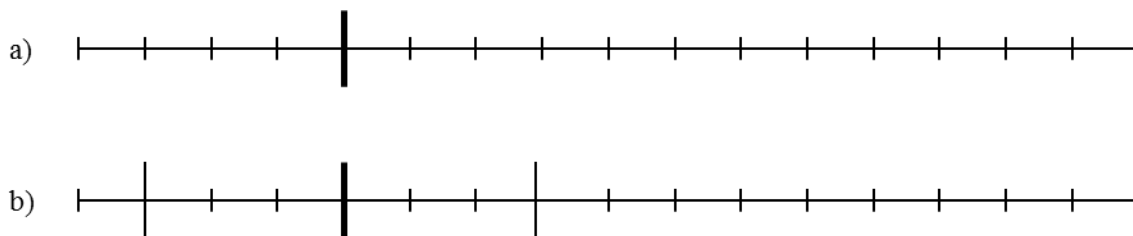


Figura 13. Divisão da Linha de Platão com proporções contínuas.

Adaptada de Resende Filho (2008, p. 65).

A partir daí, Platão aplicou a teoria da proporção da Linha em suas questões filosóficas, as quais não cabem ser discutidas aqui. Ainda sim, a proporção que estudava dependia de números inteiros ou por uma razão entre dois números inteiros. Seguiu o pensamento pitagórico de que os números racionais eram suficientes para comparar, por exemplo, segmentos quaisquer de reta.

Segundo Vitruvius (séc. I a.C. *apud* GARBI, 2009), o próprio Pitágoras (alguns atribuem a Hipaso de Metaponto) percebeu que nem sempre um segmento que ‘cabia’ um número inteiro de vezes num deles e um número inteiro de vezes no outro. A diagonal $\sqrt{2}$ do quadrado era um grande exemplo. Como a raiz quadrada de 2 não podia ser expressa pela razão entre dois números inteiros, estavam descobertos os números irracionais. Essa descoberta marcou profundamente o desenvolvimento da matemática grega. O universo continuava a ser governado pelos números, como afirmava Pitágoras, mas agora não mais eram números inteiros.

Um número irracional bastante conhecido ligado à História da Proporção é o ϕ , a constante irracional da Proporção Áurea, que vale $(1 + \sqrt{5})/2$ ou aproximadamente 1,618. Euclides de Alexandria (III a.C.), considerado o Pai da Geometria, além de sistematizar as teorias de proporção de Arquitas e Platão, determinou que a Proporção Áurea existe quando a razão entre o número menor por um maior é igual ao maior sobre a soma dos dois, isto é, $a/b = b/(a + b)$. As propriedades estéticas e artísticas dessa razão são mostradas no retângulo áureo, cujos lados estão na razão de 1 para ϕ . Esse retângulo é considerado como o mais agradável aos

olhos. Muitos trabalhos famosos de arquitetura e arte foram baseados no retângulo áureo, além de figuras geométricas encontradas na Natureza (MENDIAS-LAURO, 2005).

A Geometria, assim, contribuiu para o avanço da Matemática como um todo. O estudo das proporções forneceu ideias para demais subáreas, como a Aritmética, com relação às frações, e à Álgebra, nas mais variadas formas de interações proporcionais.

“Para os gregos da época de Pitágoras, quando se pensava em números, pensava-se em números naturais. Para eles $\frac{7}{8}$ não era um número, mas uma relação entre dois números” (RODRIGUES, 2013, p. 86). No decorrer da História da Matemática, as noções de fração e razão foram se desenvolvendo de modo a se convergirem em determinados pontos, como, por exemplo, na representação por números separados por uma barra.

Lessa (2011) assume cinco significados para os números fracionários, aqui com o exemplo de $\frac{3}{4}$:

- *parte-todo*: ideia de dividir um todo em b partes iguais das quais são tomadas a partes (a/b) – 3 é o numerador e 4 é o denominador. *E.g.*: foram comidas 3 fatias da pizza que havia sido dividida em 4 partes iguais.
- *razão*: é a relação entre duas grandezas a e b sem uma necessária relação com o todo – 3 está para 4. *E.g.*: há na sala uma proporção de 3 meninos para 4 meninas.
- *quociente*: é o mero resultado de uma divisão. *E.g.*: cada uma das crianças recebeu $\frac{3}{4}$ dos 3 chocolates.
- *medida*: indica a medida de um segmento de reta com extremidades num determinado ponto e naquele que é identificado com o número zero. *E.g.* uma semente mede $\frac{3}{4}$ centímetros.
- *operador*: quando dá a ideia de que se solicita a realização de uma operação de multiplicação seguida de divisão. *E.g.*: $\frac{3}{4}$ de uma turma com 36 alunos indica que se multiplique 36 por 3 e divida o produto por 4.

A questão aqui apresentada é que o entendimento de proporção está estritamente relacionado com os diferentes conceitos de fração, que por sua vez também se inter-relacionam na rede conceitual (Figura 14). Necessariamente, para se abordar o tema, conceitos como os de medida, função, multiplicação, divisão, *etc.* devem estar cognitivamente bem consolidados.

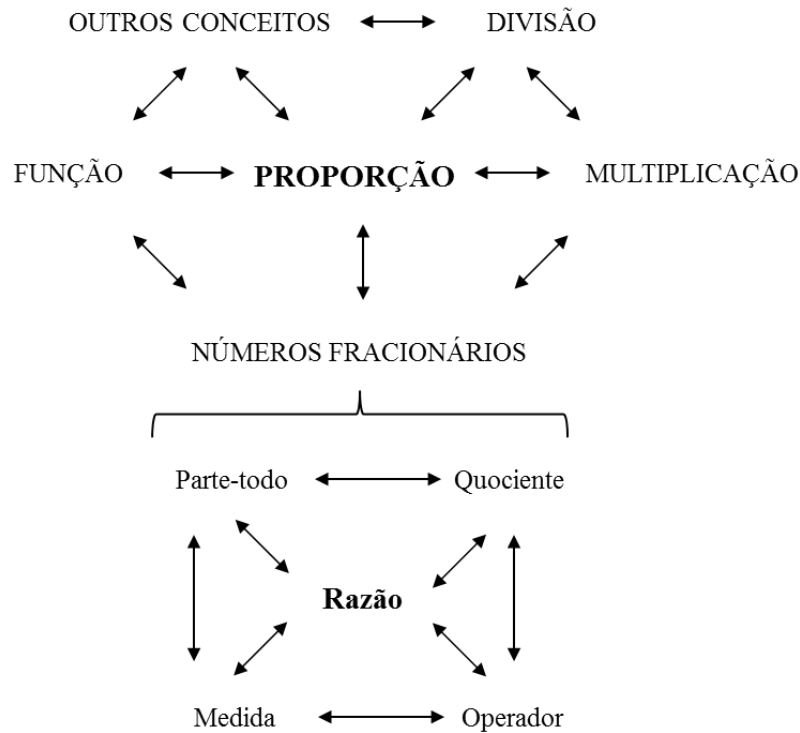


Figura 14. Esquema do campo conceitual da proporção e da razão.

A Matemática acabou incluindo o conceito de proporcionalidade, que se difere um pouco de proporção. De acordo com Houaiss (2009), esta significa “relação das partes de um todo entre si, ou entre cada uma delas e o todo, quanto a tamanho, quantidade ou grau” ou simplesmente “igualdade de duas razões”. Proporcionalidade é a “propriedade que têm duas grandezas de serem proporcionais”. Uma é a relação em si; a outra é uma característica das grandezas.

O conceito de proporcionalidade direta pode ser apresentado de duas formas (LESH; POST; BEHR, 1988; ABREU; BEUST, 2008; PONTE *et al.*, 2010): como uma igualdade entre duas razões ($x/y = x'/y'$) ou como uma função linear dada por $x = k.y$, sendo k diferente de zero, chamado constante de proporcionalidade ($k = x/y$). Lesh, Post e Behr (1988, p. 94) e Spinillo (1993) chamam $x = k.y$ como relação de primeira ordem (“*linear relationship between two variables*”) e $x/y = x'/y'$ como relação de segunda ordem (“*second-order: relationship between two relationships*”).

2.3.1 Ensino de proporção

As noções corretas de razão, proporção e proporcionalidade são proveitosas em uma variedade de resoluções de problemas escolares e do dia a dia como, por exemplo, cálculos de velocidade, escala, concentração, densidade, conversão e outras comparações. O raciocínio algébrico, inclusive, muitas vezes, envolve modos diferentes de representação como gráficos, tabelas, diagramas e equações. A criação e a compreensão dessas representações e suas inter-relações é um elemento essencial de competência para além da Álgebra.

A compreensão de proporção e razão é fundamental para os trabalhos com grandezas direta e inversamente proporcionais e, assim sendo, é uma condição imprescindível para o desenvolvimento do pensamento proporcional. O raciocínio com proporções é considerado um dos componentes do raciocínio formal constituído na adolescência.

O raciocínio com proporções é uma forma de raciocínio matemático. Ele envolve senso de covariação, comparações múltiplas e capacidade de armazenar e processar mentalmente várias informações. Além disso, está muito ligado à inferência e à predição envolvendo métodos de pensamento qualitativos e quantitativos. O fato de muitos aspectos do mundo atual funcionar de acordo com regras de proporcionalidade faz com que a faculdade de raciocinar com proporções seja extremamente útil na interpretação dos fenômenos do mundo real. (ABREU; BEUST, 2008, p. 83).

Esse processo requer uma capacidade mental, que Piaget classificou no nível operacional formal do desenvolvimento cognitivo. Segundo Abreu e Beust (2008, p. 85), Piaget se refere a esse processo como “operar com operações, ou seja, a interpretação de cada uma dessas razões é uma operação em si e por si, a comparação é outro nível de operação, e isso requer um raciocínio comparativo em níveis múltiplos”. Para as autoras, o raciocínio proporcional

implica num domínio sólido de vários conceitos sobre números racionais, como, por exemplo, ordem e equivalência, a relação entre a unidade e as suas partes, significado e interpretação das razões e questões envolvendo a divisão, especialmente no que se refere a dividir um número menor por um maior. (ABREU; BEUST, 2008, p. 85).

Seu envolvimento em quase todas as subáreas da Matemática faz com que a proporcionalidade seja uma ideia unificadora da Matemática escolar, pois une e relaciona conteúdos individuais e revela princípios gerais. Os PCN (BRASIL, 1998) sugerem a utilização de situações de aprendizagem envolvendo o cotidiano e outras áreas do conhecimento que

levem o aluno a observar a variação entre grandezas, estabelecendo relação entre elas e construir estratégias de solução não convencionais. Também neste mesmo documento, a proporcionalidade é apontada como uma ideia matemática fundamental, um princípio geral do conhecimento matemático, que deve ser desenvolvido articulado com múltiplos aspectos dos diferentes conteúdos, visando possibilitar ao aluno a compreensão ampla deste saber.

Os PCN também reforçam a forma de tratamento da proporcionalidade em diferentes momentos:

- 3º Ciclo: “Resolução de situações-problema que envolvam a ideia de proporcionalidade, incluindo o cálculo com porcentagens, pelo uso de estratégias não convencionais” (BRASIL, 1998, p. 72);
- 4º Ciclo (BRASIL, 1998):
 - “[...] para a compreensão da proporcionalidade é preciso também explorar situações em que as relações não sejam proporcionais - os contraexemplos” (p.84);
 - “identificação da natureza da variação de duas grandezas diretamente proporcionais, inversamente proporcionais ou não proporcionais (afim ou quadrática), expressando a relação existente por meio de uma sentença algébrica e representando-a no plano cartesiano” (p. 87);
 - “resolução de problemas que envolvam grandezas diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais com estratégias variadas, incluindo regra de três” (p. 87);
 - “divisão de segmentos em partes proporcionais e construção de retas paralelas e retas perpendiculares com régua e compasso (p. 88)”.

Portanto, de acordo com Soares e Nehring (2013), seu ensino não deveria ser tratado num instante particular da Educação Básica (7º ano) apresentados de uma só vez, num só momento. Trata-se de um conceito amplo e profundamente arraigado para ser explorado continuamente, promovendo a integração dos diferentes conteúdos. Assim, deve-se pensar proporcionalidade como tema de estudo ao longo da escolarização.

Durante muito tempo, a maioria das tentativas feitas para definir o raciocínio proporcional considerava, primordialmente, “as respostas individuais a problemas de valor ausente, em que se davam três dos quatro valores de duas razões ou taxas iguais e tinha-se de achar o quarto, nesse caso, o valor ausente” (SOARES; NEHRING, 2013). Esse tipo de problema matemático é o mais comum, o que Ponte *et al.* (2010) chamam de *problema de valor omissivo* e Spinillo (1993), de *tarefa de incógnita*. Com riqueza de detalhes maior, Karplus, Pulos e Stage (1983) e Lesh, Post e Behr (1988, p. 95) classificam as atividades escolares com proporções em sete tipos:

1. *missing value problems* (problemas de valor omissivo): numa relação $A/B = C/D$, dados três valores, deve-se encontrar o quarto.

2. *comparations problems* (problemas de comparação): deve-se estabelecer se a relação A/B é igual, maior ou menor que C/C .

3. *transformation problems* (problemas de transformação): onde A/B é maior ou menor que C/B , deve-se alterar um dos quatro termos para que haja equivalência. *E.g.*: encontrar o valor de x para que $(A + x)/B = C/D$.

4. *mean value problems* (problemas de valor médio): quando dois valores são dados e pede-se para encontrar um terceiro. *E.g.*: $A/x = x/B$.

5. *proportions involving conversions from ratios, to rates, to fractions* (proporções envolvendo conversões de razões para taxas, para frações): *E.g.*, descobrir qual é a fração de meninos numa sala de aula onde a proporção de meninos para meninas é de 15 para 12.

6. *proportions involving unit labels as well as numbers* (proporções envolvendo unidades de medida bem como números): são as transformações de unidades de medida por si só ou acompanhados de valores. *E.g.*: transformação de milímetro para metro, centímetro quadrado para metro quadrado e metros por segundo em quilômetros por hora; cálculo de 3 pés em 2 segundos para milhas por hora.

7. *between-mode translation problems* (problemas de conversão entre representações): quando há uma razão, fração, taxa ou quociente é dado um sistema representativo e pede-se a mesma relação em outro sistema. *E.g.*: passar os números proporcionais contidos em uma tabela para um gráfico.

Lesh, Post e Behr (1988), Silva (2008) e Ponte *et al.* (2010) apresentam algumas estratégias utilizadas pelos alunos do Ensino Básico para resolver problemas de proporção:

Operação aritmética (multiplicação e divisão): estratégia para resolver um problema em que o aluno estabelece uma relação entre duas grandezas iguais ou diferentes para encontrar um terceiro valor, no caso o valor unitário ($x = k.y$). É utilizada em problemas como, por exemplo: “Se tenho R\$ 30,00 quantos carrinhos de R\$ 6,00 posso comprar?”. Neste caso ($30/6$) o raciocínio elaborado para a solução seria pensado assim: “quantas cotas de R\$ 6,00 cabem em R\$ 30,00? (SILVA, 2008, p. 108).

Adição sucessiva de parcelas: os alunos separam as duas grandezas em conjuntos distintos e por meio de adições sucessivas proporcionais vão calculando os valores dos dois conjuntos paralelamente. É um pensamento por progressão aritmética. Por exemplo: “Com R\$12,50 posso comprar duas garrafas de vinho. Quanto pagarei por 6 garrafas?”. Somam-se os

valores de duas em duas garrafas: 2 garrafas = R\$12,50; 4 garrafas = R\$25,00; e 6 garrafas R\$37,50 (SILVA, 2008).

Razão unitária: compõe-se de dois passos (algoritmos). Descobre-se primeiro o valor correspondente à unidade para depois multiplicá-lo pela outra quantidade. Por exemplo, no problema “se 5 jacas pesam 14 quilos, qual o peso de 6 jacas?”, o primeiro passo é descobrir o peso de uma única jaca, dividindo 14 por 5, e o segundo é multiplicar o produto por 6. Essa é “a estratégia mais intuitiva atendendo ao fato de os alunos a usarem desde os primeiros anos de escolaridade” (PONTE *et al.*, 2010, p. 5).

Fator de mudança ou *fator escalar* (HART, 1983 *apud* PONTE *et al.*, 2010) ou *fator proporção* ou *constante de proporcionalidade* (SILVA, 2008, p. 109): “o aluno estabelece uma relação proporcional dentro de uma das grandezas para em seguida aplicá-lo a outra grandeza”. No problema anterior, o fator de mudança é “14 quilos/5 jacas”. Se 5 jacas vezes 14/5 são 14 quilos, 6 jacas pesam então 6 vezes 14/5 também.

Interpretação gráfica: usam-se gráficos para identificar razões equivalentes ou para identificar um valor desconhecido num problema de valor omissivo (LESH; POST; BEHR, 1988).

Algoritmo do produto cruzado (cross multiplication)⁶ ou *Regra de Três*: para resolver proporções do tipo $A/B = x/D$, usa-se o método de multiplicação $A \times D = x \times B$, onde $x = A \times D/B$. Lesh, Post e Behr (1988) e Ponte *et al.* (2010, p. 5) alertam que, apesar de ser um método mais operativo, pode não contemplar o pensamento proporcional, mostrando-se “um processo mecânico desprovido de significado no contexto dos problemas”. A Regra de Três é um método prático, mas

[...] os métodos mais eficientes são, com frequência, aqueles menos significativos, que devem, portanto, ser evitados nas fases de ensino iniciais. Infelizmente, muitas vezes confundimos eficiência com significação e, por descuido, embora com a melhor das intenções, introduzimos um conceito da maneira mais eficiente, porém menos significativa. (POST; BEHR; LESH, 1995 *apud* SOARES; NEHRING, 2013, pp. 4-5).

Soares e Nehring (2013) alertam que esse tipo de procedimento só deve ser ensinado depois que o conceito de proporção e o pensamento proporcional já estiverem bem

⁶ Na Idade Média, os árabes desenvolveram bem mais a Matemática do que o Ocidente, inclusive utilizando a noção da Regra de Três, já conhecida pelos chineses desde 200 a.C. No século XIII, o italiano Leonardo Fibonacci, ou Leonardo de Pisa, tendo contato com a Matemática árabe em suas viagens pelo mar Mediterrâneo difundiu os princípios dessa regra em seu *Liber Abbaci*, com o nome de Regra dos Três Números Conhecidos (GARBI, 2009).

sedimentados nos alunos, para que não haja uma resolução mecânica do problema sem real compreensão do que está acontecendo.

A Regra de Três é uma dentre tantas estratégias de elucidação de problemas de proporção e cabe ao professor, considerando a sala de aula é um espaço de pessoas de capacidade de raciocínio diferentes, saber o momento e qual aluno precisa de um atendimento diferenciado.

A autonomia matemática para a resolução de problemas de proporcionalidade que requer um bom desenvolvimento de habilidades do pensamento proporcional pode vir a acontecer para alguns alunos com maior rapidez, para outros de uma forma mais lenta. Disso decorre a necessidade de em alguns momentos ensinar certos passos para a resolução de problemas e em outros delegar ao aluno a liberdade de selecionar conceitos e adotar suas estratégias próprias de resolução. (SILVA, 2008, p. 42).

Para raciocínios proporcionais é necessário haver flexibilidade mental para tratar os problemas por várias perspectivas, e, simultaneamente, ter noções consideravelmente sólidas para não se deixar afetar por grandes e/ou complicados números ou pela circunstância em que o problema se insere.

3 ANALOGIAS QUANTITATIVAS

“Analogia proportionalitatis sunt, quae se habent ad rationem communem cum quaedam proportione.”
“São análogos de proporcionalidade os que possuem certos conceitos comuns com alguma proporção.”

Antoine Goudin, *Philosophia* (1851)

Após o entendimento de todo o universo conceitual que a analogia incide nos mais variados campos do conhecimento, sua constituição cognitiva, semântico e procedimental e suas técnicas de utilização didática e o universo dos números, frações, razões e proporções, é possível abordar o conceito de analogia quantitativa, proposto por Rigolon (2013) como parte de um sistema de classificação alternativo ao de Curtis e Reigeluth (1984).

Embora a analogia quantitativa tenha utilizada pelos professores, alunos, livros didáticos e de divulgação científica e variados meios de comunicação, ela não tem sido explicitada com uma abordagem investigativa, o que suscita pesquisas na área de Educação. Vale a pena, então, apresentar a concepção do conceito de analogia quantitativa, seu lugar dentre os outros tipos de classificação e possíveis implicações nas estratégias docentes para o ensino das Ciências.

3.1 CLASSIFICAÇÃO PELA NATUREZA DA RELAÇÃO ANALÓGICA

Há algumas décadas, muitos pesquisadores da Educação em Ciências têm se dedicado a estudar formas de uso sistematizado da analogia em situações de ensino (ZEITOUN, 1984; GLYNN, 1991; WONG, 1993a; GALAGOVSKY; ADURIZ-BRAVO; 2001; NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001; SALIH, 2008). Inerentemente a seus estudos, a necessidade de detalhar os tipos de analogia para classificá-las de acordo com variados aspectos acabou mobilizando bastantes pesquisas, desde a década de 1980 (CURTIS; REIGELUTH, 1984; THIELE; TREAGUST, 1994; MONTEIRO; JUSTI, 2000; SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013), que visam estudar o uso didático da analogia.

Das classificações existentes sobre a analogia e seus usos, a elaborada por Curtis e Reigeluth (1984) é uma das primeiras e mais importantes por apresentar um sistema de classificação das analogias no ensino de ciências adotado fortemente até então. Seu sistema categorizador tem sido utilizado em inúmeros trabalhos (*e.g.*, ZAMBOM; PICCINI; TERRAZZAN, 2009; SANTOS; TERÁN; SILVA-FORSBERG, 2011; BERNARDINO; RODRIGUES; BELLINI, 2013; *et al.*).

Nesse sistema, particularmente quanto à natureza da relação analógica entre base e alvo, Curtis e Reigeluth (1984), como já mais bem apresentado no capítulo anterior, separaram as analogias encontradas em livros-texto em três classes fundamentais:

a) Estrutural: objetos de semelhança física. *E.g.*: “Numa glândula acinosa, há um pequeno canal e, na parte mais profunda, as células secretoras se dispõem em torno de um eixo, à semelhança dos gomos de uma tangerina” (HOFFMANN; SCHEID, 2007, p. 11).

b) Funcional: objetos de semelhança funcional. *E.g.*: Os osteoclastos destroem e reabsorvem o tecido ósseo como roedores que roem uma estrutura (PEDROSO; AMORIM; TERRAZZAN, 2007).

c) Estrutural-funcional: combina as duas categorias anteriores e é, portanto, mais complexa e com similaridade maior. *E.g.*: Semelhanças entre árvore e o processo evolutivo (MARCELOS, 2006).

A categorização de Curtis e Reigeluth (1984) tem sido recorrente referência nas pesquisas sobre uso didático da analogia, pois acaba tendo implicações na qualidade do processo de ensino e de aprendizagem. Os autores afirmam que as analogias funcionais são mais empregadas em conceitos mais complexos e/ou abstratos enquanto as estruturais, conceitos fáceis e de objetos concretos. Por ter uma maior quantidade de relações entre alvo e base, as funcionais são mais fortes que as estruturais e as estruturais-funcionais mais completas.

Ruth V. Curtis e Charles M. Reigeluth, então professores da *Syracuse University*, em Siracusa, Nova Iorque, nos EUA, publicaram em julho de 1984 o primeiro artigo em que apresenta um sistema de classificação de analogia quanto à natureza da relação analógica. Intitulado *The use of analogies in written text*, com dezenove páginas (pp. 99-117), o artigo foi publicado no segundo número do 13º volume do *Instructional Science*, um periódico científico vigente da editora holandesa *Elsevier Science Publishers* criado em 1972 e dedicado à aprendizagem em Ciências. O artigo foi publicado em revista impressa na época, mas é encontrado atualmente também na forma digitalizada com relativa facilidade em páginas da internet, mediante pagamento.

Nessa pesquisa, Curtis e Reigeluth (1984, p. 102) apresentam os resultados de uma pesquisa sobre as analogias encontradas em livros didáticos de ciência. Foram verificados “26 elementary, secondary and post-secondary science books⁷”, publicados nos EUA entre 1963 e 1984, que apresentaram alguma analogia: 10 de Biologia, 6 de Ciências, 4 de Química, 3 de

⁷ Destinavam-se aos alunos dos graus curriculares equivalentes aos atuais Ensinos Fundamental, Médio e Superior do Brasil.

Física, 2 de Geografia e 1 de Geologia. Os pesquisadores encontraram um total de 216 analogias, média de 8,3 analogias por livro.

Os autores não detalham como a categorização sugerida foi construída. Eles apenas afirmam que “*the analogies were organized into categories as patterns emerged*”, o que se subentende ter sido feita por algo parecido com a Análise Categorical da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011), pela qual os dados são agrupados considerando-se a parte comum existente entre eles.

Como parte dos resultados, com relação à natureza da relação analógica, Curtis e Reigeluth (1984, p. 103) apresentam três categorias já mencionadas: “*structural relationship; functional relationship; structural and functional relationship*”. Para cada categoria, um exemplo sobre Biologia extraído de um livro investigado é apresentado: célula cepácea e quarto; retroalimentação glandular e termostato; célula humana e fábrica. As analogias estruturais são 70% dentre as 216 encontradas, segundo os autores.

Curtis (1988, p. 169), depois, publica um artigo em que reafirma a coerência da classificação de Curtis e Reigeluth (1984). Segundo a autora, “*the results indicate that the categories in the Curtis and Reigeluth classification system for analogy construction were consistent across disciplines*”.

De 1984 para cá, quase a totalidade das pesquisas que tinham como um de seus objetivos a classificação de analogias na Educação empregou os critérios de Curtis e Reigeluth (1984). Vários pesquisadores das analogias no ensino publicaram trabalhos no Brasil (*e.g.*, MONTEIRO; JUSTI, 2000; ZAMBOM; PICCINI; TERRAZZAN, 2009; FRANCISCO JÚNIOR, 2010; BERNARDINO; RODRIGUES; BELLINI, 2013; SANTOS; TERÁN; NAGEM, 2013) e em outros países (*e.g.*, DUIT, 1991; THIELE; TREAGUST, 1992; 1994; DUARTE, 2005; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002; NEWTON, 2003) utilizando essa classificação. Ao que tudo indica, as analogias levantadas em seus trabalhos se enquadravam, natural ou, em alguns casos, arbitrariamente, nas três categorias.

Monteiro e Justi (2000), por exemplo, ao analisarem as analogias encontradas em livros didáticos brasileiros destinados ao ensino de Química no Ensino Médio, mostram ter encontrado, em ao menos duas obras, a analogia que compara a proporção entre o núcleo atômico e o átomo com a proporção entre uma pulga e um campo de futebol. As autoras não explicitam em qual das três categorias de Curtis e Reigeluth (1984) a analogia foi categorizada, sugerindo que a analogia se adequaria bem ao sistema. Entretanto, a semelhança entre os dois domínios, nesse caso, não é relacionado às formas dos objetos e muito menos à função.

A classificação das analogias de Curtis e Reigeluth (1984) foi alterada, dez anos depois, por Thiele e Treagust (1994), que, por vezes, em muitos trabalhos, são citados em preferência aos primeiros autores. A nova categorização, maior, utiliza as categorias da anterior e adiciona mais três categorizações possíveis: conteúdo do alvo, localização da analogia no texto e presença de limitação da analogia. Quanto à natureza da relação analógica entre alvo e base, as três categorias mantiveram-se.

Na classificação de Curtis e Reigeluth (1984, p. 103), entretanto, *structural relationship* é definida sinteticamente como a relação em que alvo e base “*have the same general physical appearance or be similarly constructed*” e *functional relationship* como os objetos analogados “*share similar functions*”. Thiele e Treagust (1994, p. 67) ampliam ambas as definições ao afirmar que “*in a structural analogy, the external or internal shape, size, or colour, etc., of the analog is shared by the target. In a functional analogy, the function or behaviour of the analog is attributed to the target*”.

A respeito disso, Rigolon (2013) apontou que, em diversas pesquisas sobre seu uso didático (MONTEIRO; JUSTI, 2000; RIGOLON, 2008; SOUZA; DINIZ; NAGEM, 2013), algumas analogias acabavam sendo classificadas em categorias que não condiziam a sua natureza analógica.

Também Mól (1999, p. 69), em sua pesquisa de doutorado, ao analisar as analogias publicadas na seção *Applications and Analogies* do *Journal of Chemical Education*, no período de 1932 a janeiro de 1999, mostrou ter problemas para o uso satisfatório do sistema classificatório de Curtis e Reigeluth (1984). O autor afirmou: “encontramos algumas analogias que não se enquadram em nenhum desses grupos e que podem constituir um quarto grupo, por terem em comum relações de igualdade caracterizadas por suas representações através de fórmulas matemáticas ou químicas”. Para resolver o impasse, acabou criando deliberadamente uma categoria adicional, a das *analogias de fórmula*.

Uma confusão de denominações e classificações parece ter se instalado. Mól (1999) exemplificou a analogia estrutural com as analogias de Pinto (1998), que são comparações entre proporções de tamanho de diversas bolas esportivas com proporções de átomos. O autor, coincidentemente ou não, acabou seguindo as recomendações de Thiele e Treagust (1994) sem citá-los.

Rosa, Pimentel e Terrazzan (2007), por exemplo, ao levantar as analogias de um livro didático de Química, citaram os referenciais teóricos de classificação de Mól (1999) e classificaram a analogia de proporção entre o tamanho de uma pulga e um estádio de futebol com a proporção entre o núcleo atômico e o átomo como uma analogia de fórmula. Se Mól

(1999), que cunhou a categoria *analogia de fórmula*, considerou que analogias de proporção de tamanho seriam analogias estruturais (THIELE; TREAGUST, 1994), a analogia da pulga foi erroneamente classificada como uma de fórmula. Resultados incongruentes assim demonstram a superficialidade das definições classificatórias das analogias, o que implicam em resultados imprecisos.

Souza, Santos e Nagem (2013), do Grupo de Estudos de Metáforas, Modelos e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (Gematec), ao estudarem as analogias presentes em livros da área da Saúde, também concluíram que haviam características compartilhadas entre alvo e base que não se enquadravam nos sistemas classificatórios anteriores. Os autores propuseram, então, em 2013, um novo sistema de classificação que, com relação ao vínculo analógico, dá bastante ênfase às propriedades dos objetos que atuam sobre os sentidos humanos e lançam o conceito de *analogia sensorial* (Quadro 5). Ademais, os autores separam a categoria *analogia funcional* em duas, funcional e processual. Ressalta-se que Souza, Santos e Nagem (2013) não incluem a analogia de fórmula de Mól (1999).

Segundo os autores (SOUZA; SANTOS; NAGEM, 2013, p. 3436-3437), “os resultados mostraram a necessidade de ampliar o sistema de classificação utilizado no ensino de ciências de modo a contemplar as analogias encontradas no presente estudo. [...] Ela é flexível de modo a ser reconstruída e se aplica a outras áreas do conhecimento”.

Quadro 5. Classificação de analogias para o ensino na área da Saúde de acordo com a natureza do vínculo analógico.

Tipologia		Caracterização: Quando a vinculação entre alvo e base ocorre por semelhança...
Estrutural		...na forma e/ou estrutura.
Funcional		...na função.
Estrutural/Funcional		...na função e na forma e/ou estrutura.
Processual		...de processos.
Sensorial	Visual	...de cor.
	Auditiva	...de som.
	Olfativa	...de odor.
	Gustativa	...gustativa (sabores).
	Tátil	...tátil (sensação térmica, aspereza, viscosidade).

Fonte: SOUZA; SANTOS; NAGEM (2013, p. 3434).

No mesmo ano, Rigolon (2013) propõe uma nova classificação para a relação analógica, incluindo as categorias de Mól (1999) e Souza, Santos e Nagem (2013), de modo a suplantarem as categorizações de Curtis e Reigeluth (1984) e Thiele e Treagust (1994). O autor emprega o conceito de *analogia quantitativa* e, além de rearranjar as demais categorias, as agrupa sob o conceito de *analogia qualitativa*.

Os sistemas de classificação das analogias estão em processo de consolidação ainda e demandam mais estudos. Curtis e Reigeluth (1984) já afirmavam que esses esquemas devem se ajustar para melhorar a pesquisa sobre analogias no ensino e a utilização das analogias pelos livros e professores:

Further research and analysis is recommended on the use of analogies in written text in order to continue to develop and test prescriptions such as the ones proposed here. Textbooks from a variety of content areas should be analysed for possible additions and modifications in this classification scheme. (CURTIS; REIGELUTH, 1984, p. 115).

3.2 APRESENTAÇÃO, CONSTITUIÇÃO E A NOVA CLASSIFICAÇÃO

Os avanços que estão sendo feitos em uma variedade de disciplinas científicas e tecnológicas, como a Astrofísica, a Química, Ciências Ambientais e da Terra, Biotecnologia e Nanociência. Como os avanços em ferramentas para observar e manipular objetos físicos e naturais ultrapassam os limites da exploração científica para escalas muito grandes e muito pequenas, há desafios continuamente emergentes para os professores ajudarem os alunos a conceituar significativamente esses tamanhos que existem fora de sua faixa experimental (JONES *et al.*, 2013).

A capacidade do ser humano em lidar com escalas extremamente pequenas ou extremamente grandes é muito limitada. A natureza capacitou os humanos para bem compreenderem tamanhos aproximados ao do corpo humano, na ordem de metros, e a noção de tempo em torno do tempo médio de vida humana. Nanômetro e ano-luz e picossegundo e milhão de anos, por exemplo, são micro e macromedidas de distância e tempo de difícil entendimento. De acordo com o biólogo britânico Richard Dawkins (2001, p. 239), o cérebro humano foi construído para lidar com faixas estreitas de tamanhos e tempos. Presumivelmente, os ancestrais humanos “não tinham necessidade de lidar com tamanhos e tempos fora da faixa estreita que abrange os assuntos práticos cotidianos, por isso nunca evoluiu em nosso cérebro a capacidade de imaginá-los”.

Sobre essa questão, Primack e Abrams (2008, p. 41) afirmam que “o universo existe em escalas de tamanho, tais como o tamanho dos átomos, com o qual humanos não têm conexão consciente. O que acontece nessas escalas de tamanho está além da experiência humana – e talvez até além da nossa imaginação” Segundo os autores, os objetos do Universo encontram-se em escalas de tamanho exóticas sobre as quais a maior parte das pessoas nunca pensa.

Como a compreensão das medidas fora da escala humana é extremamente difícil e demanda um esforço cognitivo que nem sempre é suficiente, o entendimento do mundo microscópico é praticamente todo metafórico. “Antes do desenvolvimento de instrumentos que nos permitem ver criaturas e estruturas muito pequenas, como células e micróbios, teorizamos a respeito deles por meio de metáforas retiradas do mundo microscópico” (SARDINHA, 2007, p. 88).

Uma das estratégias que Dawkins usa em seus livros para transformar grandes escalas em pequenas é a analogia quantitativa, que compara a proporção das medidas de dois objetos com a de outros dois objetos. Dawkins (2001), ao considerar a cognição humana não consegue trabalhar com valores muito pequenos ou muito grandes, utiliza a analogia de proporcionalidade para explicar suas ideias. Dawkins (2005) relaciona tempo e distância para explicar o quão longe (no tempo) os humanos atuais estão dos ancestrais comuns aos chimpanzés. Se fosse possível que cada indivíduo desse as mãos ao seu pai e seu filho, formando uma corrente humana, essa corrente teria menos de quinhentos quilômetros. Em outra obra, Dawkins (2000, p. 27) afirma que “há cerca de 100 milhões de milhões de células num corpo humano, e a área total de estrutura membranosa dentro de cada um de nós chega a mais de oitenta hectares. Isso corresponde a uma fazenda respeitável”. O autor utiliza objetos visíveis do cotidiano, como ‘corrente humana’ e fazenda para ilustrar grandezas como tempo e área.

Pode-se dizer que, por mais brilhantes que fossem as ideias de Dawkins para denotar as quantidades presentes em suas informações, talvez não tivesse tanto sucesso em transmiti-las aos demais cientistas e até mesmo às pessoas leigas se não suavizasse o rigor científico por meio de suas analogias quantitativas. Dessa forma, a leitura fica mais inteligível e agradável, e não pesada e densa como nos típicos artigos científicos.

Segundo Pinto (1998, p. 725), “*such analogies help students to develop nonobservable pictures by comparing them to something observable with which they are familiar*”. É compreensível que os alunos, como qualquer outra pessoa, tenham dificuldades em compreender verdadeiramente o quão pequenos são, por exemplo, o protozoário *Paramecium* quando se afirma que este possui cinquenta micrômetros, o comprimento de onda da luz vermelha que tem setecentos nanômetros ou um átomo de cinco angstroms. Do mesmo modo, as distâncias astronômicas também se apresentam inimagináveis. Como um aluno interpreta a imensidade da distância entre a Terra e o Sol? Quando se diz que a Galáxia de Andrômeda está a dois milhões de anos-luz da Via Láctea, qual é a ideia de distância que é construída pelos aprendizes?

Tanto macro como micronúmeros apresentam dificuldades para a compreensão como também para cálculos. “As pessoas raramente pensam sobre átomos porque eles são tão pequenos comparados à escala de tamanho da consciência normal, e com as estrelas temos o mesmo problema na direção oposta” (PRIMACK; ABRAMS, 2008, p. 119). Uma forma encontrada para dar uma ideia dos tamanhos microscópios ou astronômicos é a comparação proporcional ou analogia de proporção.

As analogias de proporção são utilizadas pelos professores para possibilitar, de um modo mais fácil, a compreensão das relações entre dimensões extremas. Monteiro e Justi (2000), por exemplo, encontraram relações análogas entre as proporções núcleo/átomo e pulga/campo de futebol em livros didáticos de Química. Pinto (1998) mostra que se o átomo de hidrogênio tivesse o tamanho de uma bola de pingue-pongue, o átomo de cálcio teria o tamanho de uma bola de handebol e o de céσιο, o de uma de basquete. Ulianov (2010) explica o tamanho relativo entre próton, eletrosfera e o múon com uma analogia quantitativa. Segundo o autor, em uma representação mais realista, se o próton tivesse o tamanho de uma ervilha, a eletrosfera seria do tamanho de um campo de futebol enquanto que o múon teria o tamanho de uma *pizza*.

Os professores de Biologia também fazem uso desse tipo de analogia para explicar os tamanhos do mundo microscópico. Segundo Meneses, Ferreira e Nascimento (2010), alunos do 8º ano do Ensino Fundamental têm dificuldade em imaginar o real tamanho de uma célula e, muitas vezes, chegam a pensar que a célula é um órgão do corpo humano. Essa crença pode estar relacionada à influência das ilustrações de células dos livros didáticos, representadas como estruturas grandes, redondas e coloridas. Ao passo em que falta esclarecimento de que estas ilustrações são apenas modelos representativos para facilitar a compreensão, e não imagens fidedignas da realidade, os alunos não entendem que células são microscópicas e diferentes dos modelos que conhecem. Segundo as autoras, o conteúdo celular e molecular, devido ao seu aspecto microscópico, torna-se muito abstrato e de difícil compreensão para o aluno.

A analogia quantitativa ajuda o professor na tarefa de dimensionar as estruturas celulares. Engelstein (2015, p. 2), por exemplo, especificando os valores numéricos de sua analogia, mostra que “se uma célula média tivesse o tamanho de uma laranja, a espessura de sua membrana não ultrapassaria os 0,04 mm – mais fina que uma folha de papel de seda”. Trata-se de uma estratégia para mostrar como a membrana plasmática é extremamente fina. O professor trouxe as relações de tamanho entre célula e membrana por analogia para o plano macroscópico para que fossem mais bem evidenciadas pelos alunos. Torquato (2013) compara os tamanhos de um embrião humano, no decorrer das semanas de gestação, com os tamanhos de objetos conhecidos: na terceira semana, tem o tamanho de uma cabeça de alfinete (0,15 mm);

na oitava, um feijão (20 mm); e na nona, uma azeitona (30 mm). Trata-se de tamanhos visíveis ao olho nu, mas devido à impossibilidade de sua direta observação, o autor relaciona-os analogamente a outras estruturas.

Os exemplos fornecidos por Engelstein (2015) e Torquato (2013) mostram os dois tipos de analogias quantitativas que Rigolon (2013) apresenta. As analogias usadas em Embriologia são relações diretas de tamanho, ou seja, são *analogias de número* e a analogia citológica compara não diretamente os tamanhos, mas a razão entre eles, portanto é uma *analogia de proporção*. Respectivamente, são apresentadas pelas fórmulas matemática $a = k \times b$ e $a/b = c/d$.

As analogias de número comparam números reais que estão atribuídos à quantidade do objeto (ou de seus constituintes) ou quantidade de grandeza do objeto. [...] Nelas, as quantidades dos atributos podem ser iguais ($=$) ou não, como no caso das aproximações (\cong) e das desigualdades “maior que” e “menor que” ($<$, $>$). Dificilmente uma analogia quantitativa compara quantidades rigorosa e matematicamente iguais, pois o rigor das casas decimais não torna a comparação tão didática. As aproximações (\cong) ocorrem, portanto, em bem maior quantidade e as expressões de equidade ($=$) não devem ser lavadas ao pé da letra. (RIGOLON, 2013, p. 4).

As analogias de número são subdivididas em dois tipos: *analogias de unidade* e *analogias de grandeza*. As analogias de unidade comparam a quantidade de objetos de um conjunto para possibilitar entender o quão grande ou pequeno este número é. Para dar a ideia de sua grande ou pequena dimensão, o mesmo número é empregado em outros objetos de outro conjunto. Por exemplo: Evans (2015), para dar ideia da quantidade de pessoas que vão à Central de Abastecimento de Minas Gerais (Ceasa) por dia, compara-a com a população de Ouro Preto/MG, cerca de setenta mil pessoas; Sucupira (2011, p. 1) explica que, em 2007, os computadores de todo mundo calcularam $6,4 \times 10^{18}$ (ou 6,4 quintilhões) unidades de informação por segundo, o equivalente ao número de impulsos nervosos em um único cérebro humano. “Esse valor também é 315 vezes maior que o número de grãos de areia existentes no planeta”.

Nesses casos, Ouro Preto, impulsos nervosos e grãos de areia pertencem ao domínio base e o público da Ceasa as unidades de informação são do domínio alvo. De acordo com a Teoria do Mapeamento Estrutural (TME) de Gentner (1981)⁸, em que $M: B \rightarrow T$, os números

⁸ No decorrer do trabalho, algumas analogias quantitativas são apresentadas de acordo com a estrutura da TME de Gentner (1981). Seguindo o modelo original, não é colocado espaço entre o atributo e o parêntese que contém o objeto [ATRIBUTO(objeto)] ou entre a relação e o parêntese que contém os objetos [RELAÇÃO(objeto₁, objeto₂)].

(quantidade) são atributos dos objetos: QUANTIDADE(população de Ouro Preto) = QUANTIDADE(público diário da Ceasa); QUANTIDADE(impulsos nervosos), QUANTIDADE($315 \times$ grãos de areia) = QUANTIDADE(unidades de informação).

A analogia de unidade é diferenciada em relação à estrutural e à funcional (CURTIS; REIGELUTH, 1984) quanto ao tipo de predicado transferido entre os domínios. Em cada domínio, há apenas um objeto. O que a Ceasa e Ouro Preto têm em comum não é a forma e nem a função, mas o número de pessoas apenas. Do objeto mapeado no domínio base, apenas um atributo é transferido ao domínio alvo.

As analogias de grandeza funcionam da mesma forma que as de unidade, porém a quantidade nesse caso é de grandezas físicas ou químicas em vez de objetos (RIGOLON, 2013). As grandezas comparadas podem ser, por exemplo, comprimento, área, volume, tempo, velocidade, força, trabalho, tempo, energia, *etc.* que utilizam unidades de medida pertencentes ou não ao Sistema Internacional (BIPM, 2014). Por exemplo: de acordo com Barbosa (2000), um cogumelo-de-mel dos EUA é o maior ser vivo do mundo com área superior a 890 hectares ou 47 estádios do Maracanã, maior do que a Enseada do Botafogo, no Rio de Janeiro/RJ.

Na TME, $\text{ÁREA}(47 \text{ Maracanãs}) = \text{ÁREA}(\text{fungo})$ e $\text{ÁREA}(\text{Enseada do Botafogo}) < \text{ÁREA}(\text{fungo})$. Assim como na analogia de unidade, cada domínio tem apenas um objeto e apenas um atributo do domínio base é transferido ao domínio alvo.

As analogias de proporção “comparam as razões entre as grandezas de dois objetos com as de outros dois objetos ou mais. Neste caso, não se comparam os atributos, como nas analogias de número, mas relações entre os objetos de cada domínio” (RIGOLON, 2013, p. 4). Por exemplo, na analogia apresentada por Pinto (1998), se o átomo de hidrogênio fosse do tamanho de uma bola de pingue-pongue, o átomo de cálcio teria o tamanho de uma bola de handebol e o de céσιο, o de uma de basquete. Pela TME, $\text{PROPORÇÃO}(\text{bola de pingue-pongue, bola de handebol, bola de basquete}) = \text{PROPORÇÃO}(\text{átomo de hidrogênio, átomo de cálcio, átomo de céσιο})$. Na analogia de proporção, os atributos dos objetos não são transferidos, mas apenas a relação de proporção (Figura 15).

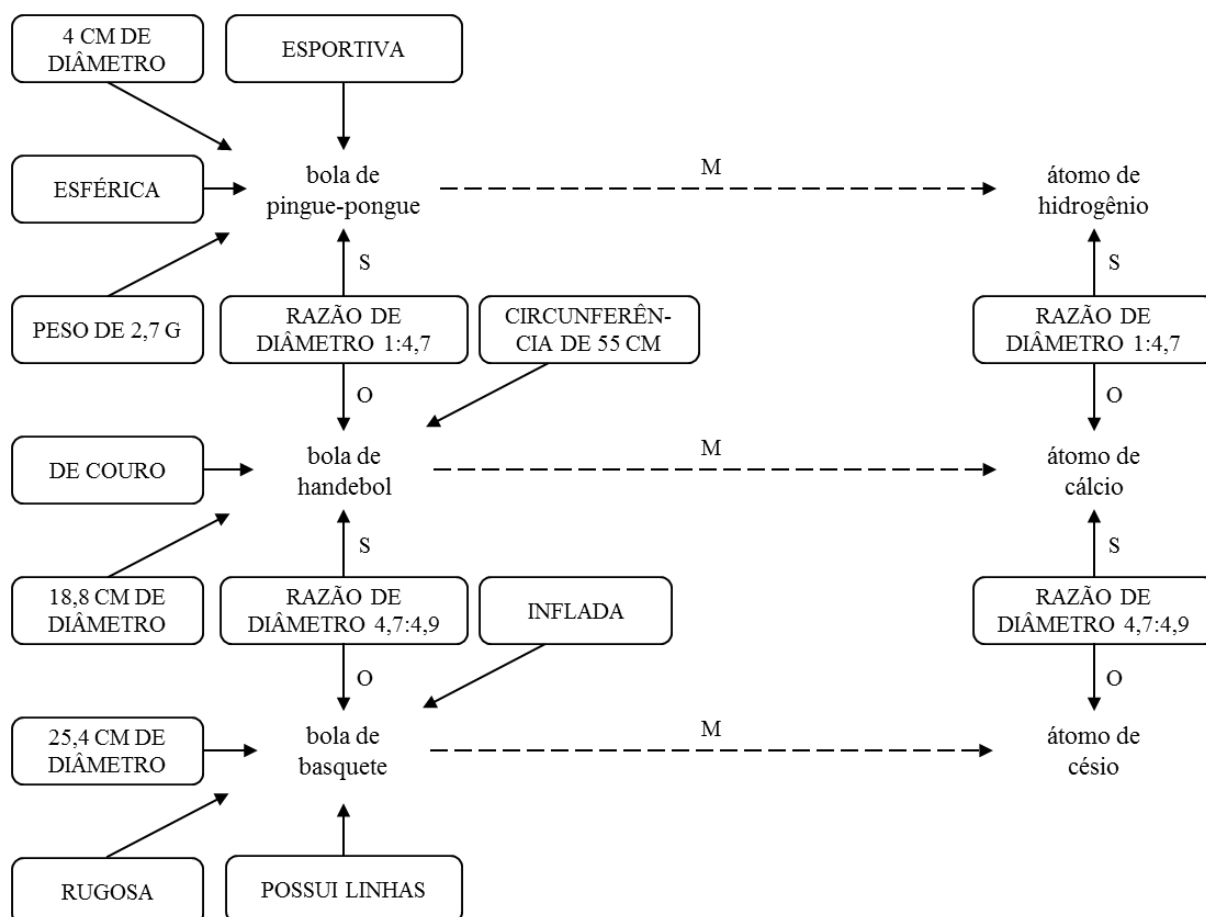


Figura 15. Mapeamento estrutural da analogia entre bolas e átomos.

Nota: S = 'sujeito de', O = 'objeto de', M = 'mapeamento'.

A analogia das proporções entre hidrogênio, cálcio e céσιο não é uma analogia estrutural, do tipo “os átomos são como bolas”, na qual os analogados possuem o formato esférico e uma ordem de tamanho como semelhança de predicados. Neste caso, o interesse na comparação entre os átomos e as bolas é meramente numérico, matematicamente chamado de razão (Figura 16). A diferença entre as duas é que a analogia estrutural proporciona a construção de um modelo mental de formato e a analogia proporcional apenas indica a proporção entre uma grandeza física, no caso, o tamanho do diâmetro.

Como o processo de elaboração de uma analogia quantitativa acaba sendo mais laborioso que o da estrutural e da funcional, por envolver relações matemáticas e, em muitos casos, a resolução de contas para encontrar a razão entre as grandezas, é necessário entendê-la como uma categoria à parte das propostas por Curtis e Reigeluth (1984).

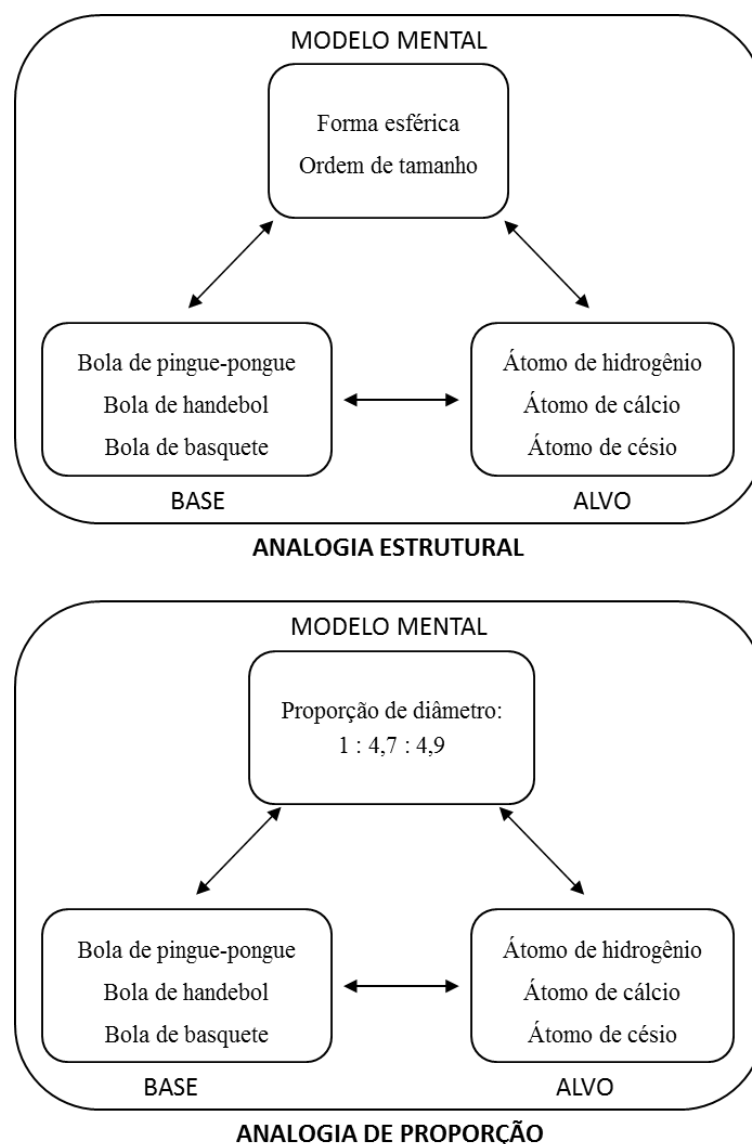


Figura 16. Diferença entre as relações analógicas estrutural e proporcional
Baseado em Rigolon (2013, p. 3).

Finalmente, a classificação proposta por Rigolon (2013), que separa as analogias em quantitativas e qualitativas, pode ser sintetizada:

1) ANALOGIAS QUANTITATIVAS: relacionadas a propriedades quantificáveis.

1.1) **ANALOGIAS DE NÚMERO:** comparam atributos dos objetos, que são números. Relação $a = k.b$.

1.1.1) Analogias de unidade: os atributos são quantidade de coisas ou seres. *E.g.:* Desmatamento da Amazônia afetou número de pássaros equivalente à população de Nova Iorque. “Há mais ou menos tantas galáxias brilhantes no universo visível quanto há pessoas na Terra, e galáxias apagadas em muito maior quantidade” (PRIMACK; ABRAMS, 2008, p. 113-114). Pela TME, $M: \text{QUANTIDADE}(\text{objeto}_1) \rightarrow \text{QUANTIDADE}(\text{objeto}_2)$.

1.1.2 Analogias de grandeza: os atributos são quantidades de grandeza. *E.g.:* Em seis meses, Amazônia perdeu área equivalente à do Estado de São Paulo. O comprimento do fungo equivale a dois campos de futebol. O volume de água coletado poderia encher cinco piscinas olímpicas. A máquina coleta, por dia, n quilogramas, o equivalente ao trabalho de quarenta homens. Pela TME, M: GRANDEZA(objeto₁) → GRANDEZA(objeto₂).

1.2) ANALOGIAS DE PROPORÇÃO: comparam as relações dos objetos com a de outros objetos, que são razões de proporção entre quantidades. *E.g.:* Se um mosquito tivesse o peso de uma criança, uma gota de chuva teria o peso de um carro. Relações $a/b = c/d$ e $a/b = b/c$. Pela TME, M: PROPORÇÃO(objeto₁, objeto₂) → PROPORÇÃO (objeto₃, objeto₄).

2) ANALOGIAS QUALITATIVAS: relacionadas a propriedades qualitativas não quantificadas. As analogias puramente qualitativas comparam relações e atributos que não podem ser mensurados numa escala linear, isto é, propriedades qualitativas sem variação de grau ou magnitude. Em termos matemáticos, não se pode dizer, e nem é interessante, que os atributos são iguais (=) ou próximos (\cong), mas, qualitativamente, semelhantes, similares (\approx).

2.1 ANALOGIAS DE ESTRUTURA: comparam características próprias dos objetos de sua constituição, estado ou condição.

2.1.1 Analogias de forma: privilegiam as configurações geométricas ou espaciais externas (*e.g.:* Os rins parecem feijões.) ou a organização dos objetos de um sistema (*e.g.:* O projeto da escola se assemelhava a uma taba, com as ocas em círculo. O átomo parece o Sistema Solar).

2.1.2 Analogias de fórmula: é uma analogia “em que as similaridades entre os conceitos estão na fórmula que os representa” (MÓL, 1999, p. 71). As analogias de fórmula podem abranger expressões matemáticas, equações químicas ou fórmulas físicas, nas quais as estruturas formulares são iguais. *E.g.:* $\omega = \omega_0 + at$ é análogo a $v = v_0 + at$ (BOZELLI; NARDI, 2007).

2.1.3 Analogias de sentido: os atributos são propriedades que atuam sobre os sentidos humanos em aspectos qualitativos (cheiro, sabor, textura, som). *E.g.:* A secreção possuía um cheiro parecido com ovo podre. O gambá fede como um cadáver.

2.1.4 Analogias de qualificação: comparam atributos que qualificam o objeto ou a ação. A qualificação pode ser objetiva e mensurável, (*e.g.,* A girafa é alta como uma árvore. O animal é veloz como um carro. A nuvem é pesada como um elefante.) ou subjetiva e imensurável (*e.g.,* Ele é rápido como um guepardo. Ambiente cheiroso como flores.).

2.2 ANALOGIAS DE AÇÃO: comparam ações, funções, atitudes, processos, fenômenos, movimentos, transformações, comportamentos, *etc.*, efetuados ou sofridos pelos

objetos. As ações podem ser mentais (sentimentos, sensações, ações cognitivas), virtuais (que ocorrem em representações das ações reais) ou concretas (ações físicas). *E.g.*: João ama Maria como Romeu amava Julieta. O avião voa como um pássaro. A curva do gráfico subiu como um foguete. O objeto age como se fosse uma mola. O coração é como uma bomba hidráulica.

2.3 ANALOGIAS DE ESTRUTURA E AÇÃO: são as analogias que combinam características de analogia de estrutura e de ação.

Comparando a classificação pela relação analógica de Rigolon (2013) com as anteriores, é possível compor um quadro comparativo (Quadro 6).

Exemplo de analogia										
Classificação	O sistema imune age como um exército.	A argila foi amassada como um pão.	O átomo é como o Sistema Solar.	Secreção da candidíase parece coalhada.	O fibroadenoma parece um abacate.	A moça é bonita como uma flor.	$\omega = \omega_0 + at$ é análogo a $v = v_0 + at$.	O Sol está para a Terra assim como uma bola de tênis está para um grão de areia.	O embrião é do tamanho de um feijão.	Há 10 vezes mais estrelas no universo que grãos de areia na Terra.
	Curtis e Reigeluth (1984)	-	<i>structural-functional analogy</i>	<i>structural analogy</i>	-	-	-	-	-	-
Thiele e Treagust (1994)	<i>functional analogy</i>	<i>functional analogy</i>	<i>structural-functional analogy</i>	<i>structural analogy</i>	-	-	-	-	<i>structural analogy</i>	-
Mól (1999)	analogia funcional	analogia funcional	analogia estrutural-funcional	analogia estrutural	-	-	analogia de fórmula	-	-	-
Souza, Santos e Nagem (2013)	analogia funcional	analogia processual	analogia estrutural-funcional	analogia sensorial	analogia estrutural	-	-	-	-	-
Rigolon (2013)	analogia qualitativa									
	analogia de ação	analogia de estrutura e ação	analogia de estrutura	analogia de sentido	analogia de forma	analogia de qualificação	analogia de fórmula	analogia de proporção	analogia de grandeza	analogia de número

Quadro 6. Quadro comparativo das classificações das analogias segundo a natureza da relação análogica.

3.3 OBJETOS DA ANALOGIA QUANTITATIVA

Muitos estudantes têm dificuldade no que se refere a estimativas de ordens de grandeza (LIVI, 1990; JONES *et al.*, 2013). O objetivo da analogia quantitativa é o de tornar quantidades e medidas mais fáceis de serem mentalmente entendidas e, assim, mais bem compreendidas. Como qualquer analogia, utiliza-se um domínio conhecido (base) para explicar um domínio desconhecido (alvo).

Normalmente, no domínio desconhecido, estão conceitos relacionados a objetos que não podem ser observados, analisados, manipulados e/ou experimentados de imediato por vários motivos. Esses objetos são comumente comparados a outros de tamanho perceptível aos humanos, mais presentes no cotidiano, de conhecimento geral, de boa visibilidade e entendimento. Exemplos:

- *muito grandes*: são objetos demasiado grandes em relação aos humanos, seja no âmbito da Terra ou astronômico. Estando na Terra, podem até serem visualizados, mas não por inteiro, como, por exemplo, um rio extenso ou uma reserva natural. Sendo objetos celestes, estão tão longe que a noção de seu tamanho se finda por causa da perspectiva da visão humana, como a Lua e o Sol, ou então estão fora do alcance da visão da Terra, como a Via Láctea e outras galáxias. Ragazzi (2014), por exemplo, explica que se o Sol fosse reduzido ao tamanho de um glóbulo branco, na mesma escala, o tamanho da Via Láctea seria equivalente aos Estados Unidos.

- *microscópicos* ou submicroscópicos: objetos que não são visíveis a olho nu como tecido, célula, organela, vírus, molécula, átomo, *quark*, *etc.* Um exemplo é a analogia entre átomos e bolas esportivas (PINTO, 1998).

- *numerosos*: quanto maiores os números, mais difíceis são de serem imaginados. Por isso, muitas vezes, se relaciona número de pessoas em um evento ou lugar com a população de outro lugar, uma determinada quantia alta como o equivalente em outros produtos, *etc.* Às vezes, números na ordem de milhão, bilhão, trilhão e assim por diante perdem o sentido e ficam todos numa categoria mental dos ‘números enormes’. Em exemplo bem interessante é a comparação da quantidade de objetos pela quantidade de unidades de tempo. Mil segundos (10^3 s) equivalem a quase meia hora ao passo em que um milhão de segundos (10^6 s) a 11 dias e meio, um bilhão de segundos (10^9 s) a 31,7 anos, um trilhão de segundos (10^{12}) a 31,7 milênios e um quadrilhão a 31 milhões de anos. Há 31 milhões de anos, a Terra estava no Oligoceno e a América do Sul se separava da Antártida.

- *distantes*: não necessariamente são objetos grandes ou pequenos, mas apenas estão longe para serem vistos pessoalmente. Oliveira (2015) informa que o Patriarca, o jequitibá-rosa considerado a árvore mais velha do Brasil, tem altura equivalente ao de um prédio de 13 andares, tronco com circunferência tamanha que seriam necessários 10 homens para abraçá-lo, peso total igual ao de 53 elefantes e volume de madeira suficiente para fabricar 15 000 cadeiras.

- *internos*: objetos que são de difícil visualização por estarem internos em uma estrutura, como os órgãos de um organismo ou peças de uma máquina. É, por exemplo, a analogia que compara um óvulo (ovócito II) humano com um ponto final.

- *perigosos*: objetos cuja manipulação e/ou mera observação direta ofereça algum risco, como, por exemplo, bombas, projétil (arma), veneno, radiação, *etc.*

- *invisíveis*: objetos que, por sua natureza, não podem ser visualizados a olho nu como magnetismo, som, massa de ar, *etc.*

- *abstrações*: são objetos especiais por não terem existência concreta e, portanto, perceptíveis e mensuráveis por meio de instrumentos. Podem ser conceitos, ideias, sentimentos, sensações, *etc.* Joly (2013, p. 52) apresenta uma analogia exemplar ao afirmar que “apesar dos esforços contínuos, o conhecimento sobre a biodiversidade brasileira pode ser sintetizado como um oceano de dados, rios de informações, igarapés de conhecimento, gotas de compreensão e gotículas de uso sustentável”.

As analogias de grandeza e de proporção comparam a quantidade de grandezas físico-químicas entre dois ou mais objetos. A maioria correlaciona tamanhos e distâncias, mas outras grandezas podem ser comparadas também. Podem ser listados alguns exemplos de analogias quantitativas com várias grandezas do SI (BIPM, 2014):

- *Comprimento*: o jequitibá-rosa Patriarca tem 40 metros de altura, o equivalente a um prédio de 13 andares (OLIVEIRA, 2015).

- *Massa*: o peso bruto do Patriarca foi calculado em 264 toneladas, o equivalente a 53 elefantes com peso médio de cinco toneladas (OLIVEIRA, 2015).

- *Tempo*: “Para montar o telescópio de um metro, o grupo brasileiro levou o mesmo tempo que uma organização internacional planeja para erguer um de 40 m” (RIGOLON, 2013, p. 4).

- *Corrente elétrica*: os relâmpagos, em geral, têm uma intensidade de 30 mil amperes, o equivalente a mil vezes à intensidade de um chuveiro elétrico (MAIA, 2010).

- *Temperatura termodinâmica*: a temperatura no reator *tokamak* é de 150 milhões de graus Celsius, dez vezes mais quente do que o interior do Sol (ORICCHIO, 2013).
- *Quantidade de matéria*: assim como uma dúzia é igual a 12, um mol equivale a $6,02 \times 10^{23}$ (ROSA; PIMENTEL; TERRAZZAN, 2007).
- *Intensidade luminosa*: uma garrafa PET com água no teto (lâmpada Moser) com incidência solar tem intensidade luminosa equivalente ao de uma lâmpada de 60 W (VIEIRA; BROCANELI, 2011).
- *Área*: um fungo da espécie *Armillaria ostoyae* nos EUA tem área maior que a Enseada do Botafogo no Rio de Janeiro (BARBOSA, 2000).
- *Volume*: A estrela Betelgeuse “é um gigante vermelho tão monstruosamente maior do que o nosso Sol que poderia encher a órbita de Marte. A Terra é um mero pedregulho a seu lado” (PRIMACK; ABRAMS, 2008, p. 190).
- *Velocidade*: “Para percorrer sua trajetória, o espermatozoide necessita nadar 11 centímetros por hora (equivalente a um homem atravessar uma piscina de 50 metros em 5 segundos)” (LOPES; ALVES; SILVA, 2008, p. 51). Se a luz se movesse na velocidade de uma bala de rifle (4 800 km/h), a bala teria a metade da velocidade de uma lesma (33 cm/min) (GEORGALIS, 2012).
- *Aceleração*: a lagosta-boxeadora possui duas poderosas patas dianteiras que, quando acionadas, são capazes de impelir um golpe com aceleração equivalente à de um disparo de uma arma do calibre 22 (BURGAN, 2014).
- *Densidade*: Uma estrela anã branca tem “metade da massa do Sol comprimida no tamanho da Terra. Uma colher de chá de anã branca teria uma massa de várias toneladas” (PRIMACK; ABRAMS, 2008, p. 121).
- *Concentração*: na Homeopatia, “Hahnemann recomendava o uso de fármacos em diluições de 1:1060, o equivalente a uma molécula em uma esfera do tamanho da órbita de Netuno” (RANG; DALE, 2007).
- *Ângulo*: um anel de emissões de raio gama recém-descoberto é tão grande que, ocupa um arco de 36 graus na abóbada celeste - 60 vezes maior que a Lua (MARTON, 2015).
- *Frequência*: um gerador de 2MVA “ao gerar uma harmônica de 875 Hz gerava um ruído equivalente a uma nota musical lá no sistema de rádio impossibilitando as transmissões” (PENIN Y SANTOS, 2011, p. 31).

- *Força*: os gatos puxam sua língua para cima para criar a coluna d'água com uma força que equivale a duas vezes a força da gravidade enquanto os cães criam uma força de até oito vezes a da gravidade (ESTUDO..., 2014).
- *Pressão*: as garrafas de champanhe recebem uma pressão equivalente a de um pneu de caminhão (DIAS, 2015).
- *Energia*: “Primeira aplicação prática da energia nuclear: bomba nuclear; energia liberada de forma descontrolada = 12 ktons (equivalente a 12 000 toneladas de dinamite)” (GALLAS, 2015).
- *Potência*: Cientistas da universidade de Osaka afirmam ter disparado um feixe de *laser* de 2 petawatts, valor mil vezes maior do que todo o consumo de eletricidade do planeta (GARCIA, 2015).
- *Potencial elétrico*: o potencial elétrico do raio é de 100 milhões de volts, o equivalente a 1 milhão de vezes a tensão de uma tomada residencial (MAIA, 2010).
- *Dose equivalente*: Um exame de raios X do tórax e da pelve fornecem, respectivamente, doses de radiação equivalente a 10 (0,08 mSv) e 54 dias (0,44 mSv) de radiação natural, de uma só vez.

A quantidade de grandezas químicas e físicas, que podem ser representadas por analogias quantitativas, é imensa mesmo porque a própria quantidade de grandezas derivadas também o é. De maneira geral, qualquer propriedade que possa ser mensurada quantitativamente, principalmente taxas, pode ser comparada a outra, por meio de analogia, como, por exemplo, produtividade, crescimento, morbidade, dilatação, *etc.*

3.4 CONCEITOS CORRELATOS ÀS ANALOGIAS QUANTITATIVAS

Para que não haja confusão conceitual, é importante definir alguns termos correlatos às analogias quantitativas. Da mesma forma que as analogias qualitativas podem ser confundidas com outras figuras sintáticas e de linguagem e, até mesmo, dependendo da intenção, colocadas no grande grupo das comparações, as analogias quantitativas também podem ser adaptadas para terem outra apresentação escrita.

O conceito de **escala** é correlacionado ao de analogia quantitativa, pois ambas precisam da noção de proporção para serem entendidas. Nos dois casos, o entendimento inclui a habilidade de conceitualizar tamanhos, quantidades e unidades de medida abstratas que

definem esses constructos. Escala é definida por Houaiss (2009) como a relação entre as dimensões de um desenho e o objeto por ele representado. Os mapas frequentemente são apresentados informando a escala na qual foram produzidos, relacionando a medida de grandeza real com a escalar (a da representação).

As analogias quantitativas podem também ser acompanhadas de ilustração, modelos concretos ou modelos virtuais [*pictorial-verbal analogies* de Curtis e Reigeluth (1984)]. A proporção entre os diâmetros da Terra e da Lua podem bem ser representados por desenhos no quadro-negro. Se a comparação, porém, mantém apenas pelos desenhos e não aludem a outros objetos, trata-se meramente de uma representação em escala (HOUAISS, 2009; JONES *et al.*, 2013) e não de uma analogia.

Outros conceitos correlatos podem tornar a comparação quantitativa menos interessante para a ciência e seu ensino, pois tendem ao implícito e ao subjetivo.

Na **metáfora** o significado é transposto de um domínio ao outra sem que seja especificado e dependerá da sensibilidade do receptor para compreender que elemento é interessante de se extrair da base para o alvo num determinado momento (GUIMARÃES; LESSA, 1988). Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005) entendem a metáfora como uma analogia condensada e, tratando-se de quantidades, ela também assim o pode ser.

Enquanto a analogia quantitativa emprega como conectivos elementos como “equivale a”, “é equivalente a”, “se *a* tivesse a grandeza física de *b*, *c* teria a de *d*”, “maior que”, “menor que”, *etc.*, a metáfora usa muito a afirmativa “é”. Por exemplo, Primack e Abrams (2008, p. 190), explicando o tamanho da estrela Betelgeuse, afirmam que “a Terra é um mero pedregulho ao seu lado”. Os autores trazem para a escala humana uma comparação entre tamanhos astronômicos. A Terra, *de facto*, não tem nada de pedregulho, nem em forma e nem em função, além da sua proporção em relação à Betelgeuse. Cabe ao leitor perceber que a comparação é apenas quantitativa.

A **metonímia** é de certa forma parecida com a metáfora. De acordo com Houaiss (2009) a metonímia “consiste no uso de uma palavra fora do seu contexto semântico normal, por ter uma significação que tenha relação objetiva, de contiguidade, material ou conceitual, com o conteúdo ou o referente ocasionalmente pensado”. Recoeur (2000, p. 206) afirma que a metáfora “não difere da metonímia porque a associação se faz aqui por semelhança no lugar de se fazer por contiguidade. [...] A teoria da metonímia de modo algum faz apelo a tal troca entre o discurso e a palavra”.

Quando Resende (2015) afirma que uma quadrilha teria desmatado 30 *campos de futebol* por ano no Paraná, faz uso de uma metonímia derivada de uma analogia quantitativa.

Propriamente dito, a quadrilha desmatou áreas florestais de equivalência à área de 30 campos futebolísticos e não os campos em si. Dessa forma, o objeto do domínio base pode passar a funcionar como uma unidade de medida. No Brasil, o campo de futebol é bastante empregado como unidade de área, assim como piscinas olímpicas para volume. Os primeiros nomes da humanidade para medidas de grandezas foram justamente os nomes de objetos a que essas medidas equivaliam. Hoje, um pé é reconhecido como uma unidade de comprimento do sistema anglo-saxão, correspondente a 30,48 centímetros no sistema métrico decimal (HOUAISS, 2009), mas houve uma época em que o pé era metonímico. Se alguém dissesse que viu “uma serpente de três pés” e isso fosse entendido de modo literal, haveria ali uma aberração, uma mentira ou uma alucinação. Por metonímia, era apenas uma cobra de cerca de 90 centímetros. Semelhantemente, o emprego metonímico para medidas aconteceu para diversas partes do corpo humano, “o primeiro e mais antigo sistema de medidas” (CREASE, 2013, p. 12), como plegada, palmo, cúbito, braça, *etc.*

O segundo passo para que essas palavras tomadas como medida se consolidem para esse desígnio é o fenômeno da **catacrese**. Houaiss (2009) define essa figura de linguagem como uma metáfora já absorvida pelo uso comum da língua, de emprego tão corrente que não é mais tomada como tal, e que serve para suprir a falta de uma palavra específica que designe determinada coisa. Ricoeur (2000) afirma que a catacrese existe quando a palavra deixa de ter sentido metafórico e passa a ter um novo significado. O autor afirma que, pelo fato de às línguas faltarem signos para todas as ideias, a catacrese consolida novos significados.

A catacrese, em geral, consiste em que um signo já afetado por uma primeira ideia o seja também por uma nova ideia que ela mesma não tenha possuído ou não tenha outra própria na língua. Ela é, por consequência, qualquer tropo de uso forçado e necessário, qualquer tropo do qual resulte um sentido puramente extensivo; [...]. (RICOEUR, 2000, p. 103).

A catacrese poderia ser o que Nagem *et al.* (2003, p. 10) chamam de analogia congelada, “quando os termos já são utilizados há anos, não trazendo nenhuma surpresa ao leitor (congelada)”.

Segundo Sardinha (2007, p. 21), “as figuras de linguagem muitas vezes são associadas a uma visão prescritiva de língua. Por exemplo, a catacrese é prescrita como um uso indevido, mas tolerado por já ter se tornado comum. ‘Bulbilho’ seria o termo certo para dizer ‘dente de alho’.”

O exemplo da “serpente de três pés” começou historicamente como uma metonímia e hoje já é uma catacrese. Outras unidades de medida para outras grandezas também tiveram seus

nomes cunhados por associação de equivalência à medida de objetos. Houaiss (2009) explica que o cavalo-vapor (*horsepower*) é uma unidade de medida de potência equivalente a 735,5 watts. Foi introduzida em 1782 para a medida da potência de máquinas a vapor definida a partir do esforço do trabalho de um cavalo para elevar verticalmente 528 pés cúbicos de água até uma altura de 1 metro em um minuto. O que começou como uma analogia de grandeza passou de metonímia num primeiro momento e à catacrese num segundo.

Quando obedece aos valores reais dos objetos, como fazem a metonímia e a catacrese, a metáfora, ainda sim, mesmo com suas limitações referentes à subjetividade, tem valor na comunicação e no ensino. Isso, sobretudo, deve ter seus cuidados de uso inerentes para evitar erros conceituais. A **hipérbole**, por sua vez, para fins científicos, deve ser evitada ou utilizada com bastante cautela, considerando a mensagem que se quer passar, pois resulta do exagero da característica do objeto (HOUAISS, 2009). Quando a hipóbole é tomada de modo literal, a noção de tamanho fica totalmente comprometida. Por exemplo, o poeta Olavo Bilac diz em sua poesia *Alvorada do Amor*: “Rios te correrão dos olhos, se chorares!”. A equivalência entre o volume de lágrimas e o de um rio, obviamente, é hiperbólica.

Ainda sobre maneiras de se ilustrar números e medidas, podem se incluir os **pseudonumerais**, que são expressões de cunho informal que simulam a função de um numeral (HOUAISS, 2009). Da mesma forma que algumas analogias de qualificação e alguns adjetivos não mostram a verdadeira medida do objeto, o pseudonumeral não informa a quantidade. Quando se fala que alguém tem “um zilhão de tarefas”, só se sabe que são muitas, mas não quantas. O mesmo vale para trocentos, multilhão, *etc.* (a maioria neologismos). Estritamente, os pseudonumerais tendem à hipóbole e, por isso, devem ter uso evitado nas informações científicas.

Nesse sentido, até a **analogia de qualificação** proposta por Rigolon (2013), quando sugere uma interpretação não literal da característica, corre o risco de propiciar um conceito errado. Em um programa de TV, por exemplo, um participante afirmou que “a lagosta era grande como um jacaré”. Ao pé da letra, a informação seria falsa, pois as medidas não se equivalem para animais adultos. Nesse caso, a comparação também foi uma hipóbole.

Existe uma sutil diferença entre classificar uma analogia como qualitativa, analogia de qualificação, ou como quantitativa para comparar uma medida entre dois objetos. Quando se diz, por exemplo, que um objeto A é grande (alto, largo, fundo, espesso, *etc.*) como um objeto B, está-se o qualificando, pois tal atribuição é uma qualidade relativa que depende de um comparativo. Ser grande ou pequeno é sempre em comparação a alguma coisa. “Assim como os tamanhos, o número que define um tamanho não lhe diz se algo é ‘grande’ ou ‘pequeno’.

Ele só ajuda a compará-lo com alguma outra coisa” (PRIMACK; ABRAMS, 2008, p. 190). Portanto, afirmar que “A é alto como B” é uma analogia de qualificação, mas afirmar que “A tem altura de B” ou “A tem altura equivalente a B” é uma analogia quantitativa, mais precisamente uma analogia de grandeza.

Se as analogias quantitativas podem ser condensadas a metáforas, estas podem também serem condensadas a um adjetivo. As **adjetivações** expressam qualidades de tamanho a objetos, muitas vezes, conferem medidas irreais ou não dão a ideia precisa da medida. Primack e Abrams (2008, p. 190) afirmam que a ciência precisa de uma língua na qual possa discutir as medidas “sem cair em palavras vagas como ‘imenso’, ‘minúsculo’ ou a mais enganosa de todas, ‘infinito’. (Só porque um tamanho é grande demais para percebermos não quer dizer que ele é literalmente sem limites.)”.

Em alguns casos, é difícil saber se o adjetivo é metafórico ou literal. Adjetivos como faraônico, gigantesco, ciclópico, homérico, hercúleo, titânico, *etc.* fazem referência a seres (faraós, gigantes, ciclopes, Homero, Hércules, Titãs), para os quais não há medidas exatas mensuráveis e, portanto, inapropriadas para dar a noção de tamanho. Certamente, são metafóricos. Válidos para tal propósito são os adjetivos que fazem jus à comparação proporcional, como dizer que “um planeta tem proporções jupiterianas” (tamanho de Júpiter), “uma carreta elefântica” (peso de um elefante), “um micélio de dimensões bacterianas” (tamanho de uma bactéria), “um crime holocáustico” (quantidade de mortos equivalente à do Holocausto), entre outros. Mas, enfim, até que ponto a qualidade “elefântica” deve ser literalmente interpretada? Aliás, como saber que tipo de interpretação deve ser dada?

Por tantas questões relacionadas às analogias quantitativas, é importante que se tenha em mente quais passos e aspectos devem ser considerados e explicitados aos utilizá-las para o ensino de conteúdos científicos.

3.5 ELABORAÇÃO E USO DE ANALOGIAS QUANTITATIVAS

Para as analogias qualitativas existem uma gama grande e variada de estudos sobre sua aplicação no ensino, especialmente o das disciplinas científicas. Já foi verificado o emprego dessas analogias nos livros didáticos, nos textos de divulgação científica, na didática docente e até pelos alunos. Duarte (2005) relaciona as potencialidades e os cuidados inerentes à analogia no ensino. Oliva Martínez *et al.* (2003) revelam que, apesar de ser bastante usada pelos professores, estes a veem como um recurso didático complementar, inferior. Bozelli e Nardi

(2005) e Francisco Júnior (2010) frisam que a analogia, quando mal utilizada, pode criar ou reforçar concepções alternativas. Considerando esses e outros fatores, Zeitoun (1984), Brown e Clement (1989), Cachapuz (1989 *apud* FABIÃO; DUARTE, 2006), Glynn (1991), Wong (1993a), Galagovsky e Aduriz-Bravo (2001), Nagem, Carvalhaes e Dias (2001) e Salih (2008) desenvolveram modelos sistematizados de ensino com analogias.

As analogias quantitativas, por serem recém-estabelecidas como categorias de relação analógica (RIGOLON, 2013), evidentemente não possuem ainda um modelo sugerido a ser seguido para seu uso didático. As estratégias a serem estudadas para esse uso podem se amparar em alguns pontos dos modelos existentes, mas pela diferença da natureza dos atributos comparados, precisam de um modelo a ser desenvolvido bastante diferenciado.

A proposição de um modelo de ensino com analogias quantitativas demanda mais pesquisas, com prioridade às empíricas. Pode-se, entretanto, *a priori*, por raciocínio dedutivo transpor de forma adaptada algumas considerações das analogias qualitativas para as quantitativas.

Considerando-se a afirmação de Duarte (2005) de que as analogias são pouco utilizadas e criadas pelos professores, o que se espera é que as analogias quantitativas sejam menos ainda. As qualitativas são fáceis de serem elaboradas, até mesmo por *insights*, sem planejamento prévio, porque o estabelecimento de relações de forma e de função entre dois domínios é um processo cognitivo natural (FERRAZ; TERRAZZAN, 2002). As quantitativas necessitam de um raciocínio matemático, que pode exigir mais tempo, para verificar a relação de quantidade entre dois objetos. A elaboração de uma analogia quantitativa pode seguir algumas etapas, perguntas que o professor se faz durante o processo:

1) Determinada grandeza do objeto a ser ensinado é relevante? Pode ser que para um conceito a ser ensinado, o valor do tamanho ou do peso não seja importante, pelo estágio de desenvolvimento cognitivo em que os alunos estão, pela ocasião ou outros motivos. Para crianças mais novas, por exemplo, pode-se ensinar sobre os planetas e não se preocupar tanto com o valor exato dos diâmetros num primeiro momento.

2) A quantidade da grandeza do objeto, quando informada, é inteligível? Objetos com dimensões na escala entre milímetro e poucos metros e fenômenos de segundos a anos fazem parte da realidade dos alunos e, por isso, são facilmente imagináveis. O cérebro está apto a lidar com essas faixas de tamanho e tempo (DAWKINS, 2001). Fica a critério de o professor empregar uma analogia quantitativa para ilustrar o tamanho de um embrião humano ou fornecer apenas as medidas. Objetos com mais de dezena de metros até dimensões astronômicas ou, ao contrário, com medidas inferiores ao milímetro até o universo subatômico

são mais pertinentes para terem uma analogia quantitativa a auxiliar sua compreensão imagética.

3) Existe um objeto conhecido pelos alunos de medida de grandeza equivalente? A analogia quantitativa mais fácil de ser feita é a de equivalência entre a medida dos objetos ($A = B$). A semelhança não deve ter um rigor matemático, justamente para ser prático. O professor, ao saber o valor de certa medida do objeto, pode saber de antemão um objeto de medida equivalente ou pesquisar um objeto guiando-se inicialmente por sua percepção. O uso da internet facilita essa pesquisa. Exemplos: a) O extinto *Josephoartigasia monesi* foi o maior roedor que habitou a Terra, com peso de cerca de uma tonelada. Após informar o valor, o professor pode compará-lo a um boi, considerando que os alunos já conheçam um. Há de se avaliar essa informação também. Caso não conheçam, outro objeto deve ser apresentado. b) O exoplaneta Kepler-37b, descoberto em 2013, tem diâmetro de 3 860 quilômetros. Para alunos que já estudaram sobre a Lua e, noutras situações, abordaram o seu tamanho, dizer que o exoplaneta e o satélite da Terra têm praticamente o mesmo tamanho é uma estratégia interessante. Compará-lo à Lua para alunos que também não entendem o quão grande/pequena ela é, é inócua.

4) Se não há objeto de medida equivalente, há objeto de medida (sub)múltipla? Na ausência de medida conhecida equivalente, o professor pode procurar outro objeto que seja poucas vezes maior ou menor que aquele que quer ensinar ($A = x \times B$). Exemplos: a) se o valor conhecido dos alunos é o diâmetro da Terra em vez de o da Lua, dizer que o diâmetro de Kepler-37b é $1/3$ do terrestre é válido. b) Netuno tem 155 060 quilômetros de circunferência. É natural compará-la à da Terra (40 075 km). Uma volta pela superfície netuniana equivale a quase quatro voltas na Terra. O professor pode informar aos alunos que uma volta completa pela linha do Equador na Terra a bordo de um avião comercial leva cerca de 40 horas (sem parar para reabastecimento). Logo, por analogia, a dimensão de Netuno torna-se mais compreensível. c) O tarbossauro foi um dinossauro cretáceo de 12 metros de comprimento, medida que pode ser ilustrada pelo comprimento de três carros enfileirados. d) Comparar objetos desproporcionalmente desqualifica a analogia, como em “caberiam 353 000 Terras entre Netuno e o Sol”. O coeficiente grande cai no mesmo problema que tenta resolver.

5) Existe outro objeto similar para que a proporção seja comparada à de outros dois objetos conhecidos? Se a quantidade de vezes que o objeto conhecido for muito grande, pode ser interessante comparar a razão entre a medida dele e do que se quer ensinar com a de outros dois objetos conhecidos. É importante que os objetos de cada domínio sejam parecidos. Exemplos: a) comparar a distância Sol-Netuno com o diâmetro terrestre não é

interessante, mas com a distância Sol-Terra, sim, por similaridade dos objetos. A analogia de grandeza é “a distância entre Netuno e o Sol equivale a 30 vezes a da Terra ao Sol”, mas 30 ‘distâncias’ ainda são de difícil representação mental. Pode-se então partir para uma analogia de proporção. O professor pode procurar na escala terrestre duas distâncias que entre si tenham a razão 1:30 para compará-las. Seria o caso, por exemplo, de encontrar uma cidade a 10 quilômetros e outra a 300 quilômetros da cidade onde os alunos estão: “se aqui estivesse o Sol, a Terra estaria no município x e Netuno, no y ”. É claro que essa analogia de proporção só terá validade didática se os alunos previamente tiverem trabalhado o quão grande é a distância entre a Terra e o Sol. b) O tamanho do óvulo humano não é difícil de entender, pois 0,1 milímetros são visíveis (tamanho de um ponto final), mas o de um espermatozoide não, pois é bem menor (5 micrômetros de cabeça e 60 de cauda). Para mostrar aos alunos que os gametas humanos não possuem o mesmo tamanho, o professor pode apresentar dois objetos que tenham a razão 20:1 de comprimento para ilustrar, como uma bola de vôlei e uma ervilha.

6) Se o que interessa é justamente a proporção das medidas entre dois objetos, quais outros dois objetos conhecidos podem ser comparados? A questão anterior prioriza o tamanho de um objeto específico e lança mão de outros três para auxiliar a visualização, ou seja, para ilustrar A, utiliza-se B, C e D. Neste caso, o foco é a proporção entre dois objetos (A/B) e, para isso, basta também encontrar outros dois objetos com mesma razão ($A/B = C/D$). Essa estratégia serve para mostrar como a Terra é bem menor que o Sol ao comparar os diâmetros de uma bola de tênis e um grão de areia. Pinto (1998) a utiliza ao comparar o volume de bolas esportivas ao de átomos.

7) Os alunos podem encontrar os objetos análogos? Caso haja tempo e seja do interesse do professor, os alunos podem pesquisar e calcular os objetos do domínio conhecido para serem comparados aos que estão sendo abordados. É uma variação do Modelo das Analogias Produzidas pelos Alunos (*Self-generated analogies*) desenvolvido por Wong (1993a). O professor fornece as medidas do objeto, os alunos sugerem os análogos e, posteriormente, professor e alunos juntamente avaliam a analogia.

Em todos os casos, o professor deve levar em conta que as medidas dos análogos devem ser necessariamente conhecidas pelos alunos (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002). O tarbossauro, por exemplo, é mais bem comparado a três carros do que a três elefantes, tratando-se do âmbito brasileiro. Jones *et al.* (2013), ao estudar o conceito e o uso de medidas métricas por professores e licenciandos, verificaram que: educadores estadunidenses correlacionam as medidas mais a *hobbies* e esportes; taiwaneses, a esportes e literatura; e austríacos, a viagens. Considerando que a analogia, assim como a metáfora, é cultural (SARDINHA, 2007), os

objetos análogos escolhidos acabam sendo de conhecimento geral dos alunos, popularizado pela cultura. É por isso que no Brasil são tão comuns analogias quantitativas que empreguem campos de futebol no domínio-base (*e.g.*, BARBOSA, 2000; MONTEIRO; JUSTI, 2000; ULIANOV, 2010)⁹.

Segundo Jones *et al.* (2013), os pontos de referência mudam à medida que os alunos ganham experiências adicionais fora da escola. A falta de experiências com objetos e unidades de escalas muito grandes ou muito pequenas pode limitar a capacidade de um indivíduo para conceituar eventos ou objetos em escalas extremas. Portanto, o contexto é de fundamental importância para a escolha dos objetos da analogia quantitativa.

É importante também comparar as medidas de objetos que sejam parecidos na forma. Júpiter, numa analogia de proporção, pode ser bem comparado a uma bola de futebol, pois ambos são esféricos. Comparado ao tampo de uma mesa circular, a analogia também tem efeito, pois os dois objetos têm diâmetro, mas com a restrição de que as comparações do volume e da área perdem-se. Comparando-o a um objeto retangular, como um campo de futebol, ou de qualquer outra forma geométrica, torna a analogia mais difícil de ser compreendida.

Os textos informativos dos meios de comunicação utilizam analogias quantitativas e nem sempre fornecem as medidas de todos os objetos. Quanto a esse aspecto, existem três casos possíveis:

1) **As medidas dos objetos dos dois domínios são informadas.** *E.g.*: os relâmpagos têm corrente elétrica (30 000 A) equivalente a mil vezes à de um chuveiro elétrico (30 A) (MAIA, 2010).

2) **Apenas as medidas dos objetos do domínio alvo são informadas.** *E.g.*: um anel de emissões de raio gama recém-descoberto é tão grande que, ocupa um arco de 36 graus na abóbada celeste - 60 vezes maior que a Lua (MARTON, 2015).

3) **Nenhuma medida é informada.** *E.g.*: se o Sol fosse reduzido ao tamanho de um glóbulo branco, o tamanho da Via Láctea seria equivalente aos Estados Unidos (RAGAZZI, 2014).

Curtis e Reigeluth (1984) já afirmavam que é importante o professor explicar o objeto-base quando achar que não é um conceito claro a todos os alunos, como uma orientação prévia. De modo similar, considera-se sempre prudente o professor informar as medidas dos objetos comparados numa analogia quantitativa, para que a medida do objeto-base seja uniforme para

⁹ Ferreira, Nascimento e Flister (2014) traçam a estreita relação metafórica entre futebol e a mídia brasileira e argumentam sobre as analogias futebolísticas na política.

todos os alunos, pois, do contrário, conduzirão a uma analogia quantitativa incorreta e podem induzir os alunos a um conceito errôneo. Dizer, por exemplo, que um animal é do tamanho de um cão é um tanto quanto vago, pois o tamanho das raças caninas tem grande variação.

Para finalizar, outro ponto significativo a ser considerado para adaptar a estratégia da analogia quantitativa é a da personificação (prosopopeia ou metagoge). Atribuir características peculiares dos seres humanos a objetos inanimados torna a analogia mais agradável. Segundo Marshall (1984 *apud* THIELE; TREAGUST, 1992, p. 5), “*this type of analogy causes better learning of concepts and that the approach is more enjoyable although she warns that personal analogies can cause students to give intuitive feelings to inanimate objects and concepts*”.

Primack e Abrams (2008) fornecem um exemplo de analogia personificado ao correlacionar os tamanhos de núcleo atômico a superaglomerados de galáxias:

Pense numa única célula na ponta de seu dedo. Essa célula é tão minúscula comparada a você quanto você é comparado ao planeta Terra. Um único átomo nessa célula é tão mínimo comparado a você quanto você é comparado ao Sol.

Agora imagine que você se encolhe numa bola e se torna aquele átomo na célula no seu dedo. Como é o mundo? Sua nuvem de elétrons toca as nuvens de elétrons dos átomos em torno de você. É um mundo aconchegante.

Mas agora imagine você, muito mais encolhido, é o núcleo desse mesmo átomo. Você olha para fora, mas são dez quilômetros até o próximo núcleo como você, e há pouco consolo em saber que a cinco quilômetros de você a nuvem de elétrons dele toca a sua.

Imagine agora que você é uma estrela. É um mundo ainda mais solitário. Você está sentado aqui na Califórnia e seu vizinho mais próximo está na Austrália. Vocês são as únicas duas pessoas na Terra. Mesmo que você seja uma estrela num aglomerado globular, o mais apertado de todos os aglomerados de estrelas, seu vizinho mais próximo ainda assim está a 1600 quilômetros de distância.

Imagine agora que você é uma galáxia. As coisas ficam quase aconchegantes outra vez. Outras galáxias não estão longe. Nesta sala, sua galáxia vizinha mais próxima está sentada a seis metros de você. Se você estiver num aglomerado de galáxias profuso, seu vizinho mais próximo estará a cerca de um metro de distância de você e você se sente como uma pessoa num coquetel.

[...] Agora imagine que você é um superaglomerado de galáxias. Você toca o superaglomerado seguinte, e ele toca o seguinte, como pessoas de mãos dadas em torno de grandes vazios.

[...] Essa jornada por outras escalas de tamanho foi uma dádiva do pensamento, [...]. (PRIMACK; ABRAMS, 2008, pp. 214-216).

Assim como a diferenciação entre analogia, metáfora, modelo e exemplo é necessária para que o professor adeque sua estratégia didática para o ensino de conceitos científicos, a clara distinção entre a analogia quantitativa e os conceitos correlatos supracitados é importante para que se tenha consciência da ação docente e dos resultados esperados. Não existe a proposta

de um modelo para o uso da analogia quantitativa em Ciências, mas por meio da reflexão docente, pode-se avaliar se a estratégia contribuiu para a aprendizagem. Portanto, agora que o conceito da analogia quantitativa foi apresentado, o universo da formação inicial de professores de Biologia e de Física é examinado para que sejam apresentados os conhecimentos e as reflexões que os licenciandos podem apresentar em relação às suas práticas docentes, mobilizados para esse uso.

4 FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

“*Nunquam satis discitur.*”
 “Nunca se aprende o bastante.”
 Sêneca, *Epistulae* 27 (c. 65)

Quando alguém se torna um professor? Qual é o momento exato que pode ser assim chamado? No Brasil e em muitos países, existem professores sem diploma de licenciatura e licenciados que não são professores. É difícil dizer *quando* o processo de formação de um professor encerrou-se porque ninguém é um professor formado, pois está sempre em formação. Houaiss (2009) pode definir formação como o conjunto dos cursos concluídos e graus obtidos por uma pessoa, mas a verdadeira formação docente, certamente, começou antes da graduação e não termina com ela. Mesmo depois de findada a etapa da graduação, a figura do professor ainda está-se construindo. É um processo contínuo. Por isso, a literatura sobre o desenvolvimento de professores costuma diferenciar a formação inicial de formação continuada (BASTOS; NARDI, 2008; IMBERNÓN, 2011; TARDIF, 2012).

Na maioria das pesquisas (LIPPE; BASTOS, 2009; VASCONCELOS; LIMA, 2010; FRASSON; CAMPOS, 2011), os alunos começam o curso com o interesse na modalidade do bacharelado e o espírito da docência sedimenta-se no decorrer dos anos de graduação, conforme podem e vão tendo contato com disciplinas pedagógicas e situações de ensino.

Numa outra parcela, que dispensa por ora valores percentuais, o gosto pela docência só aparecerá depois da graduação, durante a experiência profissional. O dia a dia na sala de aula faz com que o professor adquira experiência e aumente seu interesse pelo magistério. Do contrário, os primeiros contatos do professor com o cotidiano do trabalho docente podem causar um duro “choque da realidade”, na qual o professor se defronta com um contexto marcado por inúmeros problemas, onde sua formação anterior lhe parecerá inútil (TARDIF, 2012).

O fato é que um curso de licenciatura, por si só, não é capaz de formar professores. O seu tempo de duração e a carga horária prática que oferece são poucos para a formação necessária. Langhi e Nardi (2012) afirmam que a formação não pode ser entendida como um processo finito e completo em si mesmo, o que implica até mesmo repensar na palavra que qualifica os alunos do final da graduação, *formandos*, pois, na prática, quem continua aprendendo durante sua vida toda também é um formando.

A formação de professores pode ser vista como um *continuum*, do qual a formação inicial é só a primeira fase de um longo processo de desenvolvimento profissional (LANGHI;

NARDI, 2012). Quando a licenciatura é tratada como um processo que se finaliza em si, os formandos tendem, pelo conceito que possuem, a pensar que sua formação está incompleta.

De acordo com Imbernón (2011, p. 42), “o tipo de formação inicial que os professores costumam receber não oferece preparo suficiente para aplicar uma nova metodologia, nem para aplicar métodos desenvolvidos teoricamente na prática de sala de aula.” Por isso, muitos licenciandos afirmam que, ao final da graduação, não se sentem preparados para a vida docente (PACHECO, 1995; FRASSO; CAMPOS, 2011; BRANCO, 2015).

O curso de licenciatura, portanto, deve utilizar sua carga horária para preparar um professor consciente que irá continuar seu processo de formação profissional após o término do curso; muni-lo de saberes profissionais que o estimularão à reflexão e à aprendizagem da docência (SCHÖN, 2000).

O desenvolvimento profissional que ocorre durante o exercício da docência, a formação continuada, envolve o aprendizado e a remodelação dos saberes, integrando “ensino-aprendizagem-pesquisa, em um processo contínuo de autoaprendizagem, aprendendo a aprender (metacognição)” (LANGHI; NARDI, 2012, p. 20).

“No fundo, no fundo, ninguém forma ninguém. Existe, sim, uma autoformação” foi o que disse o professor António Nóvoa (*apud* GARNICA, 1997, p. 216), na conferência de abertura do III Congresso Estadual Paulista sobre a Formação de Educadores. “Um talento não se constrói ou se molda: deixa-se brotar e cultiva-se” (GARNICA, 1997, p. 218). Identificar-se como formador está ligado tanto à preservação das potencialidades reinantes em sala de aula quanto ao cuidado em permitir que elas germinem e vivam exercitando as possibilidades que acompanham o vir-a-ser.

A prática docente é o fator determinante para que o professor iniciante atribua novos significados à sua formação teórico-acadêmica. De acordo com Silva (2009, p. 25), é na sala de aula que o licenciando irá “validar, negar, desenvolver e consolidar os saberes teóricos, transformando-os em experienciais a partir de sua prática e de sua experiência individual e coletiva no ambiente escolar como um todo”. Dessa forma, os professores vão incorporando certas habilidades técnicas e construindo sua identidade.

De fato, aprender a ensinar significa percorrer uma trajetória, ou percurso, de sobrevivência profissional, reconhecendo que tal ato é individualizado, personalizado, diferenciado, que depende de suas crenças, atitudes, experiências prévias, motivações, interesses e expectativas, com diversas influências, interações complexas, interesses e expectativas. (LANGHI; NARDI, 2012, p. 21)

Essa trajetória recebe influências de diversos lugares e momentos: influências pré-formativas e formativas, a experiência escolar e a pessoal, as condições de trabalho (escola, alunos, colegas, *etc.*) e a influência social (papel e prestígio do professor na sociedade, salário, retribuição, *etc.*). Por exemplo, no início da profissão, o professor iniciante possui alguma visão e *modus operandi* e, no decorrer do tempo, vai tomando consciência das dificuldades inerentes da profissão e adequa sua visão de mundo e seu modo de agir. Pacheco (1995) prefere dividir o processo de formação de professores em etapas, nas quais o indivíduo terá saberes e percepções diferentes sobre a profissão:

- *Trajetória formativa docente inicial (pré-formação)*: o que o indivíduo vivenciou antes mesmo de escolher a profissão de professor também influencia seu modo de ensinar. Consciente e inconscientemente, o professor pode se recordar dos professores que lhe chamaram a atenção na sua infância e incorporar as suas características (TARDIF, 2012). A visão que possuem sobre a Educação remonta das experiências como alunos. A origem da vontade de ser professor ou esta decisão pela carreira talvez tenha sido influenciada pela família, pelos professores ou, simplesmente, ajudar colegas de classe sobre as matérias. Branco (2015), por exemplo, verificou que licenciandos de Biologia destacaram que o fato de já terem auxiliado colegas e irmãos em várias disciplinas da escola influenciou bastante na escolha do curso. A autora também apontou que muitos desses licenciandos tinham algum membro na família que era professor. Vivenciando estas experiências pré-profissionais, escolares, e familiares e pessoais, o futuro professor agrega concepções e experiências acerca do ensino em etapas que antecedem em muito o curso de graduação.

- *Trajetória formativa docente intermediária (início da graduação e estágio)*: Partindo do momento em que o indivíduo opta pela docência e inicia uma licenciatura, fases diferentes são experimentadas, o que influencia fortemente sua trajetória de vida. É a fase mais conhecida simplesmente por *formação inicial*.

- *Trajetória formativa docente na carreira (professor iniciante e professor experiente)*: começa a partir da graduação quando o professor começa a exercer profissionalmente a docência. Pacheco (1995) considera os três primeiros anos e Tardif (2012) os cinco primeiros como a fase do *professor iniciante*, marcado pelo choque da passagem da condição de aluno para a de professor. É um período de transição no qual há um confronto entre os saberes e a noção do que é ensinar e a realidade da escola. É o momento em que o novo professor tem de utilizar e adaptar as estratégias didáticas que aprendeu na graduação para que sejam efetivamente aplicadas no contexto escolar. Nos anos decorrentes, o professor já tem mais consolidados os seus saberes e mais adaptadas suas estratégias didáticas de acordo com a

realidade onde vive. Ele consegue resolver os problemas cotidianos com mais segurança e, logo, mais facilidade. É a fase do *professor experiente*. “Tanto em suas bases teóricas quanto em suas consequências práticas, os conhecimentos profissionais são evolutivos e progressivos e necessitam, por conseguinte, de uma formação contínua e continuada” (TARDIF, 2012, p. 249).

- *Trajetória formativa docente pós-carreira*: Langhi e Nardi (2012) sugerem ainda acrescentar mais essa fase à formação docente, considerando que o professor que já finalizou sua carreira, como pela aposentadoria, por exemplo, pode continuar com atividades extracurriculares, aprendendo e prestando serviços à comunidade escolar.

Langhi e Nardi (2012, p. 28) salientam que dentre as fases que compõem formação docente, desde a infância até a velhice, a mais curta é a chamada formação inicial, isto é, os poucos anos em que o professor vivenciou na graduação. “Por isso, é preocupante imaginar que a trajetória de menor dimensão temporal possa ser concebida pelo senso comum como uma forma de entregar ao mercado de trabalho escolar professores prontos e preparados para exercer suas atividades profissionais a contento.”

Segundo esses autores, as licenciaturas deveriam desenvolver nos licenciandos

conhecimentos, habilidades, atitudes, valores, e a capacidade de investigar a própria prática, de modo contínuo e reflexivo. A formação inicial deveria contemplar a disponibilização dos resultados das pesquisas sobre a atividade docente para os alunos-futuros-professores, e o desenvolvimento com eles de pesquisas da realidade escolar, a fim de instrumentalizá-los para a sua própria investigação durante suas atividades docentes. Sugere-se confrontar o estudante com situações próximas daquelas que ele encontrará no trabalho e construir saberes a partir dessas situações. (LANGHI; NARDI, 2012).

4.1 SABERES DOCENTES

Embora ensinar seja um ofício exercido em quase todas as partes do mundo, ininterruptamente, segundo Gauthier *et al.* (2013), ainda se sabe muito pouco a respeito dos fenômenos que lhe são inerentes. Os autores afirmam que mal conseguem identificar os atos do professor que influenciam concretamente a aprendizagem dos alunos e que se está apenas começando a compreender como se dá a interação ente professor e aluno. O conhecimento desses elementos do saber profissional docente, portanto, é fundamental para que os professores exerçam seu ofício com muito mais competência. “Uma das condições essenciais a toda profissão é a formalização dos saberes necessários à execução das tarefas que lhe são próprias.

Ao contrário de vários outros ofícios que desenvolvem um *corpus* de saberes, o ensino tarda a refletir sobre si mesmo” (GAUTHIER *et al.*, 2013, p. 17).

A noção de *saber* abrange variados sentidos que variam de acordo com os autores da área (PERRENOUD *et al.*, 2001; LANGHI; NARDI, 2012; TARDIF, 2012), mas que têm como central a sinonímia com o *conhecimento*. Os saberes docentes são, portanto, o arcabouço de conhecimentos da vida profissional de professor que um indivíduo constrói ao longo de sua trajetória. “Os saberes dos professores são representações mentais a partir das quais os práticos ordenam sua prática e executam suas ações; trata-se, portanto, de saberes procedimentais a partir dos quais o professor elabora uma representação da ação e lhe dá forma” (TARDIF, 2012, p. 231). Num sentido amplo, saber engloba “os conhecimentos, as competências, as habilidades (ou aptidões) e as atitudes, isto é, aquilo que muitas vezes foi chamado de saber, saber-fazer e saber-ser” (TARDIF, 2012, p. 255).

Tardif (2012, p. 14) afirma que o saber dos professores é idiossincrático, experimental, histórico e profundamente social. Ele depende, sobretudo, de suas relações com os alunos e com os demais da escola. O saber dos professores é um **saber social** porque é partilhado por todo um grupo de agentes que “possuem uma formação comum, trabalham numa mesma organização e estão sujeitos, por causa da estrutura cognitiva do seu trabalho cotidiano, a condicionamentos e recursos comparáveis, entre os quais programas, matérias a serem ensinadas, regras do estabelecimento, *etc.*”. Sua posse e utilização repousam sobre um sistema que garante a sua legitimidade e orienta sua utilização. Ao fim das contas, o professor não define sozinho e em si mesmo o seu próprio saber profissional. “Esse saber também é social porque seus próprios objetos são objetos sociais, isto é, práticas sociais” (TARDIF, 2012, p. 15).

Além de sociais, os saberes profissionais dos professores são **temporais**, ou seja, são construídos e alterados com o tempo.

Uma boa parte do que os professores sabem sobre o ensino, sobre os papéis do professor e sobre como ensinar provém de sua própria história de vida, e sobretudo de sua vida escolar. [...] Os professores são trabalhadores que foram mergulhados em seu espaço de trabalho durante aproximadamente 16 anos, antes mesmo de começarem a trabalhar (LORTIE, 1975). [...] Os alunos passam pelos cursos de formação de professores sem modificar suas crenças anteriores sobre o ensino. E, quando começam a trabalhar como professores, são principalmente essas crenças que eles reativam para solucionar seus problemas profissionais. (TARDIF, 2012, p. 260).

Os saberes docentes também são **plurais e heterogêneos**, pois, de acordo com Tardif (2012), provêm de diversas fontes: a cultura pessoal e escolar; o conhecimento disciplinar e pedagógico da universidade; os programas, guias e manuais escolares; experiência do trabalho e de outros professores; e as tradições peculiares do ofício. Essas fontes não formam um repertório de conhecimentos unificado. O professor dificilmente tem uma única teoria ou concepção de prática. Pelo contrário, os professores utilizam muitas teorias e técnicas, conforme a necessidade. Diferentes objetivos são atingidos por meio de diferentes tipos de conhecimento, competência e aptidão.

Quando o professor tende propositalmente a seguir apenas uma linha teórica, pode deixar de considerar outros pensamentos igualmente importantes. De acordo com Oliveira (1993 *apud* LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003, p. 256), “é importante que o educador saiba que essa ideia de escolha entre teorias é muito arriscada. Isso pode levar a um consumo superficial da teoria tida como a melhor num determinado momento e à desconsideração de outras abordagens que poderiam ser igualmente enriquecedoras”.

Por fim, Tardif (2012) explica que os saberes docentes são **personalizados e situados**, isto é, raramente trata-se de saberes formalizados e objetivados, mas de saberes apropriados, incorporados, subjetivados, indissociáveis das pessoas e de sua experiência de trabalho. Na profissão docente, assim como qualquer profissão de interação humana

[...], a personalidade do trabalhador é absorvida no processo de trabalho e constitui, até certo ponto, a principal mediação da interação (TARDIFF & LESSARD, 2000). Esse fenômeno permite, justamente, compreender por que os professores, ao serem interrogados sobre suas próprias competências profissionais, falam, muitas vezes, primeiro de sua personalidade, suas habilidades pessoais, seus talentos naturais, como fatores importantes de êxito em seu trabalho. (TARDIF, 2012, p. 265).

Por tantos atributos, o trabalho docente tem caráter prático, específico de produção, de transformação e de mobilização de saberes e, portanto, de teorias, de conhecimentos e de saber-fazer específicos ao ofício do professor. Compreender sobre esses saberes é entender como são integrados concretamente nas práticas dos professores e como estes os englobam, produzem, utilizam, aplicam e transformam em função das suas atividades.

A caracterização dos saberes dos professores está, segundo Gauthier *et al.* (2013), no cerne da reflexão atual sobre sua formação inicial. A problemática do ensino se dá pelo entendimento da natureza desses saberes, isto é, o conjunto de conhecimentos, competências e

habilidades que servem de alicerce ao magistério. Dessa forma, progressivamente, vão compondo o conteúdo dos programas de formação inicial de professores.

Para toda profissão, um conjunto de saberes precisa ser formalizado. Apesar de o ensino ser realizado há séculos, ainda é difícil definir os saberes envolvidos nesse ofício, pois pouco sabe sobre si mesmos (GAUTHIER *et al.*, 2013). Desde o início, pensou-se, e muitos assim ainda pensam, que ensino é transmissão. Se alguém sabe um conteúdo, naturalmente sabe transmiti-lo. Então, o saber do professor reduzia-se apenas ao próprio conhecimento da disciplina.

Nas últimas décadas, felizmente, as pesquisas que se preocupam com a qualidade do ensino vêm aumentando em todo o mundo e fornecendo resultados transformadores. Com destaque, concluiu-se que só a posse do conhecimento da matéria não é por si só suficiente. Não é também uma questão só de experiência, talento, intuição, cultura ou bom senso (GAUTHIER *et al.*, 2013). Tudo isso não basta sem a reflexão sobre o que se faz, o que constitui um suporte imprescindível.

Por isso, na formação inicial de professores é mais importante centrar a atenção em como os professores elaboram as informações pedagógicas e como essa elaboração se projeta sobre o desenvolvimento prático das ações de docência (IMBERNÓN, 2011).

Gauthier *et al.* (2013) os agrupam em seis categorias: disciplinares, curriculares, das ciências da educação, da tradição pedagógica, experienciais e da ação pedagógica. Elas constituem o reservatório no qual o professor se abastece para responder às situações do seu ofício de maneira mesclada, formando um amálgama de saberes.

O **saber disciplinar** é o produzido pelos cientistas em diversas áreas, o conhecimento sobre o mundo que conseguem produzir. Esse saber não é produzido pelo professor, mas extraído dos pesquisadores e utilizados no ensino. Um professor de Biologia só pode ensinar sobre a divisão celular somática se tiver conhecimento sobre o processo assim como um de Física só ensina sobre raios X, se entender o conceito. A profundidade e a maneira que o professor entende esses conceitos transparecem na sua forma de ensinar. Junto a isso, a formatação e a maneira de como as informações são trabalhadas denota uma remontagem desse conteúdo feita pelo professor. É o que Durand (1996 *apud* GAUTHIER *et al.*, 2013) chama de *transposição didática*. Quanto a isso, é pertinente salientar: o autor afirma que as transformações que os conceitos científicos acabam sofrendo para chegar aos alunos são referentes ao leque de analogias e metáforas de que o professor se serve.

Tardif (2012, p. 38) afirma que os saberes disciplinares são definidos e selecionados pelas instituições universitárias, faculdades e cursos distintos. “Os saberes das disciplinas emergem da tradição cultural e dos grupos sociais produtores de saberes.”

Pensou-se, durante muito tempo, e muitos, sem dúvida, ainda pensam assim, que ensinar consiste apenas em transmitir um conteúdo a um grupo de alunos. [...] Nessa perspectiva, o saber necessário para ensinar se reduz unicamente ao conhecimento do conteúdo da disciplina. [...] apesar da grande importância de se conhecer a matéria, isso não é suficiente por si só. (GAUTHIER *et al.*, 2013, p. 20).

Por outro lado, Shulman (1986 *apud* BOZELLI, 2010, p. 43) mostrou que um professor novato tem muito mais dificuldade em ensinar um assunto em que detenha um conhecimento limitado. “Nesta visão, a preocupação apresentada pelo autor é o modo como o professor se prepara para ensinar algo que nunca aprendeu, ou seja, como o aprendizado para o ensino ocorre.” O autor demonstra que o professor se apoia, como consequência, nos livros didáticos.

Os conteúdos de uma disciplina nunca são ensinados em sua totalidade na escola. As instituições selecionam determinados saberes disciplinares e os transformam num *corpus* que será ensinado nos programas escolares (TARDIF, 2012; GAUTHIER *et al.*, 2013). Esse é o **saber curricular**, que corresponde aos discursos, objetivos, conteúdos e métodos não produzidos pelos professores, mas por funcionários do Estado ou especialistas. Esses saberes também são transformados pelas editoras na produção dos manuais e cadernos de exercícios.

Há um saber profissional específico que está indiretamente relacionado com a ação pedagógica, mas que está por trás dela. É o **saber das ciências da educação**, que são os conhecimentos de trabalho a respeito de aspectos como noções do sistema escolar, do sindicato e dos alunos (desenvolvimento da criança, classes sociais, estereótipos, diversidade cultural, violência, *etc.*). “Esse tipo de saber permeia a maneira de o professor existir profissionalmente” (GAUTHIER *et al.*, 2013).

Gauthier *et al.* (2013) explicam que o **saber da tradição pedagógica**, advém do século XVII, quando os educadores passaram a ensinar simultaneamente mais de um aluno. Essa percepção que se tem da escola, do ensino coletivo, começa antes de o educador começar sua formação inicial. É o que Langhi e Nardi (2012) incluem em saberes pré-profissionais.

Imbernón (2011) afirma que a socialização comum antes do ingresso no curso de licenciatura adquire tanta importância nas ideias prévias do futuro professor, que se deveria partir de tais ideias nos programas de formação, já que pode ocorrer que no momento da prática

profissional sejam recuperadas certas práticas vividas como aluno, mais que algumas práticas mal assimiladas na formação inicial.

De acordo com Kenski (2003), muitos professores recém-formados, ao se verem diante de seus alunos pela primeira vez, recuperam a lembrança da forma como alguns de seus mais marcantes antigos professores e passam a empregá-las, mesmo inconscientemente, como modelos básicos em cima dos quais começaram a criar os seus próprios modelos de prática docente.

O que ocorre é que, normalmente, as pessoas não se conscientizam da existência desse processo e, mesmo em alguns casos, não se colocam criticamente diante do modelo herdado – no caso específico da prática docente – de seus antigos professores, repetindo-os exatamente, sem conseguir estabelecer rupturas significativas (KENSKI, 2003).

Uma maneira de se aprender sobre a profissão é por meio das experiências. Os novos desafios, conforme vão sendo transpostos, se transformam em num conhecimento empírico pessoal e passam a fazer parte do repertório do professor. Depois, pelo *habitus*, torna-se um **saber prático** (TARDIF, 2012) ou **experiential** (GAUTHIER *et al.*, 2013). O professor experiente, pela praticidade, resolve determinados problemas mais pelo conselho que a sua experiência lhe diz do que por reflexão. São os macetes da profissão, que denotam o estilo de ensino e a personalidade do professor. “Isso permite que o espírito se libere para cuidar de outros tipos de problema” (GAUTHIER *et al.*, 2013, p. 33).

O saber experiential não advém das instituições formadoras e nem dos currículos e permanece confinado em sala de aula, poupado de testes e de verificações científicas. Quando o são, passam a ser um conhecimento público. Aí, as ações docentes podem ser comparadas e avaliadas, a fim de que sejam estabelecidas regras de ação passíveis de serem aprendidas por outros professores (GAUTHIER *et al.*, 2013). Em outras palavras, o saber experiential é particular, o **saber da ação pedagógica** é testado e partilhado. O saber experiential perde-se no momento em que o professor deixa de exercer sua profissão.

Paradoxalmente, os saberes da ação pedagógica são os mais importantes para o exercício docente profissional, mas o menos desenvolvido no reservatório de saberes do professor (GAUTHIER *et al.*, 2013). Na carência desses saberes, os professores recorrerão em primeiro lugar a saberes que deveriam ser secundários, à experiência, à tradição e ao bom senso.

As pesquisas de Tardif (2012) indicam que, para os professores, os saberes incorporados pela experiência profissional constituem os fundamentos de sua competência. É a partir deles que o professor julga a formação inicial e continuada. “É igualmente a partir deles

que julgam a pertinência ou o realismo das reformas introduzidas nos programas ou nos métodos” (TARDIF, 2012, p. 48).

Quando os saberes da ação pedagógica são aprendidos nos cursos de formação de professores, somados aos saberes das ciências da educação e da ideologia pedagógica, podem ser considerados **saberes da formação profissional** (TARDIF, 2012). Esses conhecimentos obtidos durante a formação do professor mobiliza vários saberes. Os detalhes que classifica esse conjunto de saberes é a sua origem. Além do arcabouço procedimental, o professor acaba incorporando ideologias que se integram a demais saberes.

Todos esses saberes descritos são trabalhados e incorporados no processo de trabalho docente, que só têm sentido em relação às situações de trabalho e que é nessas situações que são construídos, modelados e utilizados de maneira significativa pelos trabalhadores. “Uma consequência dessa definição é que não se deve confundir os saberes profissionais com os conhecimentos transmitidos no âmbito da formação universitária” (TARDIF, 2012, p. 257).

É por causa dessa grande heterogeneidade de saberes que os professores possuem para desenvolver seu trabalho que as pesquisas em Educação devem considerar os elementos da história de vida e do percurso profissional dos professores. Bastos e Nardi (2008) afirmam que os licenciandos e os professores

apresentam determinadas convicções, conhecimentos, habilidades e disposições que interferem positiva ou negativamente no trabalho docente, mas que não se formalizaram em razão de estudos de natureza acadêmica, e sim como consequência de diversos episódios e influências ligados à trajetória pessoal de cada indivíduo. (BASTOS; NARDI, 2008, p. 16).

4.2 PROFESSOR REFLEXIVO

A discussão sobre a formação inicial de professores aparece em âmbito internacional, de acordo com Nunes (2001) e Tardif (2012), nas décadas de 1980 e 90. Dentre os motivos que contribuíram para sua emergência, está o movimento de profissionalização do ensino e suas consequências para a questão dos saberes docentes, visando a garantir a legitimidade da profissão. No contexto brasileiro, esse tema tem se mostrado mais recentemente, o que vem demandado estudos sob diferentes perspectivas. No Brasil, é a partir da década de 90 que se iniciam as pesquisas para compreender a prática pedagógica e os saberes pedagógicos e epistemológicos relativos ao conteúdo escolar a ser ensinado/aprendido. As pesquisas, considerando a complexidade dos saberes docentes, “buscam resgatar o papel do professor,

destacando a importância de se pensar a formação numa abordagem que vá além da acadêmica, envolvendo o desenvolvimento pessoal, profissional e organizacional da profissão docente” (NUNES, 2001, p.28).

Essa nova ótica das pesquisas sobre os saberes docentes levou o professor a considerar o quanto o modo de vida pessoal acaba por interferir no profissional. Nessa perspectiva de analisar a formação de professores, é que os estudos sobre os saberes docentes ganharam impulso e começaram a identificar os diferentes saberes implícitos na prática docente.

Pimenta (2006) identifica o aparecimento da atenção aos saberes como um dos aspectos considerados nos estudos sobre a *identidade* da profissão do professor. Parte-se da premissa de que essa identidade é construída a partir da significação social da profissão e de sua constante revisão. Ainda sim, essa significação é altamente influenciada por práticas tradicionais consagradas pela cultura, que resistem a inovações.

Dessa forma, Nunes (2001) e Pimenta (2006) resgatam a importância de se considerar o professor em sua própria formação, num processo de autoformação, em um processo contínuo de reelaboração dos saberes iniciais com a prática vivenciada. Dessa forma, os saberes vão se constituindo a partir de uma reflexão na prática e sobre a prática. “Essa tendência reflexiva vem-se apresentando como um novo paradigma na formação de professores, sedimentando uma política de desenvolvimento pessoal e profissional dos professores e das instituições escolares” (NUNES, 2001, p. 30). As pesquisas passam a considerar o professor como sujeito de um saber e de um fazer, fazendo surgir a necessidade de se investigarem os saberes de referência dos professores sobre suas próprias ações e pensamentos.

Segundo Langhi e Nardi (2012), as pesquisas das décadas de 1960 e 70 eram realizadas ainda numa perspectiva *processo-produto* (comportamento do professor vs. aprendizagem do aluno), dentro de uma perspectiva bem *sui generis* condizente com a da formação de professores da época, baseada numa racionalidade técnica. Para os autores a *abordagem tecnicista* objetiva avaliar o ensino ao se estudar as relações entre as ações do professor e os efeitos nos alunos, com tendência positivista, ao considerar o Ensino como uma ciência aplicada e o professor como um técnico que aplica conhecimentos elaborados por terceiros (racionalidade técnica).

Presente na formação e na prática docente, a racionalidade técnica influencia diretamente os processos internos da escolarização quanto à seleção dos objetivos, conteúdos, metodologias, ações organizativas, curriculares e na avaliação. A formação inicial de professores por esse modelo estruturada é alvo de crítica por vários autores (PACHECO, 1995; DUARTE *et al.*, 2009; IMBERNÓN, 2011; LANGHI; NARDI, 2012; TARFID, 2012; GAUTHIER *et al.*, 2013; BRANCO, 2015). Nesse caso, o professor é concebido como um

técnico e sua atividade profissional como aplicação de teorias e técnicas na solução de problemas, dirigida por uma racionalidade instrumental.

Villani e Freitas (2002 *apud* DUARTE *et al.*, 2009) reconhecem que os atuais cursos de formação inicial de professores impõem saberes moldados pela racionalidade técnica e afirmam que essa concepção se dá pela dificuldade de se mudar o ensino, por não levar em conta os saberes dos professores, sua experiência e o contexto no qual eles ensinam. Essa resistência à mudança impede que os professores busquem soluções para os problemas do ensino.

O paradigma da racionalidade técnica, conhecido por Modelo da Racionalidade Técnica (CONTRERAS, 2002), por sua natureza fechada e limitadora, impede, portanto, a evolução dos saberes docentes. Tardif (2012) explica que o distanciamento da racionalidade técnica nos processos de formação e prática do professor indica o questionamento do ensino tradicional e a abertura para se tentar alternativas.

Na conjuntura da Educação atual, não é viável aplicar práticas docentes neutras e centradas em objetivos pré-determinados pela lógica da racionalidade técnica. As escolas que seguem essa lógica são escolas que não aceitam as diferenças, principalmente relacionadas a déficits ou deficiências, porque seguem modelos rígidos (DUARTE *et al.*, 2009). Quando o professor é caracterizado como um profissional técnico, sua prática se constitui numa visão reduzida e unilateral e, portanto, contrário ao processo educacional democrático.

Imbernón (2011) declara que os professores devem abandonar a concepção predominante no século XIX de mera transmissão do conhecimento acadêmico, que se tornou obsoleta para a educação dos futuros cidadãos em uma sociedade democrática atual: plural, participativa, solidária e integradora.

Infelizmente, a concepção tecnicista de ensino persiste em muitas escolas e professores, reflexos colaterais da formação inicial de professores, que funciona e forma professores com a mesma ideologia. Segundo Branco (2015), a maioria dos cursos de Licenciatura do Brasil possui sua organização curricular, fundamentada na racionalidade técnica, privilegiando em primeiro plano a opção do Bacharelado. Nesse modelo tradicional de formação, a ênfase recai nos conteúdos específicos, formando um bacharel com alguns conhecimentos pedagógicos. As disciplinas pedagógicas são oferecidas aos licenciandos como se a profissão docente fosse apenas um conjunto de competências e capacidades técnico-pedagógicas. O que se vê é uma formação inicial de professores baseada em disciplinas desconexas entre si, o que tende à especialização e à fragmentação. Segundo Tardif (2012), essas disciplinas constituem unidades autônomas fechadas e de curta duração e, portanto, de

pouco impacto sobre os alunos. Outro problema é o fato de que as disciplinas pedagógicas, justamente as mais importantes, tratam as teorias de educação, muitas vezes, de forma abreviada, sem contato com a literatura pertinente e sem a tentativa de discussão e aplicação dos conhecimentos construídos (LIPPE; BASTOS, 2009). Isso pode gerar a ideia de que as disciplinas pedagógicas são inúteis e as questões da Educação, desinteressantes (BRANCO, 2015).

Pelas práticas tradicionais, a relação que os licenciandos mantêm com os saberes é a de transmissores, de portadores ou de objetos de saber, mas não de produtores de saberes que poderiam impor como instância de legitimação social de sua função (TARDIF, 2012). De acordo com Imbernón (2011), a formação inicial de professores deveria, sobretudo, se fundar em estabelecer estratégias de pensamento, de percepção e de estímulos e estar centrada na tomada de decisões para processar, sistematizar e comunicar a informação. “Nessa linha, o eixo fundamental do currículo de formação do professor é o desenvolvimento da capacidade de refletir sobre a própria prática docente, com o objetivo de aprender a interpretar, compreender e refletir sobre a realidade social e a docência” (IMBERNÓN, 2011, p. 41).

Entendendo que os saberes são construídos e, pela reflexão, remodelados pelos próprios professores, sujeitos do conhecimento, há de se reconhecer que estes deveriam ter o direito de dizer algo a respeito de sua própria formação profissional. A respeito disso, Branco (2015) afirma que os licenciandos possuem reclamações com relação ao curso que são conhecidas há anos, mas continuam negligenciadas. Segundo eles, os cursos não muito conteudistas e pouco práticos. Tal como também aponta Tardif (2012), é de se estranhar que a formação inicial de professores tenha sido e ainda seja bastante dominada por conteúdos e lógicas disciplinares, e não profissionais.

A lógica disciplinar é regida por questões de conhecimento e não por questões de ação. “No modelo aplicacionista, o conhecer e o fazer são dissociados e tratados separadamente em unidades de formação distintas e separadas” (TARDIF, 2012, p. 271). O fazer está subordinado temporal e logicamente ao conhecer, pois se ensina aos licenciandos que, para fazer bem feito, eles devem conhecer bem e, em seguida, utilizar esse conhecimento em seu fazer.

Esse modelo trata os alunos como espíritos virgens e não leva em consideração suas crenças e representações anteriores a respeito do ensino. Ele se limita, na maioria das vezes, a fornecer-lhes conhecimentos proposicionais, informações, mas sem executar um trabalho profundo sobre os filtros cognitivos, sociais e afetivos através dos quais os futuros professores recebem e processam essas informações. (TARDIF, 2012, p. 273).

A formação inicial não pode ser entendida como um mero treino de professores, pois, com base nas representações e competências dos licenciandos, promove todo um contexto para o seu desenvolvimento intelectual, social e emocional (PACHECO, 1995; LANGHI; NARDI, 2012). A formação inicial de professores envolve as formações pessoal, científica, pedagógico-didática e prática pedagógica, mas não se limita a esses componentes. Os contextos de onde se educa adquire cada vez mais importância. A capacidade de se adequar metodologicamente a eles e a visão de um ensino não tão técnico, tomando o conhecimento por algo em construção, mutável, valorizam a importância que a cultura, a convivência e a interação têm para a docência (IMBERNÓN, 2011, p. 15), itens importantíssimos para a formulação e a utilização das analogias quantitativas, por exemplo. Nesse contexto, a formação assume um papel que transcende o ensino e “se transforma na possibilidade de criar espaços de participação, reflexão e formação para que as pessoas aprendam e se adaptem para poder conviver com a mudança e a incerteza”.

Os professores devem ser considerados como profissionais práticos reflexivos que produzem saberes de seu próprio trabalho e decidem suas próprias práticas, as objetivam, as partilham, as aperfeiçoam e introduzem inovações potencialmente efetivas. É por isso que Tardif (2012, p. 286) afirma que “os saberes transmitidos pelas instituições de formação devem ser concebidos e adquiridos em estreita relação com a prática profissional dos professores nas escolas”.

A formação inicial de professores deve estar estreitamente vinculada à práxis, mas, diferentemente da abordagem tecnicista, não para unicamente reproduzir técnicas aprendidas no curso de licenciatura, mas para aplicá-las adaptando-as às condições de trabalho e remodelando seus saberes. “Para ser um profissional é preciso ter autonomia, ou seja, poder tomar decisões sobre os problemas profissionais da prática” (IMBERNÓN, 2011, p. 13). A reflexão que o docente faz sobre suas atividades indica uma superação do paradigma do racionalismo técnico.

A aquisição de conhecimentos por parte do professor é um processo complexo, adaptativo e experiencial. Cada pessoa tem um modo de aprender, um estilo cognitivo de processar a informação que recebe. Assim, aprender para pôr em prática uma inovação supõe um processo complexo, mas essa complexidade é superada quando a formação se adapta à realidade educativa da pessoa que aprende. Para que seja significativa e útil, a formação precisa ter um alto componente de adaptabilidade à realidade diferente do professor. E quanto maior a sua capacidade de adaptação mais facilmente ela será posta em prática em sala de aula ou na escola e será incorporada às práticas profissionais habituais. Um dos objetivos de toda formação válida deve ser o de poder ser experimentada e também proporcionar a oportunidade para

desenvolver uma prática reflexiva competente. (IMBERNÓN, 2011, pp. 17-18).

Tardif (2012) defende que a prática profissional reflexiva deve englobar um espírito de aprendizagem autônoma permeando um espaço de comunicação e de transmissão desses saberes e competências. Mais do que isso, segundo Imbernón (2011), a formação deve deixar de ser vista apenas como o domínio das disciplinas científicas ou acadêmicas, como tradicionalmente se tem feito, para ser analisada como a necessidade de estabelecer novos modelos relacionais e participativos na prática; deve habituar os futuros professores à prática profissional dos professores de profissão e a fazer deles práticos reflexivos.

A valorização da reflexão no processo de formação profissional é alvo do pensamento de Schön (2000), que compreende o conhecimento profissional como um processo no qual os resultados levam o professor à reflexão, que tem uma função crítica, questionando a estrutura de pressupostos do ato de conhecer. Essa reflexão sobre as próprias ações não admite a ideia de simples aplicação de teorias e técnicas derivadas de pesquisa científica à solução de problemas da prática.

As ações do professor prático reflexivo não se limitam à escolha dos meios e à resolução dos problemas, mas engloba também uma deliberação em relação aos fins e uma reflexão sobre o contexto (SCHÖN, 2000; TARDIF, 2012). Esse professor é, portanto, capaz de lidar com situações relativamente indeterminadas, flutuantes, contingentes, e de negociar com elas, criando soluções novas e ideais. Ele planeja suas tarefas docentes como um facilitador de aprendizagem, um prático reflexivo, capaz de provocar a cooperação e participação dos alunos (IMBERNÓN, 2011).

Imbernón (2011) reforça que a formação inicial de professores deve abandonar o conceito de professor tradicional, acadêmico ou enciclopédico e o do especialista-técnico, próprio do enfoque da racionalidade técnica. Tardif (2012) concorda com Imbernón (2011) ao afirmar que os conhecimentos docentes não podem se limitar a macetes, procedimentos técnicos padronizados, modos operatórios codificados pela rotina, como “receitas de bolo” pelas quais basta seguir que o objetivo é alcançado. As receitas, muitas vezes, falharão, pois o trabalho do professor exige sempre uma parcela de improvisação e de adaptação a situações novas e únicas. Isso exige do profissional reflexão e discernimento para que possa não só compreender o problema como também organizar e esclarecer os objetivos almejados e os meios a serem usados para atingi-los. Para Imbernón (2011, p. 67), “seria preciso abandonar práticas docentes dos alunos de formação inicial que suponham simplesmente um processo acrítico; e, ao

contrário, favorecer uma análise teórica e de contraste de ideias com a realidade observada”. Isso requer analisar as práticas para valorizar seus pressupostos, aprendendo a decodificá-las e contextualizá-las. É preciso introduzir na formação inicial de professores uma metodologia presidida pela pesquisa-ação como processo de aprendizagem da reflexão educativa.

Considerando a importância de todas as instâncias de reflexão na atividade docente (SCHÖN, 2000), o processo de formação deve se dar por meio de uma conversação e não se basear “nas dicotomias entre meios e fins, pesquisa e prática, fazer e conhecer, já que a prática assemelha-se à pesquisa, os meios e fins são concebidos de forma interdependente nos problemas, assim como o conhecer e fazer são inseparáveis” (DUARTE *et al.*, 2009, p. 4). Os saberes vão sendo criados e remodelados conforme a práxis e a teoria se complementam.

Schön (2000) destaca a existência de um conhecimento prático que alicerça o trabalho docente em sala de aula (conhecimento-na-ação), assim como a importância de habilidades de reflexão-na-ação e reflexão-sobre-a-ação, o que permite ao professor um movimento continuado de adaptação de sua práxis aos contextos de atuação.

As reformas relativas à formação inicial de professores fazem “parte de um movimento ainda mais amplo que visa a atribuir aos atores do trabalho o *status* de produtores de saberes forjados nos próprios espaços cotidianos das situações de trabalho” (TARDIF, 2012, p. 294). Isso significa dizer então que, mais do que docentes reflexivos, os professores são considerados intelectuais críticos (CONTRERAS, 2002). “A reflexão não especificada de outras abordagens interpretativas é substituída pela reflexão crítica, a qual só se torna possível com o auxílio dos instrumentos teóricos adequados (que desvelem os processos de geração e manutenção das desigualdades e da opressão)” (BASTOS; NARDI, 2008, p. 15).

Moreira (2011) sugere que as licenciaturas vejam seus estudantes como intelectuais capazes de assumir responsabilidades pelas decisões relativas ao conteúdo que vão ensinar, à forma como vão ensinar e aos objetivos perseguidos. Para o autor, considerar os professores como intelectuais, implica incitá-los a analisar a função social que desempenham e a compreender que certas tradições e condições têm impedido uma prática transformadora mais efetiva. “Considerar os professores como intelectuais envolve ajudá-los a identificar os interesses políticos e ideológicos que estruturam a natureza do discurso, as relações sociais da sala de aula e os valores transmitidos aos alunos” (MOREIRA, 2011, p. 50).

Nesse sentido, surge o conceito de racionalidade crítica, proposto por Contreras (2002), que vem para expandir a questão da reflexão sobre a ação docente. Acrescentando uma perspectiva crítica ao contexto de ensino, leva os professores a questionarem suas ideias sobre sociedade, escola e ensino. Eles participam tanto da construção do conhecimento teórico quanto

da transformação do pensamento e da prática social. Dessa forma, o professor deve aperfeiçoar um conhecimento sobre o ensino que “reconheça e questione sua natureza socialmente construída e o modo pelo qual se relaciona com a ordem social, bem como analisar as possibilidades transformadoras implícitas no contexto social das aulas e do ensino” (CONTRERAS, 2002, pp.157-158).

A natureza reflexiva da prática docente do licenciando deve ir além dos saberes que formalmente foram aprendidos nas atividades da instituição formadora. Ela volta-se também para os saberes construídos em situações não formais. Muitas práticas pedagógicas e conteúdos científicos diversos são buscados fora das universidades, principalmente na internet. “É possível observar por seus aspectos pedagógicos inerentes, que a internet dá acesso a um enorme número de informações difundidas por todo mundo, que crescem e atualizam-se exponencialmente” (FREITAS, 2012, p. 34). É um

meio que pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem visto que oferece para o trabalho do professor inúmeros recursos que facilitam as suas tarefas como: a de preparar aulas, fazer trabalhos de pesquisa e relacionamento com alunos fora do horário de aula; além de oferecer materiais atraentes para apresentações e subsídios teóricos que alicerçam suas aulas. (FREITAS, 2012, p. 35).

É nesse terreno rico e amplo, mas ao mesmo tempo perigoso, pelas superficialidades e incorreções que muitas vezes são veiculadas, que o professor deve exercer sua reflexão sobre os efeitos de seu uso. O mundo atual, imerso em informação acessível e rápida, demanda por professores egressos dos cursos de formação inicial capacitados para suas funções docentes, muito além do profissional tecnicista de saberes limitadores. É uma tarefa difícil para os professores formadores de professores se levarem em conta todos os saberes que a sociedade necessita e atender, inclusive, as competências que os órgãos reguladores exigem. O Conselho Nacional de Educação, do Ministério da Educação e Cultura (CNE/MEC), pela resolução CNE/CP 009/2001 (BRASIL, 2002), determina algumas competências, sucintamente apresentados por Barcelos (2013), que o futuro professor deve possuir:

- Domínio dos conteúdos a serem socializados, seus significados em diferentes contextos e sua articulação interdisciplinar.
- Conhecimento de processos de investigação que possibilitem o aperfeiçoamento da prática pedagógica. Ou seja, o licenciando deve ser capaz de analisar sua própria prática docente em contexto educacional, utilizando a reflexão de maneira sistemática, mantendo-se atualizado do conteúdo de ensino, dos conhecimentos pedagógicos e dos resultados de pesquisa.

- Gerenciamento do próprio desenvolvimento profissional: o professor deve estar disponível e ser flexível o bastante para utilizar fontes de leitura para seu desenvolvimento profissional, elaborando e desenvolvendo projetos pessoais sobre os sistemas de ensino, legislação e políticas públicas para se inserir criticamente na profissão.
- Domínio do conhecimento pedagógico: refere-se ao conhecimento da utilização da didática para o desenvolvimento dos alunos. Tem a ver com o conhecimento de manejo de classe, diferentes estratégias de comunicação dos conteúdos, conhecimento sobre produção de recursos didáticos; envolve também o desenvolvimento das qualidades interpessoais que permite criar clima favorável à aprendizagem e, por fim, envolve o conhecimento das técnicas de avaliação.

Bastos e Nardi (2008) apresentam uma lista de princípios gerais úteis para a estruturação de programas de formação de professores, resumida por Marcelo García (1999, pp. 26-30 *apud* BASTOS; NARDI, 2008, p. 20):

- A formação docente é um *continuum* (não termina com a formação inicial);
- Integração entre: conhecimentos disciplinares e pedagógicos, teoria e prática, processo de formação docente e os de desenvolvimento organizacional da escola, formação docente e processos de mudança curricular;
- Adaptação da formação às características dos indivíduos e grupos;
- Questionamento das crenças e práticas vigentes relativas ao processo educativo (reflexão crítica).

Para tanto, como afirma Tardif (2012), o que é preciso não é exatamente esvaziar a lógica disciplinar das licenciaturas, mas dar um espaço maior para uma lógica de formação que reconheça os licenciandos como sujeitos do conhecimento e não simplesmente como ‘tábulas rasas’ às quais apenas se fornece conhecimentos disciplinares e informações procedimentais. Essa lógica deve proceder por meio de um enfoque reflexivo, que considere os condicionantes do trabalho docente e as estratégias utilizadas para eliminar esses condicionantes na ação.

4.3 ESTÁGIO SUPERVISIONADO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

É na relação prática-teoria refletida que se busca a dimensão essencial da problemática da formação inicial do professor. Vários autores (BURIOLLA, 2001; PICONEZ, 2003; IMBERNÓN, 2011) enfatizam que as práticas devem ser o eixo central sobre o qual a formação

do conhecimento profissional básico do professor deve girar. Imbernón (2011, p. 67) afirma que “as práticas devem servir de estímulo às propostas teórico-práticas formais, de maneira a permitir que os alunos interpretem, reinterpretem e sistematizem sua experiência passada e presente, tanto intuitiva como empírica”. Buriolla (2001, p. 89) defende que teoria e prática devem ser trabalhadas como uma unidade: teoria-prática. “A teoria só existe por e em relação à prática. Há uma relação dialética entre elas: a teoria se constrói sobre a prática, mas também antecipa-se a ela.”

A prática da reflexão tem contribuído para o aprofundamento da relação dialética prática-teoria e tem implicado um movimento que revela as influências teóricas sobre a prática do professor e as possibilidades de modificação na realidade, em que a prática fornece elementos para teorizações que podem acabar transformando aquela prática primeira (PICONEZ, 2003, p. 25). Daí, a razão de ser um movimento na direção da prática-teoria recriada. “O processo de conscientização inicia-se com o desvelamento da realidade”.

O contexto relacional entre prática e teoria tem significado importante na formação do professor, pois orienta a transformação do sentido da formação do conceito de unidade, ou seja, da teoria e prática relacionadas e não apenas justapostas ou dissociadas (PICONEZ, 2003). “O contexto institucional historicizado e situado na processualidade da supervisão manifesta-se como o espaço privilegiado de fontes de dados para o aprendizado profissional” (BURIOLLA, 2001, p. 82).

Na proposta curricular, teoria e prática constituem uma unidade indissociável da formação do profissional, na medida em que os dois elementos são trabalhados de forma integrada. “A teoria não se apresenta como um conjunto de regras e normas. É reformulada e trabalhada a partir do conhecimento da realidade concreta. Quanto à prática, ela é ponto de partida e, também, de chegada” (FÁVERO, 2011, p. 69).

O Estágio Supervisionado é uma parte importante da relação entre teoria e prática e representa de certo modo, o elo de articulação com a própria realidade. Nessa ótica, o Estágio deve ser considerado um instrumento fundamental no processo de formação inicial do professor, que auxilia o licenciando a compreender e enfrentar o mundo do trabalho e contribuir para a teoria à prática. Piconez (2003, p. 25) assume que a prática de ensino sob forma de Estágio Supervisionado é “um componente teórico-prático, isto é, possui uma dimensão ideal, teórica, subjetiva, articulada com diferentes posturas educacionais, e uma dimensão real, material, social e prática, própria do contexto da escola brasileira”.

Segundo Kenski (2003, p. 40), o modelo de formação mais comum é o que apresenta a disciplina Estágio Supervisionado apenas nos dois últimos períodos, em que os licenciandos

fazem visitas semanais a escolas e têm um encontro periódico com o supervisor e os demais colegas de estágio, para troca de experiências e informações. Muitas vezes, apresenta-se desvinculado das atividades praticadas pelos licenciandos nos semestres anteriores. Para a autora, “o Estágio Supervisionado traz em si uma expectativa de apoteose, de *gran finale*, no qual todos os problemas e deficiências apresentadas durante o curso têm uma chance a ser pelo menos discutido”.

Sem discussões entre educador e educando “o conhecimento da realidade escolar através dos estágios não tem favorecido reflexões sobre uma prática criativa e transformadora nem possibilitado a reconstrução ou redefinição de teorias que sustentem o trabalho do professor” (PICONEZ, 2003, p. 17).

Sobretudo, o espaço do estágio deveria supor uma produção de conhecimento, que, por meio de um processo criador e recriador, não se limitasse às meras transferência e aplicação de teorias e conteúdos. Para que o indivíduo se torne profissional deve comprometer-se profundamente como construtor de uma práxis em que a identificação teoria-prática deve apresentar-se como ato crítico, no qual se demonstra que a prática é racional e necessária e a teoria, realista e racional. (FÁVERO, 2011).

Segundo Buriolla (2001) e Piconez (2003), porém, o desenvolvimento de práticas dessa natureza nos cursos de graduação está longe da realidade. O Estágio configurado como tal, “apresenta-se, hoje, salvo algumas exceções, com muitas dificuldades de se operacionalizar sob esta concepção” (BURIOLLA, 2001, p. 17). O que se vê, segundo Piconez (2003), ao analisar as pedagogias das atividades do Estágio, é a importação de ideias e técnicas criadas em outras realidades, em outras áreas de conhecimento e, portanto, com interesses, necessidades e finalidades também diferentes da realidade observada nas salas de aula da escola brasileira. Nesse panorama, prática, teoria e reflexão ficam totalmente desarticuladas.

A prática da reflexão sobre a prática vivida e concebida teoricamente, proporcionada pela postura crítica, mais ampliada, permite perceber os problemas que permeiam as atividades e a fragilidade da prática. “O estágio é o *locus* onde a identidade profissional do aluno é gerada, construída e referida; volta-se para o desenvolvimento de uma ação vivenciada, reflexiva e crítica” (BURIOLLA, 2001, p. 13).

Um ponto excelente do Estágio é a possibilidade se fazer essa reflexão de modo coletivo, compartilhando experiências, opiniões, relatos de êxito e frustração, sentimentos de medo e de satisfação, dúvidas metodológicas e de conteúdo. São nas reuniões entre licenciandos e professores que muito da identidade de professor acaba se fortalecendo, pois é o momento em que o aluno pensa como professor mesmo estando fora da sala de aula da escola.

Nesses espaços, o diálogo sobre os problemas vividos na sala de aula torna-se, portanto, o objeto principal de conhecimento e o conteúdo próprio da prática educativa. “Na relação dialógica, a troca de opiniões e experiências contribui para a elaboração de novos conhecimentos” (PICONEZ, 2003, p. 29).

Dessa forma, o Estágio Supervisionado é essencial à formação do futuro professor enquanto lhe propicia um momento específico de sua aprendizagem, uma reflexão sobre a ação profissional. Quando o Estágio é desenvolvido tal como deve ser, um processo dinâmico, criativo e reflexivo, possibilita-se a elaboração de novos conhecimentos, novos saberes.

4.4 ANALOGIAS NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

Tanto a pesquisa na área da formação inicial de professores e continuada quanto na área da metodologia de ensino com analogias têm progredido bastante nas últimas quatro décadas e, pelo volume de publicações que se vê, continuam evoluindo. Observa-se que a investigação na formação de professores, uma área bastante ampla, que envolve pesquisas de toda gama metodológica e ideológica, tem colaborado muito com os avanços no uso didático da analogia e vice-versa. Há um movimento de congruência, de benefício mútuo, quando os dois assuntos se mesclam nas pesquisas.

Como as estratégias de ensino com analogias envolvem questões práticas do professor, que certamente interferem em outros aspectos de sua práxis, entender os conceitos e os procedimentos sobre analogias que os professores possuem acaba por elucidar outras particularidades também. De forma inversa, o que se sabe sobre a natureza da formação inicial de professores implica, pela ideologia, em como as analogias são utilizadas.

Dependendo de como foi sua formação inicial, a forma do professor de trabalhar com as analogias em sala de aula pode ser adequada ou não; pode ser centrada na própria explicação do professor, no livro didático ou no aluno; pode ser mais tímida ou tomar posição principal na aula; pode gerar concepções alternativas ou pode, por devida precaução, ser mais limitante; pode conturbar ou clarificar a explicação. Enfim, é nítido que o modelo de formação influencia no uso adequado da analogia para fins pedagógicos. Muitas pesquisas no ensino de Ciências, no Brasil e no mundo, têm demonstrado essa afirmação, tanto as que utilizaram a analogia para investigar a formação docente quanto o contrário. As pesquisas sobre o uso de analogias por professores (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002), pelos livros (THIELE; TREAGUST, 1992; GLYNN *et al.*, 1994) e pelos alunos (WONG, 1993; FARIAS;

BANDEIRA, 2009) têm grande parcela no total de investigações sobre metáforas e analogias pedagógicas. Já com relação a licenciandos, o número de pesquisas é bastante reduzido, o que facilita, relativamente, traçar a história da participação das analogias dos licenciandos em sua formação inicial por meio dos principais trabalhos da área.

Em 1988, Bullough Junior (1991) iniciou algumas análises de depoimentos de licenciandos sobre suas autopercepções como educadores. Os licenciandos foram orientados a descrever por meio de metáforas como se viam como professores. A autoanálise por metáforas já era empregado para professores desde 1967, por Bandman, mas a pesquisa de Bullough Junior é uma das primeiras pesquisas (senão a primeira) sobre a produção de metáforas por licenciandos. Metaforicamente, os estudantes (*pre-service teachers*) pesquisados se viam como pais, jardineiros, treinadores, e cozinheiros. Três licenciandos entrevistados foram pesquisados de modo mais aprofundado e em entrevistas disseram que se viam como: lavrador que cultivava os estudantes; advogada do diabo; e lagarta que vira borboleta (metamorfose). O autor constatou que as metáforas mostravam o idealismo dos licenciandos, mas muitas vezes eram metáforas superficiais.

A metáfora e a formação inicial de professores já estavam tendendo à convergência nas pesquisas, mas ainda sem a aplicação pedagógica. O interesse pelas analogias e metáforas feitas pelos professores se intensificou na década de 90. Glynn (1991), Duit (1991), Harrison e Treagust (1994) e Dagher (1995) são grandes nomes nessa área e referências importantes até hoje.

Cachapuz e Oliveira (1990) já falavam da falta de formação adequada dos professores de ciências de Portugal sobre a utilização da metáfora e da analogia no ensino. Os autores afirmaram que os licenciandos, sem saber distingui-las, teriam problemas em utilizá-las depois em sala de aula, pois implicam em abordagens didáticas diferenciadas. Esse resultado corrobora Imbernón (2011) que afirma que o tipo de formação inicial que os professores geralmente recebem não oferece preparo suficiente para aplicar novas metodologias de ensino.

Wong (1993b), por sua vez, examinou as práticas docentes de onze *secondary pre-service teachers*. O pesquisador concluiu que a geração de analogias múltiplas resultava do grande entendimento dos licenciandos sobre o conteúdo, isto é, quanto mais sabiam sobre o conceito científico ensinado, mais seguros ficavam para utilizar analogias.

Jarman (1996) verificou a origem, natureza, apresentação e validade das analogias produzidas por licenciandos de Ciências durante suas aulas na disciplina Prática de Ensino em turmas da Educação Básica, nos Estados Unidos. Segundo o estudo, os licenciandos produziam suas analogias ou adaptavam ideias dos professores, negligenciavam os cuidados relativos ao

uso adequado das analogias e as consideravam como instrumentos didáticos desprovidos de qualquer efeito colateral indesejável. Em outras palavras, os licenciandos não tinham instrução para o uso de analogias e nem ideia de que o mau uso pode fomentar o aparecimento ou reforço de concepções alternativas por parte dos alunos.

Em 1998, Treagust, Harrison e Venville recorreram aos licenciandos para ajudar a aprimorar um modelo de ensino com analogias, o Guia FAR. Os autores levaram as analogias encontradas por Treagust *et al.* (1995) para licenciandos dos últimos anos do curso de Química para que fossem examinadas e tivessem levantadas suas possíveis concepções alternativas. O Guia FAR então foi introduzido, explicado e discutido. Depois, os licenciandos foram encorajados a apresentar novas analogias e utilizá-las segundo o Guia em suas aulas de estágio. A partir daí, muitos pesquisadores voltaram-se para o uso da analogia na prática docente dos licenciandos, principalmente durante as aulas de Estágio Supervisionado.

No Brasil, uma das primeiras preocupações com o uso de analogias na formação inicial de professores foi manifestada por Delizoicov (2002). A pesquisadora investigou a analogia “coração como bomba hidráulica” nos manuais utilizados pelos cursos de formação de professores de Biologia, mas, nessa pesquisa, mais preocupada com a contextualização histórica da analogia. A autora concluiu que nenhum livro fazia referência à história da analogia como, por exemplo, a influência de William Harvey nessa ideia.

Bozelli (2005), em seu mestrado, pesquisou sobre as analogias e metáforas utilizadas em aulas de Física Geral em um curso de Licenciatura em Física. A autora verificou como os licenciandos interpretam as analogias feitas pelo professor. Concluiu que as analogias são produzidas, em sua maioria, pelo professor universitário de forma espontânea, sem planejamento prévio, e que os licenciandos consideram a analogia como uma estratégia facilitadora da aprendizagem.

Rigolon e Obara (2007) levantaram as analogias usadas por licenciandos de Biologia de uma universidade do Paraná durante as aulas de Estágio Supervisionado. A composição dos dados se deu em duas etapas, intercaladas por uma intervenção pedagógica de instrumentalização sobre o uso didático da analogia. O estudo concluiu que os licenciandos não receberam nenhum tipo de instrução sobre o uso de analogia durante a graduação, tal como Cachapuz e Oliveira (1990) também afirmaram. Antes da intervenção, utilizavam analogias e metáforas em suas aulas de estágio, mas sem estruturá-las, as apresentando de forma espontânea e superficial. Após a intervenção, os licenciandos passaram a elaborar previamente analogias mais complexas e com menos induções a concepções alternativas.

Pesquisa parecida foi a de Farias, Godinho e Prochnow (2011), que investigaram o uso das analogias por estagiários de Biologia na disciplina de Ciências, no Rio Grande do Sul. Semelhantemente a Rigolon (2008), as autoras concluíram que a prática docente dos licenciandos seria melhor se conhecessem e aprofundassem o embasamento teórico das analogias na Educação.

Santana (2014) focou sua pesquisa no conceito que os docentes formadores de professores de Biologia, no Ceará, possuem sobre o potencial didático da analogia. Assim como os licenciandos das duas pesquisas citadas anteriormente, os professores universitários, apesar do uso recorrente, também não distinguem analogia de metáfora e carecem de mais informações para trabalhar o conteúdo em suas aulas na licenciatura.

Bozelli (2010) também averiguou, em seu doutorado, as analogias produzidas por licenciandos durante o Estágio Supervisionado, porém do curso de Física. A autora investigou o processo de mobilização de saberes docentes em contextos interativos discursivos de ensino de Física envolvendo analogias e seu potencial como estratégia didática. Além disso, o estudo permitiu gerar

reflexões acerca do potencial das analogias como recurso didático, possível de subsidiar o desenvolvimento de ações no campo da formação inicial de professores, investigar habilidades que os futuros professores possuem (ou deveriam possuir) visando a produção e o desenvolvimento de atividades de ensino que comportem a analogia como um recurso didático. (BOZELLI, 2010, p. 4).

De acordo com Bozelli (2010), os licenciandos de Física, por não terem instrução a respeito, utilizaram essas analogias de forma superficial, com poucas similitudes entre base e alvo, sem elaboração prévia.

Na Química, muitas pesquisas têm alcançado resultados interessantes também para a formação de professores. Freitas (2011) pesquisou o uso de analogias por licenciandos de Química, em Pernambuco, porém distinguiu uma amostra que já tinha experiência docente da outra que não possuía. De modo geral, indistintamente, o resultado seguiu o padrão das pesquisas com formação docente em outras áreas: os licenciandos fazem uso da analogia, a maioria de forma espontânea, porém sem conhecimento teórico sobre suas potencialidades e os cuidados necessários para o uso didático. A autora aponta para a necessidade de uma prática docente mais crítica-reflexiva. Silva, Souza e Silva (2013) verificaram que uma grande parcela licenciandos de Química pesquisados, também de Pernambuco, não sabe interpretar satisfatoriamente analogias contidas em livros didáticos. Logo, não discutem os limites das

analogias pictóricas. Os autores sugerem que isso seja resultado de uma lacuna curricular do curso de formação inicial.

Oliveira e Mozzer (2015) apresentam resultados interessantíssimos sobre o uso de analogias por licenciandos. A maioria das pesquisas na área apresenta resultados parecidos que mostram a falta de conhecimento teórico sobre analogia pelos licenciandos e ligam o fato à escassez ou ausência de atividades instrumentalizadoras no curso de formação inicial. As autoras, porém, vão além e concluem que nem a apresentação e discussão sobre analogia na licenciatura é o suficiente para que sejam utilizadas analogias de modo satisfatório. O estudo foi realizado com 14 licenciandos em Química de uma universidade mineira, dos quais apenas “três deles ainda não haviam passado por discussões sobre analogias” (OLIVEIRA; MOZZER, 2015, p. 1). Eles foram solicitados a elaborar uma analogia “para facilitar o entendimento de alunos da Educação Básica sobre reações químicas”. Apenas um quinto (três licenciandos) apresentou “analogias em potencial” (GENTNER, 1983). “Entre estes, apenas L2 ainda não havia passado por discussões sobre analogias. Isto nos leva a supor que este já possuía algumas das habilidades importantes para elaborá-las como imaginação, criatividade e abstração.” Por outro lado, a maior parte dos licenciandos (8), que já havia passado por discussões sobre analogias, estabeleceu comparações de mera aparência ou citou exemplos como se fosse analogia. Considerando que tais licenciandos passaram apenas por discussões teóricas sobre analogias, as autoras supõem que “um processo de formação restrito ao conhecimento teórico sobre analogias pode não ser suficiente para que os futuros professores elaborem boas analogias” (OLIVEIRA; MOZZER, 2015, p. 2).

Oliveira e Mozzer (2015, p. 2) tiveram evidências de que experimentar apenas discussões teóricas durante a formação pode não ser suficiente para que os licenciandos utilizem analogias de forma apropriada no ensino científico. As autoras acreditam que “a elaboração de analogias requer habilidades que vão além do conhecimento sobre aspectos teóricos, as quais devem ser desenvolvidas durante o processo de formação, com a prática”.

É nessa perspectiva que as atividades práticas docentes dos licenciandos durante o Estágio Supervisionado podem construir os saberes dos licenciandos sobre o uso didático da analogia. Ali está o momento em que o futuro professor pode utilizar seu conhecimento teórico sobre a analogia como estratégia didática, adaptá-la às condições de trabalho que a escola, por meio do estágio, oferece e refletir sobre sua prática para a evolução de seus saberes docentes.

5 OBJETIVOS E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

“*Amice, ad quid venisti?*”
“Amigo, a que vieste?”
Vulgata, Matthaeum 26.86 (séc. IV)

5.1 PROBLEMATIZAÇÃO E OBJETIVOS

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, percebeu-se que conforme os estudos e a própria etapa de constituição de dados foi acontecendo, novas perguntas foram surgindo enquanto outras eram prontamente respondidas. Os questionamentos, flexíveis por natureza, foram se modificando conforme os desafios eram apresentados.

De acordo com Bogdan e Biklen (1994), os planos da pesquisa evoluem na medida em que o pesquisador se familiariza com o ambiente, com as pessoas e com as fontes de dados. Tal como é a pesquisa qualitativa, a formulação das questões deve ser resultante da recolha de dados e não efetuadas *a priori*. No caso dos estudos qualitativos, o planejamento é efetuado ao longo de toda a investigação simultaneamente à análise de dados. Sendo assim, o investigador deve estar preparado para modificar não só suas questões iniciais motivadoras e suas estratégias para a constituição dos dados, mas também suas expectativas.

No entanto, este tipo de estrutura de investigação é uma herança científico-acadêmica, ainda relacionada à metodologia quantitativa. A formulação de perguntas muito específicas e inflexíveis antes de qualquer recolha de dados limita e empobrece a pesquisa. Quem se dedica às propostas qualitativas devem entender que estas não são contratos rígidos dos quais o investigador não possa se desviar (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Strauss (1987) é mais enfático e, sendo apoiado por Bogdan e Biklen (1994), afirma, de acordo com sua Teoria Fundamentada nos Dados, que nenhuma proposta em investigações qualitativas deveria ser escrita sem, pelo menos, previamente, uma recolha e análise de dados. Só apenas ter-se passado algum tempo no campo de pesquisa, é que se encontra uma melhor situação para discutir e elaborar os planos de pesquisa.

O que se sabia desde o início, nesta pesquisa, era que seriam abordados os temas ‘Analogia’ e ‘Formação inicial de professores’. As questões iniciais, apresentadas no projeto, eram mais genéricas e serviram para uma orientação inicial. A preocupação primordial era sobre o uso e a frequência de analogias por professores das Ciências no Ensino Médio e as analogias quantitativas dos livros didáticos. Eram questões gerais baseadas em propostas especulativas.

Era um exercício imaginativo para tentar prever respostas mais ou menos certas para perguntas que, de praxe, são formuladas no início do trabalho de pesquisa.

No decorrer dos estudos iniciais, concluiu-se que a ênfase deveria, em função do que já existia na literatura e das necessidades da área, concentrar-se nas analogias quantitativas e na formação inicial de professores. Considerando a ausência de uma metodologia estabelecida para o uso de analogias quantitativas nas aulas de Ciências, outras perguntas foram surgindo e a problematização desta pesquisa foi tomando corpo. Ao final do processo, alguns questionamentos puderam ser delineados e, na medida do possível, respondidos.

Com relação ao uso de analogias quantitativas como estratégia didática em aulas de Biologia e Física, pretendeu-se responder as seguintes questões inerentes:

- Como são empregadas as analogias quantitativas que licenciandos de Biologia e de Física utilizam em suas aulas para explicar conceitos relacionados a medidas?
- Qual é o grau de elaboração das analogias quantitativas quando os licenciandos, especificamente os de Biologia, foram previamente instruídos e em que se diferenciam dos que não foram?
- Quais são as diferenças entre os usos da analogia quantitativa dos licenciandos de Biologia e dos de Física?

Dentro da perspectiva da formação de professores autônomos e reflexivos, outros questionamentos puderam ser levantados, como:

- Considerando a importância de se realizar por conta própria exames avaliativos de suas ações, antes e depois de suas intervenções pedagógicas, como se dá a interação dialógica entre licenciandos e o professor formador de professores?
- Que saberes esses licenciandos elaboram e mobilizam para o ensino de macro e micromedidas, especificamente ao utilizarem analogias quantitativas?

Para tanto, com ciência da ampla problemática apresentada, esta pesquisa pode apresentar objetivos gerais e mais específicos respondê-la. O objetivo geral consiste na investigação do uso e do não uso de analogias quantitativas no ensino de conceitos científicos por licenciandos de Física e Biologia de duas universidades públicas em aulas do Estágio Supervisionado.

Especificamente, pretendeu-se:

- Verificar como analogias quantitativas são utilizadas por licenciandos de Biologia e Física em duas condições: i) sem instrução prévia sobre analogias por meio de

questionários e durante a regência de oficinas; e ii) com instrução prévia em regência de oficinas do Estágio Supervisionado;

- Elaborar, aplicar e registrar uma intervenção pedagógica para licenciandos de Biologia e a elaboração de estratégias didático-pedagógicas para o ensino de macro e micromedidas;
- Pesquisar quais cuidados os licenciandos de Biologia apresentam para elaborar aulas com utilização de analogias quantitativas, considerando a formação do professor reflexivo;
- Comparar o uso e o conceito sobre analogias quantitativas entre licenciandos de Biologia e Física que não tiveram instrução prévia sobre o tema e comparar o uso e o conceito de analogias quantitativas entre licenciandos de Biologia com e sem instrução prévia.
- Com relação ao uso didático das analogias, conhecer as dificuldades, estratégias, reflexões e preferências, bem como os saberes docentes, dos licenciandos de Física e Biologia em aulas do Estágio Supervisionado.

Conforme a pesquisa foi se desenvolvendo, os objetivos foram se remodelando, principalmente em função do contexto e dos primeiros resultados que foram se apresentando. O aprofundamento da pesquisa deu-se apenas com turmas de licenciandos de Biologia de uma universidade. Por isso, o segundo e o terceiro objetivo específico não contemplaram licenciandos de Física.

5.2 METODOLOGIA

Os fatos não existem por si mesmos, em um estado bruto. Os fatos só existem a partir da observação, orientada por um conjunto de representações e de esquemas, por intermédio dos quais os humanos percebem, interpretam, classificam, compreendem os fenômenos. As teorias dão formato, significado e sentido, classificam, produzem e alteram a percepção e os fenômenos, que são comumente chamados fatos ou realidade. Então, os fatos não existem por si mesmos, pois toda observação é teoricamente orientada (BARROS; JUNQUEIRA, 2009).

O que os humanos percebem ao observar o mundo é, portanto, *produto* de uma operação muito complexa, na qual estão envolvidos o observador, o observado, os esquemas interpretativos utilizados pelo observador e o contexto em que tal observação se dá e adquire ou encontra sentido (BARROS; JUNQUEIRA, 2009).

Nas Ciências Sociais,

os objetos observados não são jamais uma coisa inerte, sem vontade própria. Eles podem interagir com o observador e, inclusive, reagir às suas interpretações, pois são sujeitos dotados de capacidade autorreflexiva e fornecem, eles mesmos, interpretações acerca de suas situações. E ainda mais: não se pode esquecer que a própria presença do observador em determinado cenário já produz alterações no panorama observado. E ainda: o olhar do observador enseja mudanças no objeto e vice-versa. (BARROS; JUNQUEIRA, 2009, p. 34).

À pergunta se um dia será possível construir uma teoria neutra e, assim, atingir uma compreensão límpida e sem filtros, livre de condicionamento social ou de interesses contingentes, a resposta é negativa. “Não há possibilidade de realização de qualquer forma de pensamento fora de um contexto social. Não há ciência sem historicidade. Não existe conhecimento *desinteressado*” (BARROS; JUNQUEIRA, 2009, p. 36).

As pesquisas educacionais têm essa característica de intencionalidade. O papel do investigador é importante, daí então, pode modificar o contexto que pretende investigar, qualquer que seja a sua condição de inserção tendo por base o objetivo não só de coletar dados, mas, muito mais além, também o de contribuir com o avanço do grupo (PERUZZO, 2009).

5.2.1 Pesquisa qualitativa

A metodologia desta pesquisa, como é a da maioria das pesquisas em Educação atualmente, baseia-se em princípios filosófico-epistemológicos de natureza qualitativa. Talvez não fosse tão importante discutir sobre os métodos qualitativos, uma vez que tais processos há tempos estão arraigados no cerne das pesquisas sociais e efetivamente consolidadas como ferramentas ideais para a coleta e o tratamento de informações mais aprofundadas sobre conceitos e procedimentos humanos (FLICK, 2009), mas esta modalidade de pesquisa ainda é vista por cientistas de formação mais positivista e/ou circunscrito ao pensamento quantitativo das Ciências Exatas e Naturais como inferior à pesquisa quantitativa. “Alguns autores entendiam medida como sinônimo de ciência, e tudo o que saísse deste registro era considerado suspeito” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 64).

A pesquisa quantitativa é vital para outras áreas do conhecimento e até chegou a ser aplicada nas Ciências Humanas, numa tentativa de equipará-las às outras ciências. O método quantitativo adota uma orientação que aceita a conduta humana como decorrente de fatores,

internos e externos que atuam sobre as pessoas, gerando determinados resultados. Esses fatores poderiam ser estudados não somente pelo método experimental, mas também por levantamentos amostrais. Essa visão é chamada de Positivismo (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 2004).

Os estudos orientados pela doutrina positivista são influenciados, inicialmente, pela abordagem das Ciências Naturais, que postulam a existência de uma realidade externa que pode ser examinada com objetividade, pelo estabelecimento de relações causa-efeito, a partir da aplicação de métodos quantitativos de investigação, que permitem chegar a verdades universais. Dessa forma e sob essa ótica, os resultados das pesquisas são reproduzíveis e passíveis de generalização (TERENCE; ESCRIVÃO FILHO, 2006).

Compreende-se o Positivismo como uma combinação do Empirismo com a Lógica: a matemática estabelece as regras da linguagem *a priori* e o conhecimento empírico obtém-se pela observação e pelo raciocínio indutivo (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 2004). Os positivistas, com sua metodologia puramente quantitativa, defendem a verificabilidade dos enunciados científicos e o estabelecimento de relações lógicas entre os mesmos, impondo um critério ideal de agir e pensar, isto é, um caráter normativo (TERENCE; ESCRIVÃO FILHO, 2006).

No início da década de 1960, o filósofo estadunidense Thomas Kuhn, apresenta uma discussão na qual mostra o esgotamento do paradigma positivista, o que dá mais força a abordagens de pesquisa diferentes da positivista. Desse modo, abriu-se espaço para o uso de técnicas qualitativas na geração de conhecimento (TERENCE; ESCRIVÃO FILHO, 2006).

A pesquisa qualitativa, inicialmente usada em Antropologia e Sociologia, começou então a ser incorporada em outras áreas. Na década de 1980, as pesquisas das Ciências Sociais e Humanas e, especialmente em Educação, em decorrência disso, modificaram-se. O que antes era dominado por questões de mensuração, definições operacionais, variáveis, teste de hipóteses e estatística “alargou-se para contemplar uma metodologia de investigação que enfatiza a descrição, a indução, a teoria fundamentada e o estudo das percepções pessoais” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 11). Esta abordagem é a Investigação Qualitativa.

Os dados recolhidos são chamados de ‘qualitativos’, “o que significa ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 16). Favorece-se, essencialmente, compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação. Os dados são recolhidos em decorrência de um aprofundado contato com os indivíduos em seus contextos naturais (BOGDAN; BIKLEN, 2004; TERENCE; ESCRIVÃO FILHO, 2006).

Segundo Flick (2009), a pesquisa qualitativa é de particular relevância ao estudo das relações sociais devido à pluralização das esferas de vida que exige uma nova sensibilidade para o estudo empírico das questões. A pesquisa está cada vez mais obrigada a utilizar-se das estratégias indutivas. Para Bardin (2011), a pesquisa qualitativa é válida, sobretudo, na elaboração das deduções específicas sobre um acontecimento ou uma variável de inferência precisa, e não em inferências gerais.

Resumidamente, a investigação qualitativa pode ser caracterizada por algumas condições próprias (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 2004; BOGDAN; BIKLEN, 2004, FLICK, 2009):

i) a fonte de pesquisa é o ambiente natural: é muito importante a presença do investigador no campo de pesquisa. Lá, o contexto faz toda a diferença. O comportamento humano é significativamente influenciado pelo contexto sociocultural em que ocorre.

Os objetos não são reduzidos a simples variáveis, mas sim representados em sua totalidade, dentro de seus contextos cotidianos. Portanto, os campos de estudo não são situações artificiais criadas em laboratório, mas sim práticas e interações dos sujeitos na vida cotidiana. (FLICK, 2009, p. 24).

ii) a investigação qualitativa é descritiva: os dados são palavras e imagens (transcrições, fotos, vídeos, desenhos) e não números. “A palavra escrita assume particular importância na abordagem qualitativa, tanto para o registro dos dados como para a disseminação dos resultados” (BOGDAN; BIKLEN, 2004, p. 49). Os dados qualitativos são essencialmente significativos. “Eles não incluem contagens e medidas, mas sim praticamente qualquer forma de comunicação humana – escrita, auditiva ou visual; por comportamento, simbolismos ou artefatos culturais” (GIBBS, 2009, p. 17).

iii) interessa-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados.

iv) a análise dados é mais indutiva: parte-se de dados particulares e, por meio de uma sequência de operações cognitivas, chega-se a leis ou conceitos mais gerais. Não se recolhem dados com o intuito de confirmar ou refutar hipóteses prévias. Pelo contrário, as abstrações são construídas à medida que os dados recolhidos agrupam-se. O investigador não se presume conhecedor das questões importantes antes de efetuar sua investigação.

v) importância vital do significado: interessa-se no modo como as pessoas dão sentido às suas atividades, isto é, o ponto de vista do informador. O objetivo é perceber o que os sujeitos da investigação experimentam, como interpretam suas experimentações e como estruturam o mundo em que vivem. “A pesquisa qualitativa leva em consideração que os pontos

de vista e as práticas no campo são diferentes devido às diversas perspectivas e contextos sociais a eles relacionados” (FLICK, 2009, p. 24).

A metodologia quantitativa e a qualitativa, em pesquisas de Ciências Sociais, são, por sua natureza, bem distintas, praticamente opostas. Em quase todos os pontos, do início ao fim de uma pesquisa, elas se diferem. Terence e Escrivão Filho (2006) sintetizam essas diferenças, apresentadas também por Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2004) (Quadro 7).

Apesar de todos os mecanismos de controle metodológico, a pesquisa qualitativa acaba sendo alvo de críticas dos pesquisadores quantitativos positivistas. Como envolve relações humanas, das quais fazem parte, por exemplo, o próprio pesquisador, “torna-se muito difícil evitar a influência dos interesses e da formação social e cultural na pesquisa e em suas descobertas” (FLICK, 2009, p. 22). Esses fatores influenciam desde a formulação das questões iniciais e, principalmente, na interpretação dos dados.

Segundo Peruzzo (2009, p. 142), ao mesmo tempo em que o investigador pode interferir no grupo pesquisado, ele se torna receptáculo de influências, estando sujeito a transpor um subjetivismo que poderia comprometer o estudo. “Apesar de todos os cuidados esse fator é um dos pontos duramente criticados, justamente por ser considerado transgressor dos princípios da neutralidade e, conseqüentemente, comprometedor dos resultados. Por isso, esse tipo de pesquisa é difícil de ser realizada.”

O que se poderia considerar, no entanto, como um empecilho à pesquisa científica ‘pura’, no entanto, acaba por ser parte não mais velada do processo da produção de conhecimento. O que nas Ciências Exatas e Naturais não leva em consideração, como a influência da formação, dos desejos e da ideologia do pesquisador, na leitura dos resultados e até na metodologia, as Ciências Sociais as tornam explícitas e até necessárias. Enquanto com os métodos quantitativos, evita-se a interação entre investigador e sujeitos da pesquisa, “os métodos qualitativos consideram a comunicação do pesquisador em campo como parte explícita da produção de conhecimento”, e não como uma variável que interfere negativamente no processo (FLICK, 2009, p. 25). A subjetividade torna-se parte do processo de pesquisa. As reflexões dos pesquisadores sobre suas próprias atitudes e observações em campo tornam-se dados em si mesmos, constituindo-se parte da interpretação.

Quadro 7. Características das abordagens qualitativa e quantitativa.

Elemento	Pesquisa qualitativa	Pesquisa quantitativa
Inferência	Dedutiva	Indutiva
Objetivo	Comprovação	Interpretação
Finalidade	Predição e teste de teorias e de hipóteses	Descrição e entendimento de realidades, perspectivas e cotidianos
Realidade investigada	Objetiva	Subjetiva
Foco	Quantidade	Natureza do objeto
Amostra	Grande	Pequena
Instrumentos de coleta de dados	Questões objetivas, aplicações em curto espaço de tempo, pouca interação entrevistador-entrevistado	Questões abertas e flexíveis, exploração da interação pesquisador-entrevistado
Análise dos dados	Estatística e numérica	Interpretativa e descritiva, ênfase na análise de conteúdo e do discurso
Plano de pesquisa	Proposta estruturada e formal desenvolvida previamente	Proposta flexível que evolui com o aprendizado
Resultados	Comprovação de hipóteses, a generalização independente do contexto	Proposições e especulações, resultados situacionais e contextuais
Confiabilidade e validade	Pode ser determinada, dependendo do tempo e recurso	Difícil determinação, dada à natureza subjetiva da pesquisa

Fontes: Quadro elaborado a partir de Bogdan e Biklen (1994), Terence e Escrivão Filho (2006), Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2005).

5.2.2 Pesquisa quali quantitativa

De modo enfático, Bogdan e Biklen (1994) afirmam que as pesquisas que tentam mesclar um plano experimental quantitativo com outro qualitativo, acabam por enfrentar grandes problemas. “Ao invés de conseguirem um produto híbrido de características superiores, acabam, normalmente, com algo que não preenche os requisitos de qualidade para nenhuma das abordagens” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 63). Essa é uma afirmação bastante inquietante, uma vez que os autores são referência de reconhecimento internacional para as pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. A interpretação que se tem, no entanto, desta posição dos autores é que o que eles recomendam é uma parcimônia com o uso misto de aspectos qualitativos e quantitativos, com o risco de resultar num trabalho insuficiente sob as duas óticas. É mais um aconselhamento do que uma proibição rigorosa.

Talvez até para atenuar o impacto de sua posição, Bogdan e Biklen (1994) ressaltam que é comum o uso de questionários na fase inicial da pesquisa e que frequentemente, a estatística descritiva e os resultados qualitativos têm sido apresentados conjuntamente. De fato,

muitos pesquisadores utilizam-nas em conjunto (EL-HANI; TAVARES; ROCHA, 2004; SILVA *et al.*, 2012; LIMA; MACHADO, 2014; LUCAS, 2014).

Não obstante às particularidades de cada abordagem metodológica, torna-se possível, na concepção de Chizzotti (2010), tratar os dados recolhidos quantitativa e qualitativamente ao mesmo tempo, isto é, de forma qualiquantitativa.

A pesquisa qualiquantitativa, como o próprio nome indica, representa a combinação das duas modalidades. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas, porém não abdica da interpretação dos fenômenos e da atribuição de significados aos dados.

A pesquisa qualitativa pode apoiar a pesquisa quantitativa e vice-versa, sendo ambas combinadas visando a fornecer um quadro mais geral da questão em estudo. Os aspectos estruturais são analisados com métodos quantitativos, e os aspectos processuais analisados com o uso de abordagens qualitativas. A perspectiva dos pesquisadores orienta as abordagens quantitativas, enquanto a pesquisa qualitativa enfatiza os pontos de vista dos sujeitos. (FLICK, 2009, p. 39).

A visão macro da abordagem quantitativa e a micro, mais detalhada, da qualitativa podem, combinadas, se relacionar para esclarecer um determinado ponto essencial, podendo cada uma delas ser apropriada a etapas distintas do processo de pesquisa. “As abordagens de metodologia mista interessam-se por uma combinação pragmática entre pesquisa qualitativa e quantitativa, o que deverá pôr um fim às guerras de paradigmas de tempos mais remotos” (FLICK, 2009, p. 40)

Enquanto Bogdan e Biklen (1994) não recomendam a mistura qualiquantitativa, Chizzotti (2010) afirma que as abordagens não devem ser opostas, mas, sim,

sinergicamente convergir na complementaridade mútua, sem confinar os processos e questões metodológicas a limites que atribuam os métodos quantitativos exclusivamente ao positivismo ou os métodos qualitativos ao pensamento interpretativo. (CHIZZOTTI, 2010, p. 34).

É necessário superar as oposições que subsistem nas pesquisas em ciências humanas e sociais. Pode-se fazer uma análise qualitativa de dados estritamente quantitativos, assim como os dados recolhidos com técnicas qualitativas podem ser analisados com métodos quantitativos (CHIZZOTTI, 2010).

5.2.3 Caracterização da metodologia

Para Flick (2009, p. 25), “a pesquisa qualitativa não se baseia em um único conceito teórico e metodológico unificado. Diversas abordagens teóricas e seus métodos caracterizam as discussões e a prática da pesquisa”. Entendendo que a pesquisa em Educação pode abarcar diferentes técnicas para a constituição de dados, tanto qualitativos quanto quantitativos (FLICK, 2009; CHIZZOTI, 2010), para a análise dos dados, esta pesquisa foi desenvolvida de modo polimetodológica. Os métodos que foram percebidos como insuficientes para se responder às questões inicialmente propostas e às conseqüentemente derivadas foram sendo descartados assim como as posteriores reflexões moveram o desenvolver da pesquisa para outros métodos mais afinados. É essa flexibilidade metodológica que torna a pesquisa em Educação mais rica em resultados e mais condizente com a realidade pesquisada.

Como já exposto, essa pesquisa se caracteriza como qualiquantitativa considerando que nela há etapas de constituição de dados por meio de questionários e análise estatística descritiva (recorte quantitativo) e etapas de pesquisa participante, observação e análise de discurso (recorte qualitativo). Essas etapas não são simultâneas e nem ocorrem com os mesmos grupos de sujeitos. A etapa quantitativa é inicial, mais ampla e menos profunda, e foi extremamente útil para direcionar os trabalhos na etapa qualitativa e para entender as diferenças de uso e conceito das analogias quantitativas por licenciados de Física e Biologia de duas universidades públicas, onde o estudo foi realizado. Depois, com o objetivo de aprofundar-se nos processos pedagógicos de elaboração de aulas que utilizam analogia quantitativa e a aplicação destas, seguidas de reflexão, a quantidade de sujeitos pesquisados teve de ser reduzida para se conseguir obter resultados mais profundos e consistentes. Por isso, não foi possível contemplar os licenciandos de Física para uma etapa de intervenção pedagógica como ocorreu com os de Biologia.

Um fluxograma da metodologia é sintetizado pelo Quadro 8 em quatro etapas. A seqüência metodológica é explicada detalhadamente adiante.

Quadro 8. Síntese da metodologia da pesquisa.

Etapas	Objetos
1ª) Questionário	
Elaboração	10 questões abertas
Sujeitos	Licenciandos do último ano de curso, sem instrução sobre analogias quantitativas: Universidade paulista: Física: 10; Biologia: 17; Universidade mineira: Física: 11; Biologia: 20.
Transcrição	Apêndice V
Análise estatística descritiva	Resultados
2ª) Oficinas de Física	
Execução	5 oficinas para um Centro Estadual de Educação de Jovens e Adultos (Ceeja) e 5 para um Colégio Técnico Industrial (CTI) sobre Astronomia, Cosmologia, Termologia, Óptica e Mecânica. Cada uma sobre um tema. Duração de 3 sessões de 45 minutos cada.
Observação não presencial	Gravações em vídeo
Sujeitos	Os 10 licenciandos de Física da universidade paulista divididos em 5 duplas
Transcrição das falas	Resultados
Análise de discurso	
3ª) Oficinas de Biologia <i>sem</i> intervenção pedagógica	
Observação participante	Gravações em áudio e vídeo
Sujeitos	Outros 13 licenciandos de Biologia da universidade mineira divididos em 3 grupos
Execução	4 oficinas para Ensino Médio sobre Astronomia, Grandiosidades da Terra e Microcosmo. Duração de 1 sessão de 50 minutos cada.
Avaliação	1 sessão de 70 minutos
Transcrição das falas	Resultados
Análise de discurso	
4ª) Oficinas de Biologia <i>com</i> intervenção pedagógica	
Observação participante	Gravações em áudio e vídeo
Sujeitos	Outros 22 licenciandos de Biologia da universidade mineira divididos em 3 grupos
Elaboração	3 sessões
Execução	4 oficinas para Ensino Médio sobre Astronomia, Grandiosidades da Terra (duas vezes) e Microcosmo. Duração de 1 sessão de 50 minutos cada.
Avaliação	1 sessão de 50 minutos
Transcrição das falas	Resultados
Análise de discurso	

5.2.4 Sujeitos da pesquisa, hábitats e contexto

A constituição de dados aconteceu entre o segundo semestre de 2013 e o primeiro de 2015 com turmas do curso de Licenciatura em Biologia e em Física de duas universidades públicas. Uma é estadual e localiza-se no interior do Estado de São Paulo e a outra é federal e está no sudeste do Estado de Minas Gerais. Essas instituições foram escolhidas pela facilidade com que seria possível ter acesso aos professores e licenciandos para o desenvolvimento da pesquisa e, por serem de estados diferentes, poderiam mostrar resultados diferentes.

Para caracterizar as universidades e os cursos pesquisados, são apresentadas algumas avaliações oficiais do Ministério da Educação e Cultura (MEC) (Quadro 9). O MEC mantém desde 2004 o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes) que avalia todos os aspectos que giram em torno do ensino, pesquisa, extensão, responsabilidade social, desempenho dos alunos, a gestão da instituição, o corpo docente, as instalações e vários outros aspectos (BRASIL, 2004). O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), uma entidade federal vinculada ao MEC, realiza as avaliações para o Sinaes:

Quadro 9. Notas das últimas avaliações oficiais dos cursos e das instituições pesquisados.

Índice		Instituição paulista	Instituição mineira
Enade: concluintes (2011)	Biologia	3,53 (faixa 4)	2,90 (faixa 3)
	Física	2,59 (faixa 3)	4,72 (faixa 5)
IDD (2011)	Biologia	3,06	1,94
	Física	3,01	5,00
ICPC (2011)	Biologia	3,74 (faixa 4)	3,10 (faixa 4)
	Física	3,64 (faixa 4)	4,24 (faixa 4)
IGC (2013)		3,85 (faixa 4)	4,07 (faixa 5)

Fonte: Inep (BRASIL, 2015).

- Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade): avaliação trienal com o objetivo de aferir o desempenho dos graduandos em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares do respectivo curso e as habilidades e competências em sua formação. A partir dele é calculado o Conceito do Curso e o Indicador de Diferença Entre os Desempenhos Observado e Esperado (IDD), com notas que variam de zero a cinco, específica para cada curso (BRASIL, 2007).

- Conceito Preliminar de Curso (CPC): indicador de qualidade que avalia os cursos superiores com base na avaliação de desempenho de estudantes no Enade, corpo docente, infraestrutura, recursos didático-pedagógicos e demais insumos.

- Índice Geral de Cursos Avaliados da Instituição (IGC): é um indicador de qualidade que avalia as instituições de educação superior, considerando a média dos últimos CPC, a média dos conceitos de avaliação dos programas de pós-graduação *stricto sensu* e a distribuição dos estudantes entre os diferentes níveis de ensino.

Os dados do Inep (BRASIL, 2015) apresentados na Tabela 1 mostram que há certa diferença nos desempenhos dos graduandos e dos cursos de Biologia e Física entre as duas instituições. A Licenciatura em Biologia se destaca na universidade de São Paulo enquanto a em Física, na de Minas Gerais.

Na universidade paulista, foram pesquisados licenciandos do último ano dos cursos de Física e Biologia. Na Física, 10 responderam ao questionário escrito e tiveram suas oficinas gravadas. Na Biologia, 17 responderam ao questionário e nenhum preparou oficinas.

Na universidade mineira, também foram pesquisados licenciandos do último ano dos dois cursos de licenciatura. Na Física, 11 licenciandos responderam ao questionário e não tiveram oficinas observadas. Na Biologia, 20 responderam ao questionário escrito. Com o intuito de não vincular a imagem do pesquisador e o objetivo do questionário à oficina que os licenciandos tiveram de desenvolver, a constituição de dados relativos às oficinas foi feita com outros dois grupos de licenciandos que não continham respondentes do questionário. Em 2014, o primeiro grupo, com de 22 licenciandos, teve sua participação nas aulas teóricas de Estágio, nas oficinas e na aula de avaliação gravadas e analisadas. Em 2015, o segundo grupo, com 13 licenciandos, também teve as mesmas situações gravadas e analisadas, com as exceções de que as aulas teóricas de Estágio foram acompanhadas, porém não gravadas e não tiveram nenhuma intervenção pedagógica, seja por parte do pesquisador ou da professora da disciplina.

Nas duas universidades, a idade média dos licenciandos pesquisados no momento das constituições de dados é de 21,7 anos e de todos, apenas um lecionava profissionalmente (há seis meses). Dos licenciandos de Física, 80% são do sexo masculino, enquanto na Biologia, os homens representam apenas 35%. Essa proporção dos gêneros nesses cursos é condizente com outras fontes institucionais e com a pesquisa de Agrello e Garg (2009), que apresenta um panorama nacional e reflexões a respeito.

Os licenciandos de Física da universidade paulista desenvolveram oficinas pedagógicas como parte das atividades da disciplina. As oficinas foram ministradas em duas instituições de ensino em momentos diferentes: primeiramente em um Centro Estadual de Educação de Jovens e Adultos (Ceeja), com a participação de quinze alunos, e posteriormente no 3º ano do Ensino Médio de um Colégio Técnico Industrial (CTI), nas quais participaram sete alunos. De acordo com o INEP (BRASIL, 2015), em 2013, última avaliação apresentada até

então, os alunos do CTI obtiveram nota 617,81 na prova de Ciências da Natureza do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e possuem nível socioeconômico ‘Muito Alto’.

As oficinas desenvolvidas pelos dois grupos de licenciandos em Biologia de Minas Gerais foram realizadas com um ano de intervalo no colégio de aplicação da própria universidade, sendo que o primeiro grupo (de 2014) as apresentou para três turmas do 2º ano do Ensino Médio, com 40 alunos cada e o segundo grupo (de 2015), para turmas do 1º ano do Ensino Médio, também com 40 alunos cada. Vale citar que se trata de um colégio de excelência, sempre bem posicionado nas avaliações do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), com professores mestres e doutores e um concorrido exame admissional. A nota média na prova de Ciências da Natureza do último Enem foi de 681,48 e o nível socioeconômico ‘Alto’ (BRASIL, 2015).

De modo geral, nas duas universidades, a constituição dos dados sofreu interferência das consequências da greve dos professores das instituições federais que ocorreu de maio a setembro de 2012 (GREVE, 2012). Para recuperar os quatro meses de atraso, o calendário escolar da maioria das universidades federais só voltou à normalidade em 2015. Por conta disso, as disciplinas de Estágio Supervisionado foram prejudicadas, pois seu oferecimento não foi concomitante com o ano letivo das escolas em que desenvolviam suas atividades. A regência do estágio ficou com tempo reduzido por causa das férias escolares, o que não ofereceu tempo adequado para a elaboração das aulas e, conseqüentemente, para as oficinas investigadas por esta pesquisa.

Metodologicamente, esta pesquisa se divide em duas etapas que se complementam. A primeira coleta de dados foi realizada com licenciandos de Física e Biologia das duas universidades por meio de um questionário escrito (Apêndices I e II). A segunda foi realizada por meio de observação das oficinas e pesquisa participante em duas turmas de licenciandos de Biologia da universidade mineira.

5.2.5 Questionário

O questionário é recomendado para os casos em que se quer obter respostas de um número maior de pessoas e categorizá-las para encontrar pontos em comum. A aplicação e análise do questionário têm por característica a verificação e explicação de determinadas variáveis e sua influência sobre outras variáveis, mediante a análise da frequência de incidências

(CHIZZOTTI, 2010). Há uma descrição, seguida de uma explicação e, quando possível, predições.

O questionário consiste em um conjunto de questões pré-elaboradas, sistemática e sequencialmente dispostas em itens que constituem o tema da pesquisa, com o objetivo de suscitar dos informantes respostas por escrito ou verbalmente sobre assunto que os informantes saibam opinar ou informar. É uma interlocução planejada. (CHIZZOTTI, 2010, p. 55).

Foi importante para saber o conhecimento conceitual sobre analogias dos licenciandos, antes que se fizesse a intervenção pedagógica para elaboração da oficina didática em Biologia. Ali foram apresentados os conceitos prévios sobre analogias quantitativas e uma parcela dos saberes docentes e específicos dos licenciandos. Sendo assim, pôde-se também comparar as respostas dos licenciandos de Biologia e Física.

O questionário foi elaborado pelo pesquisador em cinco etapas (VILAS BOAS; SILVANY NETO, 2012):

i) revisão da literatura: baseada na literatura específica sobre analogias, cálculos matemáticos e artigos de jornais e revistas que continham analogias e na própria literatura sobre constituição de questionários (CHIZZOTTI, 2010; OLIVEIRA, 2010).

ii) elaboração do instrumento e do manual de instruções;

iii) pré-teste: realizado pelo orientador e por duas pessoas leigas. Foi um primeiro passo para ajustes semânticos, diagramáticos e de conteúdo.

iv) validação: etapa importante realizada com a voluntária e solícita cooperação dos integrantes do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências, composto por professores e acadêmicos pesquisadores da área de Ensino de Física. O questionário foi apresentado aos integrantes e por eles respondido. Depois, cada questão foi analisada quanto a sua semântica e a pertinência entre o que se pedia e o objetivo da pesquisa. Esta etapa foi bastante rígida e criteriosa, o que muito enriqueceu o questionário.

v) análise da validação e reestruturação do questionário: as asserções e questionamentos sobre a apresentação do questionário foram extremamente úteis. Praticamente, todas as questões foram reformuladas, algumas foram excluídas e outras, substituídas.

Finalmente, o questionário ficou constituído por duas partes: a primeira solicita informações pessoais para caracterizar e identificar o respondente: nome, curso, período, data de nascimento e atividade docente; a segunda é composta por dez questões abertas (DENCKEN; VIÁ, 2001) sobre conhecimentos didáticos e analogias quantitativas (Apêndice II). As questões 1, 2 e 3 apresentavam informações astronômicas e solicitavam aos respondentes

que informassem como as ensinariam numa aula de Ensino Médio. A questão 4 foi sobre possíveis erros de interpretação de um modelo do Sistema Solar. As questões 5 e 9 objetivaram avaliar analogias quantitativas empregadas para dimensionar medidas de área (BARBOSA, 2000) e tempo, respectivamente. A questão 6 verificou a preferência entre a quantidade de componentes do objeto análogo da analogia utilizada por um jornal mineiro (MINEIRÃO, 2013). As questões 7 e 8 são baseadas no *Miller Analogy Test (MAT)* (GRUBER, 1972), para verificar o raciocínio analógico dos respondentes. As questões 8 e 9 solicitaram cálculos baseados na Regra de Três (PONTES *et al.*, 2010). Por fim, as questões 9 e 10 pediram um porquê para o uso de analogias quantitativas para tempo e quantidade de pessoas (LAURINDO, 2013).

Como uma possível leitura prévia das questões 5 a 10 poderiam interferir nas respostas das questões 1 a 3, foi adotada uma estratégia para ocultá-las durante o preenchimento do questionário. Os licenciandos receberam o questionário impresso nas duas faces de uma folha de sulfite contendo apenas o espaço para as respostas (Apêndice I). As questões foram editadas em um programa de edição de eslaides e projetadas, uma por vez, na sala de aula (Apêndice II). A questão subsequente só era apresentada depois que todos os respondentes tivessem concluído suas respostas. Essa estratégia tem a vantagem de ocultar as outras perguntas e padronizar o tempo de preenchimento do questionário na turma, mas apresenta a desvantagem de criar momentos de ociosidade entre um eslaide e outro para os respondentes que finalizam sua resposta mais rapidamente.

Antes de iniciar a projeção das questões, o pesquisador apresentava um eslaide contendo o manual de instruções para preenchimento do questionário. O tempo para completar o questionário variou de acordo com o número de licenciandos de cada turma, isto é, quanto maior o grupo, maior o tempo gasto. O tempo médio transcorrido nas quatro turmas foi de trinta minutos, como recomenda Oliveira (2010).

As respostas foram escritas com caneta esferográfica azul. As rasuras foram permitidas (e incluídas na transcrição das respostas) e o uso de corretivos proibido. Os licenciandos poderiam utilizar uma área do questionário destinada a rascunho para os cálculos, caso julgassem ser necessário.

Ao final do preenchimento, o objetivo do questionário era apresentado aos licenciandos, bem como, por eles solicitados, comentários sobre as possíveis respostas das questões.

5.2.6 Observações

Inicialmente, apenas uma turma de licenciandos teria uma oficina sobre macro e micromedidas observada. Essa observação implicaria no aprofundamento qualitativo da pesquisa, para que a produção e o uso de analogias quantitativas fossem estudados com mais minúcias. Apenas uma turma da universidade mineira seria observada e teria instruções sobre o uso de analogia para a produção e execução da oficina. No entanto, teve-se acesso, nessa mesma época, a vídeos produzidos pelos licenciandos de Física de oficinas com temas semelhantes. O material, muito rico, foi então incorporado ao corpo de dados da pesquisa, no intuito de uma possível comparação.

Foi então, que se percebeu a necessidade de considerar mais uma turma de Biologia que fizesse a mesma oficina, mas que, assim como os licenciandos de Física, não tivessem instrução alguma sobre analogia quantitativa. Sendo assim, três turmas foram observadas e suas ações nas oficinas analisadas:

- 1) Turma paulista de Física *sem* instrução sobre analogia quantitativa;
- 2) Turma mineira de Biologia *sem* instrução sobre analogia quantitativa;
- 3) Turma mineira de Biologia *com* instrução sobre analogia quantitativa.

5.2.6.1 A observação da oficina de Física

A observação consiste na percepção das informações de um ambiente adquiridas pela visão e audição e até, quando for o caso, a olfação, a gustação e o tato. Essas informações recolhidas pelo pesquisador devem ser registradas de algum modo para compor os dados da pesquisa. Bogdan e Biklen (1994) incluem até mesmo como informações os sentimentos e sensações que o pesquisador sentiu durante a investigação.

Segundo Chizzotti (2010, p. 53), “o observador, munido de uma listagem de comportamento, registra a ocorrência destes comportamentos em um determinado período de tempo, classificando-os em categorias ou caracterizando-os”. O autor afirma que o registro dos dados pode ocorrer no ato, mas Bogdan e Biklen (1994) ressaltam que a anotação em frente aos sujeitos da pesquisa pode causar algum constrangimento e, assim, aumentar a interferência do pesquisador no evento observado.

A observação do fenômeno social numa pesquisa em Educação, normalmente, é feita pelo pesquisador que acompanha o dia a dia dos sujeitos por um período determinado. Os níveis

de participação do pesquisador no fenômeno estudado vão desde o observador completo, que em nada participa, até a pesquisa-ação onde sua imersão no fenômeno é total (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

O que antigamente era uma pesquisa necessariamente de corpo presente, hoje pode contar com a tecnologia de imagem e, dependendo do objetivo e do contexto, tornar facultativa a presença do pesquisador no campo de estudo. Troca-se a interferência da presença do pesquisador pela da presença de uma câmera filmadora. Dos vídeos e fotografias produzidos, podem-se extrair os dados da pesquisa (CHIZZOTTI, 2010; OLIVEIRA, 2010).

A turma de licenciandos do curso de Física da universidade paulista não teve interferência do pesquisador em sua elaboração e nem em sua aplicação. Apenas foram informados sobre a pesquisa e consentiram que suas imagens e falas fossem gravadas. A gravação da oficina já era um item exigido pelo professor da disciplina de Estágio Supervisionado para sua avaliação. Aproveitando-se dessa gravação, que seria feita de todo modo, a presença do pesquisador tornou-se desnecessária durante as oficinas.

Os dez licenciandos se dividiram em cinco duplas e cada uma ministrou um tema: Astronomia, Cosmologia, Termologia, Óptica e Mecânica. Cada oficina foi composta por três sessões, sendo uma por semana, e cada sessão utilizou o tempo de duas aulas (90 minutos).

A gravação de imagens e do áudio foi feita por uma câmera digital fixa sobre um tripé, localizada num canto da sala de aula e pelos próprios licenciandos. A intenção da filmagem foi de captar o máximo possível da área da sala de aula, dando ênfase de atenção para as pessoas, principalmente os licenciandos, enquanto falavam.

5.2.6.2 A observação participante da primeira oficina de Biologia

De acordo com Barros e Junqueira (2009), a validade de uma pesquisa social, além de referir-se aos critérios formais de rigor científico, deve, inclusive, dizer respeito à utilidade prática dos seus resultados. As pesquisas realizadas nas ciências sociais devem revestir-se de uma dimensão ativa de transformação da realidade social. Ao perceber isso, o ser humano passa a se ver como um agente que pode incidir nos processos de transformação da realidade socioeconômica.

Sendo assim, não só se permite a interferência do pesquisador, algo não desejado nas Ciências Naturais, mas sua participação mais ativa é solicitada. Nessa categoria, estão as pesquisas participantes.

Segundo Peruzzo (2009, p. 125), “a pesquisa participante consiste na inserção do pesquisador no ambiente natural de ocorrência do fenômeno e de sua interação com a situação investigada”. Ela implica em se considerar:

a) constância do observador no ambiente investigado, para que ele possa ‘ver as coisas de dentro’; b) o compartilhamento, pelo investigador, das atividades do grupo ou do contexto que está sendo estudado, de modo consistente e sistematizado – ou seja, ele se envolve nas atividades, além de covivenciar ‘interesses e fatos’. (PERUZZO, 2009, p. 126).

Muito se tem avançado na discussão sobre as estratégias de inserção do pesquisador no ambiente pesquisado, resultando daí, por exemplo, a visão, ao que parece até consensual, de que não há necessidade de o pesquisador ‘se confundir’ com os pesquisados, ou camuflar a sua real origem. O “pesquisador assume no grupo dois papéis: o de estranho ao grupo (observador) e o de participante (membro aceito pelo grupo)” (DENCKER; VIÁ, 2001, p. 147). A pesquisa participante é, portanto, a baseada na interação ativa entre o pesquisador e pesquisados. O pesquisador insere-se no grupo pesquisado, participando de todas as suas atividades, ou seja, ele acompanha e vive (com maior ou menor intensidade) a situação concreta que abriga o objeto de sua investigação. O investigador interage como membro. Além de observar, ele se envolve, assume algum papel no grupo. Trata-se de uma opção que exige muita maturidade intelectual e “responsabilidade para com o ambiente pesquisado, de modo a não interferir demasiadamente no grupo ou criar expectativas que não poderão ser satisfeitas, até pela circunstância de sua posição transitória no grupo” (PERUZZO, 2009, p. 137).

Na observação participante, segundo Oliveira (2010), o investigador deve interagir com o contexto, estabelecendo uma relação direta com as pessoas, em situações formais e informais, interrogando-as sobre os seus atos e seus significados por meio de um constante diálogo. Daí, os resumos descritivos das observações feitas descrevem as formas de participação do pesquisador, as circunstâncias da participação e os instrumentos de registro (CHIZZOTTI, 2010).

5.2.6.2.1 Elaboração da oficina

A etapa desta pesquisa em que a elaboração da oficina sobre macro e micromedidas por licenciandos de Biologia da universidade de Minas Gerais é acompanhada configura-se como uma pesquisa participante. Ela “implica uma intervenção na resolução do problema

coletivo observado pelo pesquisador” (DENCKER; VIÁ, 2001, p. 151). O pesquisador pode ser identificado pelo grupo como um agente da mudança, sendo tal papel aceito inteiramente. Nesse caso, a busca por estratégias didáticas numa oficina sobre macro e micromedidas torna-se o objetivo dos licenciandos e do pesquisador e a intervenção pedagógica por ele realizada é, ao mesmo tempo, uma instrução para a realização das oficinas e uma fase de recolha de dados qualitativos.

A etapa de elaboração ocorreu durante três semanas, as quais os licenciandos utilizaram para a preparação das oficinas, tanto nas aulas da disciplina de Estágio Supervisionado quanto nos períodos extraclasse entre uma aula e outra. Essa etapa contou com três sessões de investigação participante, uma por semana, lideradas pelo pesquisador, que agiu como coletor de dados e agente pedagógico. O papel do pesquisador foi, cronologicamente, o de: organizar a logística das oficinas junto à escola; verificar os conhecimentos prévios dos licenciandos; solicitar estratégias didáticas para o ensino de macro e micromedidas; abordar os conceitos de analogias e modelos; induzi-los à avaliação *a priori* e *a posteriori* dessas estratégias.

As três sessões foram conduzidas pelo pesquisador de acordo com o Modelo Didático de Formulação de Perguntas baseado no *discurso reflexivo* (LORENCINI JÚNIOR, 2000), no qual cada conceito apresentado é precedido do levantamento dos conceitos prévios dos licenciandos por meio de perguntas e sucedido por uma pequena conclusão.

Podemos definir o *discurso reflexivo* como aquele em que os alunos expressam suas próprias ideias por intermédio de comentários e questionamentos acerca da exposição do professor; o professor e os alunos desencadeiam uma extensa série de intercâmbios de perguntas e respostas que auxiliam os alunos à articularem suas ideias e concepções; o professor com suas intervenções possibilita o aparecimento de trocas de argumentos entre aluno/aluno, envolvendo assim a tentativa de um compreender o pensamento do outro. (LORENCINI JÚNIOR, 2000, p. 40).

As sessões foram filmadas com uma câmera digital fixa sobre um tripé num canto dos espaços físicos utilizados, de onde se podia enquadrar a todos os participantes. Também tiveram o áudio gravado com um gravador de voz digital instalado na área central dos espaços.

Resumem-se aqui as ações das três sessões da etapa de elaboração da oficina de Biologia. Os detalhes dos diálogos e de demais interações são descritos e transcritos no capítulo Resultados.

Primeira sessão: ocorreu durante uma manhã, ocupando quatro aulas, isto é, duzentos minutos com um intervalo de vinte minutos. O espaço físico foi uma sala de aulas comum, de

um dos blocos didáticos da universidade, com cadeiras escolares com prancheta, uma mesa, quadro-negro e giz colorido. Depois que a professora da disciplina organizou a sala de aula, fez alguns lembretes relacionados à disciplina e explicou sobre a importância desta pesquisa, foram-lhes apresentados os objetivos da investigação e o papel do pesquisador naquelas atividades. Em seguida, foi-lhes explicado e entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE; Apêndice III), que foi assinado pelos licenciandos. Esses reviram junto ao pesquisador conceitos sobre grandezas físicas, unidades de medida (BIPM, 2014), notação científica (NAISSINGER, 2010; APRÍGIO, 2015) e a Regra de Três Simples (LESH; POST; BEHR, 1988; SILVA, 2008; PONTE *et al.*, 2010). Fizeram alguns exercícios escritos no quadro-negro sobre transformação das unidades de medida (SILVA, 2013) e de notações científicas (APRÍGIO, 2015), que foram corrigidos e comentados. Depois do intervalo, os licenciandos foram organizados em três grupos (dois com sete integrantes e um com oito) que dividiram os temas Astronomia, Grandiosidades da Terra e Microcosmo, previamente selecionados pelo pesquisador para os propósitos da pesquisa. O primeiro grupo deveria trabalhar com medidas astronômicas; o segundo, com macromedidas de objetos da Terra; e o terceiro, micromedidas celulares. Então, foram-lhes informadas algumas medidas lunares, como distâncias, diâmetro, *etc.*, e lhes solicitadas estratégias para que os alunos de Ensino Médio tivessem noção das quantidades das medidas. As respostas eram listadas no quadro-negro e imediatamente avaliadas pelos licenciandos. O pesquisador conduziu as discussões por meio de perguntas avaliativas e asserções que levavam a uma análise maiêutica das estratégias (SCHÖN, 2002).

Segunda sessão: aconteceu durante as duas primeiras aulas da disciplina, cerca de cem minutos. As outras duas aulas da mesma manhã foram destinadas para outras atividades da disciplina não relacionadas à oficina. O local foi um laboratório didático interdisciplinar da universidade, com mesas circulares, cadeiras, quadro-negro e materiais escolares diversos como tesouras, lápis de cor, canetas hidrográficas coloridas, barbantes, colas, fitas adesivas, *etc.* O pequeno espaço dessa sala é compensado por uma área externa gramada com uma mesa e bancos de concreto sob a sombra de árvores. Os grupos já divididos receberam folhas com uma tabela contendo as medidas de distância e diâmetro de corpos celestes e outra com objetos microscópicos (Apêndice IV). Foi-lhes, então, solicitado que construíssem um modelo do Sistema Solar e um de elementos microscópicos. A atividade de montagem do modelo do Sistema Solar foi baseada em Bellini *et al.* (2003). Durante sessenta minutos, os licenciandos fizeram cálculos, desenharam, cortaram e montaram os modelos, acompanhados pelo pesquisador e pela professora da disciplina que sanaram dúvidas. Depois, na área externa, os

grupos apresentaram seus modelos. O pesquisador fez algumas perguntas e considerações a respeito dos modelos e, depois, solicitou aos licenciandos que trouxessem ideias para as oficinas na sessão seguinte.

Terceira sessão: foi a menor das sessões de elaboração da oficina, com um pouco menos de cem minutos de duração e com apenas metade dos licenciandos. Ocorreu novamente no laboratório didático interdisciplinar. As quatro aulas da disciplina estavam disponíveis para a elaboração da oficina pelos grupos, mas alguns licenciandos optaram por desenvolverem suas atividades em outros horários e até de forma virtual. Os licenciandos presentes tentavam elaborar as estratégias didáticas para as oficinas, o que foi bastante limitado, pois alegaram precisar do acesso à internet para se informar sobre as medidas oficiais dos objetos. Algumas ideias foram apresentadas e discutidas, mas pouco profundamente. Para consultas à internet, os licenciandos deixaram o local encerrando-se, assim, a sessão.

A unidade de ensino escolhida pela professora da disciplina foi o colégio de aplicação daquela universidade, pois a disciplina já desenvolveu lá atividades em outros períodos, o que facilitou bastante o contato com a administração. Foram previamente contatados o diretor, a coordenadora pedagógica e a professora do segundo ano do Ensino Médio, primeiramente por *e-mail* e telefone e depois pessoalmente pelo pesquisador e a professora da disciplina. Todos foram muito cordiais e solícitos, permitindo e incentivando que as oficinas fossem realizadas na escola.

5.2.6.2.2 Execução da oficina

A oficina se constitui em um ambiente destinado ao desenvolvimento de competências e habilidades, mediante atividades laborativas orientadas por um ou mais coordenadoras em que devem estar disponíveis diferentes tipos de equipamentos e materiais para o ensino e a aprendizagem (NÓBREGA *et al.*, 2009).

Os termos ‘*Workshop*’ e ‘laboratório’ podem ser considerados sinônimos de oficina (HOUAISS, 2009; CEARÁ, 2013). Enquanto o minicurso é a abordagem resumida de um tema, com ênfase mais teórica (RIGOLON, 2008; CEARÁ, 2013), a oficina envolve teorias e práticas, mas com destaque para as atividades práticas.

Portanto, as oficinas pedagógicas são consideradas situações especiais de ensino e de aprendizagem, diferentes de aulas, palestras e seminários. Nas oficinas, os alunos atuam diretamente sobre o que aprendem e desempenham papel ativo na construção do conhecimento.

Retomando-se a etimologia da palavra, oficina vem do latim *officina* que significa fábrica (HOUAISS, 2009). Logo, em qualquer oficina, o que se espera é a produção de manufaturas ou conhecimento. Segundo Corcione (2004), quem pensa em oficina lembra logo, por associação de ideias, de peças, trabalho, conserto, reparo, criatividade, transformação, processo, montagem. São todas ideias que compõem o significado da oficina, que se constitui num espaço privilegiado de criação e descobertas.

O prazer de fazer oficina se fundamenta exatamente na consciência de estar experimentando algo singular e de estar aprendendo a experimentar. O processo é pluridimensional, criativo, coletivo, planejado e coordenado (CORCIONE, 2004). Se numa oficina, os alunos não são agentes principais de sua aprendizagem, realizando atividades com relativa independência, trata-se então de uma mera e tradicional aula expositiva.

Para Corcione (2004, p. 21), “a criatividade é uma característica constitutiva da oficina. Ela implica na capacidade de inventar o novo, tanto no que diz respeito ao modo de trabalhar, como ao produto construído”.

As oficinas são comumente realizadas em todos os níveis de ensino, desde a Educação Básica (ORLANDO *et al.*, 2009) até a formação inicial de professores (NÓBREGA *et al.*, 2009). Nesta pesquisa, optou-se pela prática pedagógica por meio de oficinas por causa do pouco tempo disponível que os licenciandos ainda disponibilizavam dentro da disciplina de Estágio Supervisionado e pela praticidade de se acompanhar as etapas de elaboração, execução e avaliação, em detrimento a aulas de regência, típicas da disciplina, de maior tempo de cumprimento.

Os grupos de licenciandos ministraram oficinas com os seguintes temas propostos pela pesquisa: ‘Grandiosidades da Terra’ ministrada por ALI, CAR, JUV, LUI, MAY, NAN, RIN e SAM para a turma 2ºA no primeiro horário da manhã (7h00-7h50) e para a 2ºB no segundo horário (7h50-8h40); ‘Astronomia’ ministrada por ANG, BAR, DRI, JUD, LUC, MAR e SIM para a 2ºD no terceiro horário (8h40-9h30); ‘Microcosmo’ ministrada por DEI, ELI, FAB, JOA, MAC, NAY e PAU para a 2ºC no quarto horário, depois do intervalo (9h50-10h40).

As oficinas foram acompanhadas pela professora de Estágio Supervisionado (PROF), pela professora de Biologia da escola e pelo pesquisador (PESQ). Por problemas do aparelho, não foi possível gravar vídeos. No entanto, foram feitas gravações de áudio, com um gravador de voz digital posicionado sobre uma carteira, arquivadas em disco rígido no formato MP3.

As ações de cada oficina são apresentadas com mais detalhes no capítulo Apresentação e Discussão dos Resultados.

5.2.6.2.3 Avaliação da oficina

Na semana seguinte à da execução das oficinas, os licenciandos, por ser também o último dia de aula do Estágio Supervisionado, e o pesquisador reuniram-se com a professora da disciplina no jardim do quintal da mesma. Após um café da manhã oferecido pela professora e pelo pesquisador, os licenciandos sentaram-se em bancos formando um grande círculo.

Foi solicitado aos licenciandos, por grupos, que relatassem resumidamente suas atividades na sua oficina, apresentassem as dificuldades que surgiram e avaliassem as estratégias didáticas utilizadas, bem como as reações dos alunos e a experiência como um todo. Os licenciandos revezaram-se nas falas e complementavam livremente as dos colegas.

Essa etapa de avaliação durou cerca de cinquenta minutos e foi gravada em áudio, com um gravador de voz posicionado ao lado do pesquisador e em vídeo, por uma câmera digital fixa sobre um tripé posicionada num canto do jardim. Os arquivos estão armazenados em disco rígido, respectivamente, nos formatos MP3 e MP4.

5.2.6.3 A observação participante da segunda oficina de Biologia

Uma segunda amostra constituída por um grupo de licenciandos da universidade de Minas Gerais também desenvolveu oficinas com os mesmos temas do primeiro grupo, porém, sem a intervenção pedagógica do pesquisador. Essa etapa ocorreu em 2015, um ano depois das oficinas do primeiro grupo de Biologia.

A diferença, dessa vez, é que os licenciandos não receberam nenhuma instrução ou recapitulação antes de elaborarem as oficinas por parte do pesquisador ou da professora da disciplina de Estágio Supervisionado. Os temas propostos, a escola de aplicação e a duração foram os mesmos do grupo anterior.

A preparação das oficinas e a avaliação posterior ocorreram em um edifício novo, recém-inaugurado, onde apenas cursos de licenciatura das Ciências e Matemática estão alocados. O espaço físico utilizado foi uma ampla sala denominada Sala de Projetos, com mesas circulares, propícias para atividades em grupo, computadores de mesa com acesso à internet e vasto acervo de materiais de papelaria e escritório.

A elaboração ocorreu durante duas semanas, as quais os licenciandos utilizaram para a preparação das oficinas, tanto as aulas da disciplina de Estágio Supervisionado quanto

períodos extraclasse entre uma aula e outra. Durante as aulas da disciplina, o pesquisador explicou os temas das oficinas, solicitou que a turma se organizasse em três grupos (Astronomia, Grandiosidades da Terra e Microcosmo). Explicou que, além de ser uma atividade complementar da disciplina, as oficinas que fariam seriam parte de uma pesquisa de doutorado, que objetivava a verificação das estratégias que os licenciandos usariam para ensinar os temas, mas não mencionou em nenhum momento que especificamente tinha interesse em analogias quantitativas. Também foi entregue aos licenciandos o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE; Apêndice III).

Durante quatro dias, em duas semanas, com carga horária total de cerca de 400 minutos, os licenciandos se juntaram para elaborar as oficinas, sem qualquer sugestão e/ou pré-avaliação do pesquisador e da professora.

A unidade de ensino escolhida pela professora da disciplina, a pedido do pesquisador, foi o mesmo colégio de aplicação que o grupo anterior ministrou as oficinas, porém o único professor de lá que se dispôs a ceder suas aulas foi o de Biologia do 1º ano do Ensino Médio. Igualmente, sem a possibilidade do rodízio de turmas, os grupos de licenciandos ministraram as seguintes oficinas: ‘Microcosmo’ ministrada por BRE, FRA, LEI, ROB e TAL para a turma 1ºB no primeiro horário da tarde (13h00-13h50) e para a 1ºA no segundo horário (13h50-14h40); ‘Astronomia’ ministrada por ADR, JOR, JOS e NIR para a 1ºD no quarto horário, depois do intervalo (15h50-16h40); ‘Grandiosidades da Terra’ ministrada por GUS, MAT, ROD e VAN para a 1ºC no sexto e último horário (17h30-18h20).

As oficinas foram acompanhadas pela professora de Estágio Supervisionado (PROF), pelo professor de Biologia da escola e pelo pesquisador (PESQ). Foram feitas gravações do áudio, com um gravador de voz digital posicionado sobre uma mesa no centro, arquivadas em disco rígido no formato MP3. As ações de cada oficina são apresentadas com mais detalhes no capítulo Resultados e Discussões.

Três dias após a execução das oficinas, os licenciandos e o pesquisador se reuniram com a professora da disciplina para relatar e avaliar as oficinas. Esse momento também teve o áudio gravado.

De modo parecido ao do primeiro grupo, foi-lhes solicitado que relatassem resumidamente suas atividades na sua oficina, apresentassem as dificuldades que surgiram e avaliassem as estratégias didáticas utilizadas, bem como as reações dos alunos e a experiência como um todo. Um grupo por vez, os licenciandos revezaram-se nas falas e complementavam livremente as dos colegas.

Essa etapa de avaliação durou perto de setenta minutos e foi gravada em áudio, com um gravador de voz posicionado sobre uma mesa central. Os arquivos estão armazenados em disco rígido no formato MP3.

5.2.7 Transcrições

Transcrição é o ato de se passar para o papel ou equivalente algo sonoro, como um discurso ou uma música. É também o traslado de um conteúdo escrito de um lugar para outro (HOUAISS, 2009). As gravações de áudio e vídeo e as respostas manuscritas dos questionários já são dadas em si e são até analisados sem transcrição por alguns pesquisadores. Segundo Gibbs (2009, p. 29), alguns pesquisadores defendem a análise direta de vídeos e áudios, “pois assim há mais probabilidade de olhar o todo e não se prender a detalhes do que foi dito. Isso é adequado para alguns tipos de análise, mas para outras, como análise de discurso ou conversação, uma transcrição detalhada é fundamental”.

Segundo Gibbs (2009, p. 28), “a transcrição é um processo interpretativo”, isto é, no momento da transcrição já se está interpretando os dados, pois ali se pode excluir falas consideradas não importantes e sons incompreensíveis.

Iñiguez (2004, p. 139), referindo-se ao que, enfim, se transcreve, sustenta que os materiais advindos de fontes verbais, como entrevistas, reuniões de grupo ou conversas cotidianas, devem ser transcritos “com o maior detalhe possível para que qualquer interação sutil, incidência ou circunstância possa ser identificada. Nesse sentido, a transcrição deve incluir, além das palavras emitidas, as interrupções, as respirações, as pausas, etc.”. Gibbs (2009), no entanto, afirma que não é necessário transcrever toda e qualquer informação coletada no projeto para analisá-la. Bogdan e Biklen (1994) afirmam que se pode deixar de fora das transcrições o material que não diz respeito às preocupações da pesquisa.

Um texto transcrito deve parecer um texto normal e conter uma boa representação das palavras empregadas. Entretanto, até aí é preciso tomar algumas decisões para se obter uma transcrição que seja precisa, porém inteligível. “A fala contínua raramente vem na forma de sentenças bem construídas. As pessoas interrompem uma linha de pensamento no meio da frase e muitas vezes a retornam sem seguir as regras gramaticais usadas na escrita” (GIBBS, 2009, p. 31).

Quando se está preocupado mais com o conteúdo factual do que foi dito e pouco preocupado com os detalhes da expressão, a organização da fala é aceitável, porém perde-se a

sensação de como as pessoas estavam se expressando. Se isso for importante para o estudo, porém, é importante tentar captá-lo na transcrição. Para realizar uma análise do discurso, a transcrição deve ser ainda mais detalhada, expondo do discurso as hesitações, as ênfases, as sobreposições de falas, o volume e o tom de voz (GIBBS, 2009).

Gibbs (2009) alega que é uma convenção escrever o nome das pessoas, em maiúsculas, no início de cada fala. Contudo, para fins de confidencialidade, a anonimidade dos participantes deve ser respeitada. Por isso, o ideal é representá-los por siglas, abreviaturas ou pseudônimos.

Todas as transcrições de áudio foram feitas pelo próprio pesquisador, utilizando um transcritor, como recomendam Bogdan e Biklen (1994) e Gibbs (2009). Como os arquivos de áudio estavam em MP3 e MP4, foi possível utilizar um programa de computador para dinamizar o processo. As falas foram transcritas no *software* Express Scribe, versão 5.70, no qual é possível controlar a velocidade e as posições dos áudios pelo teclado do computador enquanto se digita as falas.

Considerando, então, as recomendações de Bogdan e Biklen (1994), Iñiguez (2004) e Gibbs (2009) sobre os níveis de transcrição e as necessidades características das análises desta pesquisa:

- O questionário escrito foi transcrito *ipsis litteris*, sem correções ortográficas e gramaticais. As rasuras, quando legíveis, foram transcritas com fonte tachada (~~exemplo~~). Os licenciandos de Biologia da universidade mineira foram representados pelas siglas BMG (BMG1-BMG20) e os da universidade paulista, BSP (BSP1-BSP17). Similarmente, os licenciandos de Física foram representados por FMG (FMG1-FMG11) e FSP (FSP1-FSP10) (Apêndice V).

- As oficinas de Física e Biologia tiveram transcritos apenas os trechos que apresentaram analogias quantitativas ou falas relacionadas a medidas, segundo a 'seleção de material' de Bogdan e Biklen (1994, p. 175) e o 'método para encontrar metáforas' de Sardinha (2007). Esse método consiste em: definição de analogia, leitura do material, identificação de termos anômalos em relação ao discurso e incongruências semânticas (quando o sentido literal não tem possibilidade de realização no discurso), releitura, discussão.

- Excluíram-se das transcrições: os discursos não ligados ao tema da pesquisa (por exemplo, recados da professora aos licenciandos relacionados a outras atividades); falas sobrepostas por mais de duas pessoas (por exemplo, momentos mais acalorados das discussões); falas pouco audíveis ou inteligíveis (por exemplo, falas com volume baixo longe do gravador de voz); falas de momentos em que os licenciandos e os alunos trabalharam separadamente em grupos. As transcrições são literais com pequenas correções de concordância

gramatical (GIBBS, 2009). Por exemplo, ‘os alunos pode’ ‘os menino da escola’ foram corrigidos para ‘os alunos podem’ e ‘os meninos da escola’.

5.2.8 Análise dos dados

Na análise quantitativa, “o que serve de informação é a frequência com que surgem certas características do conteúdo. Na análise qualitativa é a presença ou a ausência de uma característica de conteúdo” num determinado fragmento de mensagem que é tomada em consideração (BARDIN, 2011, p.26).

Esta pesquisa utilizou métodos qualitativos e quantitativos para a constituição dos dados, que, cada qual na sua amplitude e profundidade, complementam-se para apresentar o cenário do uso e do conceito de analogias quantitativas por licenciandos de Biologia e Física. Assim, é possível verificar como a sua apresentação como estratégia didática aos licenciandos colabora com a formação inicial de professores.

Para tanto, são explicados aqui dois tipos de análise que foram utilizadas: a Análise Estatística Descritiva empregada na análise dos questionários e a Análise de Discurso empregada na análise das oficinas de Estágio Supervisionado.

5.2.8.1 Análise Estatística Descritiva dos questionários

Depois que os dados já foram observados, podem-se utilizar análises estatísticas “para mostrar a relação entre variáveis por gráficos, classificados por categorias e medidos por cálculos de parâmetros característicos ou para mostrar a relação entre variáveis” (CHIZZOTTI, 2010, p. 69). A análise dos dados supõe a quantificação dos eventos para submetê-los à classificação, mensuração e análise.

De acordo com Barbetta (2012), o objetivo da Análise Estatística Descritiva (ou Análise Exploratória dos Dados) constitui-se na organização, resumo e apresentação dos dados para que sejam interpretados à luz dos objetivos da pesquisa. O autor afirma que com os dados, adequadamente resumidos e apresentados em tabelas, podem-se observar determinados aspectos relevantes e delinear a estrutura do universo em estudo. “A estatística é a parte da matemática que investiga os processos de obtenção, organização e análise de dados sobre uma

população ou sobre uma coleção de seres quaisquer e através de métodos próprios, permite tirar conclusões e fazer predições” (FERRÃO; FERRÃO, 2012, p. 113).

Depois que os dados foram constituídos e selecionados, ocorre a etapa da *codificação*. É por meio dela que se agrupam os dados em categorias, atribuindo um código, número ou letra a cada categoria, “transformando o que é qualitativo em quantitativo, tornando mais clara a sua representação” (FERRÃO; FERRÃO, 2012).

Para Bardin (2011), esse é o momento quando se estabelecem quais são as *unidades de codificação*. Estas podem ser palavras, a frases, expressões ou outras não relacionadas à palavra. Palavra e tema são as unidades de registro mais utilizados. Um tema é uma afirmação acerca de um assunto. É uma frase ou um conjunto de frases por influência das quais podem ser afetadas formulações singulares. Tema é a unidade de significação.

Bardin (2011) recomenda que no texto, sejam transcritos de forma diferenciada os objetos sobre os quais recai a avaliação, chamados *objetos de atitude*. Estes, geralmente substantivos, são anotados em maiúsculas. Os termos avaliativos com significação comum são anotados em itálico. São termos que qualificam o objeto da atitude. Em Linguística, chamar-se-iam predicados.

A partir daí, inicia-se a *análise categorial*, onde as unidades de codificação passam pelo crivo da classificação e do recenseamento. Esta técnica “consiste em classificar os diferentes elementos nas diferentes gavetas segundo critérios suscetíveis de fazer surgir um sentido capaz de introduzir alguma ordem na confusão inicial” (BARDIN, 2011, p. 43).

Nesta etapa, os dados são agrupados considerando-se a parte comum existente entre eles. Classificam-se por semelhança ou analogia, segundo critérios previamente estabelecidos ou definidos no processo (MORAES, 1999). “A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos” (BARDIN, 2011, p. 147).

Os critérios podem ser semânticos, originando categorias temáticas. Podem ser sintáticos definindo-se categorias a partir de verbos, adjetivos, substantivos, etc. “As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão das características comuns destes elementos” (BARDIN, 2011, p. 147). As categorias podem ainda ser constituídas a partir de critérios léxicos, com ênfase nas palavras e seus sentidos ou podem ser fundadas em critérios expressivos focalizando em problemas de linguagem (MORAES, 1999). Cada conjunto de categorias, entretanto, deve fundamentar-se em apenas um destes critérios.

O sistema de categorias não é fornecido antes da classificação analógica e progressiva dos elementos, mas justamente resulta desta. “Este é o procedimento por ‘acervo’. O título conceitual de cada categoria somente é definido no final da operação” (BARDIN, 2011, p. 149).

Daí, então, é possível realizar o tratamento dos resultados por meio de operações estatísticas.

Operações estatísticas simples (percentagens), ou mais complexas (análise fatorial), permitem estabelecer quadros de resultados, diagramas, figuras e modelos, os quais condensam e põem em relevo as informações fornecidas pela análise. (...) O analista, tendo à sua disposição resultados significativos e fiéis, pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos – ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas. (BARDIN, 2011, p.131).

Ferrão e Ferrão (2012) afirmam que, para maior facilidade na verificação das inter-relações entre os dados, compreensão e interpretação, deve-se realizar a *tabulação*, isto é, dispor os dados em tabelas.

O próximo passo é o da *interpretação*. Moraes (1999) afirma que a interpretação tem duas vertentes, empregadas juntas ou não, de acordo com o nível de pioneirismo da pesquisa: i) relacionar os dados a uma fundamentação teoria *a priori*; ou ii) ser construída com base nos dados da análise. Na primeira, a interpretação é feita por meio de uma exploração dos significados expressos nas categorias da análise em contraste com esta fundamentação. Na segunda, a teoria emerge das informações e das categorias. Neste caso a própria construção da teoria é uma interpretação. Teorização, interpretação e compreensão constituem um movimento circular em que a cada retomada do ciclo se procura atingir maior profundidade na análise.

Resumidamente, os questionários respondidos pelas duas turmas de licenciandos de Biologia e pelas duas de Física foram analisados com a metodologia Análise Estatística Descritiva (BARBETTA, 2012). As respostas de cada uma das dez questões foram codificadas, categorizadas e descritas de acordo com uma análise temática e delas foram feitas as interpretações pertinentes com relação à natureza das analogias empregadas e o uso que esses licenciandos fazem delas.

5.2.8.2 Análise de Discurso das oficinas

O discurso se constitui como uma unidade linguística, que, por sua vez, é constituída por uma sucessão de frases. Ele possui características que podem ser analisadas por vários ângulos (MAINGUENEAU, 1998): de um posicionamento (o discurso comunista, surrealista...); de um tipo de discurso (discurso jornalístico, administrativo, romanesco, discurso do professor na sala de aula...); de produções de uma categoria de locutores (o discurso das enfermeiras, das mães de família...); de uma função da linguagem (discurso polêmico, prescritivo...). Foucault (1969, p. 153 *apud* MAINGUENEAU, 1998, p. 45) chama de “discurso um conjunto de enunciados que dependem da mesma formação discursiva”. Iñiguez (2004) concebe discurso como um conjunto de enunciados: falados em um contexto de interação, em um contexto conversacional, no qual é possível definir as condições de sua produção.

De acordo com Manhães (2009), analisar significa dividir, logo, a Análise de Discurso (AD) é, na verdade, a desconstrução do texto em discursos, ou seja, em vozes. A técnica consiste em desmontar para perceber como foi montado. Maingueneau (1998) vai mais além e especifica a AD como a disciplina que, em vez de proceder a uma análise linguística do texto em si ou a uma análise sociológica ou psicológica de seu contexto, visa a articular sua enunciação sobre um certo lugar social.

Para se analisar qualquer discurso, deve-se ter em mente que a linguagem nunca é transparente e que as condições de produção têm papel muito importante na formulação dos discursos, com destaque para a ideologia de quem fala e as representações sociais em jogo. Na década de 1960, Michel Pêcheux inicia uma nova vertente de entendimento do discurso quando questiona a transparência da linguagem (ALMEIDA, 2007). “Ele propôs uma forma de reflexão sobre a linguagem que aceita o desconforto de não se ajeitar nas evidências e no lugar já-feito. Ele exerceu com sofisticação e esmero a arte de refletir nos entremeios” (ORLANDI, 2006, p. 7). Pêcheux fala da investigação das relações do descritível e do interpretável ao mesmo tempo em que percorre as formas de se fazer ciência: as sobredeterminantes e as de interpretação.

Só se conhece o real sentido da linguagem de num discurso quando se leva em consideração a natureza dos interlocutores, a situação na qual aquele discurso foi produzido e todo o pano de fundo dessa situação, que é o contexto histórico-social. Essas considerações são as *condições de produção* (ALMEIDA, 2007). A ideia de condições de produção adveio da Psicologia Social e foi reelaborada, no campo da AD, por Pêcheux para designar não somente o meio ambiente material e institucional do discurso, mas também as representações

imaginárias que os sujeitos do discurso fazem de si. Essas representações se constituem por meio do que já foi dito e do que já foi ouvido (MAINGUENEAU, 1998).

Quando se diz algo, alguém o diz de algum lugar da sociedade para outro alguém também de algum lugar da sociedade e isso faz parte da significação. Como é exposto por Pêcheux, há nos mecanismos de toda formação social regras de projeção que estabelecem a relação entre as situações concretas e as representações dessas situações no interior do discurso. É o lugar assim compreendido, enquanto espaço de representações sociais, que é constitutivo da significação discursiva. É preciso dizer que todo discurso nasce de outro discurso e reenvia a outro, por isso não se pode falar em um discurso, mas em estado de um processo discursivo, e esse estado deve ser compreendido como resultando de processos discursivos sedimentados, institucionalizados. (ALMEIDA, 2007, p.19).

Lugar é um termo que diz respeito à identidade dos parceiros do discurso. Flahault (1978 *apud* MAINGUENEAU, 1998, p. 93) utiliza *lugar* para designar de maneira bem ampla os papéis instituídos no discurso, instituindo sobre o fato de que o lugar deve ser pensado como *relação de lugares*. “Não há palavra que não seja emitida de um lugar e que não convoque o interlocutor a um lugar correlativo”.

Sendo assim, a AD implica em tentar determinar o lugar e as condições de produção dos dizeres e os efeitos de sentido produzidos, isto é, quem, para quem, quando e onde disse, considerando que as posições a serem analisadas são as imaginárias e não as concretas.

A discursividade implica a compreensão de que a mensagem é construída por um emissor que tenta mostrar o mundo para um interlocutor, numa determinada situação, a partir de seu ponto de vista, movido por uma intenção. O emissor, com seu papel ativo no discurso, constitui-se o *sujeito da ação social*. Para se expressarem, contudo, os humanos têm de respeitar regras e mecanismos linguísticos e se relacionam com códigos e falas já instituídas. Nesse caso, são considerados *sujeitos assujeitados* (MANHÃES, 2009).

No universo discursivo, isto é, no conjunto dos discursos que interagem em um dado momento, a análise do discurso segmenta *campos discursivos*, espaços onde um conjunto de formações discursivas estão em relação de concorrência no sentido amplo, delimitam-se reciprocamente. [...] Um campo não é homogêneo: há sempre dominantes e dominados, posicionamentos centrais e periféricos. (MAINGUENEAU, 1998, p. 19).

Em determinados campos discursivos, essas relações podem ser mais ou menos homogêneas. Numa sala de aula, por exemplo, o que se observa é uma *interação complementar*. Os participantes não se colocam em pé de igualdade, como, por exemplo, na conversação entre

dois camaradas de jogo. Nesse tipo de interação, a diferença entre professor e um aluno é fortemente marcada. Um dos participantes ocupa a posição alta, o outro, a posição baixa (MAINGUENEAU, 1998).

A AD francesa¹⁰ caracteriza-se pela “ênfase no assujeitamento do emissor, que se expressaria mediante a incorporação de discursos sociais já instituídos: o religioso, o científico, o filosófico, o mitológico, o poético, ou o jornalístico, o publicitário, o corporativo etc.” (MANHÃES, 2009, p. 306). O discurso é, assim, ideologicamente estruturado e historicamente situado. Segundo Resende e Ramalho (2006, p. 26), “entender o uso da linguagem como prática social implica compreendê-lo como um modo de ação historicamente situado, que tanto é constituído socialmente como também é constitutivo de identidades sociais, relações sociais e sistemas de conhecimento e crença”. É aí que o discurso e a sociedade se modelam e se completam: o discurso é moldado pela estrutura social, mas é também constitutivo da estrutura social.

Os dispositivos de comunicação sócio-historicamente definidos são denominados por *gênero de discurso*: os fatores diversos, o editorial, a consulta médica, o interrogatório policial, os pequenos anúncios, a conferência universitária, o relatório de estágio, *etc.* A AD, por relacionar falas a lugares, atribui-lhes um papel central. Essas limitações para a definição de um gênero estabelecem: as circunstâncias temporais e locais da enunciação; o suporte e os modos de difusão; os temas que podem ser introduzidos; a extensão, o modo de organização o *status* respectivo dos enunciadores e dos coenunciadores (MAINGUENEAU, 1998).

Os coenunciadores comunicam também quando o enunciador fala. Durante os discursos orais, o enunciador pode modificar no curso da enunciação se o coenunciador emite sinais divergentes. O coenunciador se esforça para pôr-se em seu lugar para interpretar os enunciados e influencia-o constantemente por meio de suas reações. Além disso, “todo enunciador é também seu próprio coenunciador, que controla e, eventualmente, corrige o que diz”. A noção de coenunciador inscreve-se perfeitamente na concepção interacional da linguagem, para qual todo discurso é uma construção coletiva (MAINGUENEAU, 1998, p. 22).

¹⁰ A Escola Francesa de Análise de Discurso iniciou-se com “um conjunto de pesquisas que, emergindo na metade dos anos de 1960, foram consagradas, em 1969, pela publicação do número 13 da revista *Languages*, intitulado ‘A análise do discurso’, e de *Analyse Automatique du Discours*, de Pêcheux (1938-1983), o autor mais representativo dessa corrente”. Denunciando a ilusão que tem o sujeito do discurso de estar ‘na origem do sentido’, a Escola francesa privilegiava os procedimentos ‘analíticos’, que desestruturavam os textos (MAINGUENEAU, 1998, p. 70). Estudam, preferencialmente, formações discursivas que apresentam interesse histórico; refletem sobre a inscrição do sujeito no seu discurso; atribuem um papel privilegiado ao interdiscurso.

Para enunciar, o locutor é obrigado a construir para si uma representação de um coenunciador modelo (dotado de certo saber sobre o mundo, de certos preconceitos, *etc.*).

Numa interação, cada participante traz sua contribuição de forma a responder às expectativas do coenunciador, em função da finalidade da troca e do momento. Existe uma *cooperação* no discurso. De acordo com Maingueneau (1998, p. 39), o “princípio de cooperação não implica em uma harmonia perfeita entre os interactantes: toda interação é perpassada por tensões. Contudo, mesmo na interação mais polêmica, deve existir um mínimo de cooperação, uma vontade comum de respeitar as regras”. O autor conceitua essa relação de discursos como *interdiscursividade*. Ao tomar o interdiscurso como objeto, se ultrapassa a noção de apenas entender uma formação discursiva, mas a interação entre formações discursivas diferentes.

Para caracterizar o interdiscurso, a AD baseia-se basicamente em: uma descrição detalhada do fenômeno, conhecendo-se o máximo possível, os sujeitos participantes (emissores e receptores, dialogantes) e as suas condições de produção; codificação dos dados; estabelecimento de tipologias de discurso (quando conveniente); e interpretação.

Nesta pesquisa, foram verificados e codificados os seguintes itens, sugeridos por Gibbs (2009): atos e comportamentos específicos (o que as pessoas fazem ou dizem); eventos (eventos ou coisas que a pessoa tenha feito, geralmente breves e isolados); estratégias, práticas ou táticas (atividades visando algum objetivo); sentidos (ampla variedade de fenômenos no centro de muita análise qualitativa, como conceitos, sentido ou significado, símbolos); condições ou limitações (o precursor ou a causa de eventos ou ações, coisas que limitam o comportamento ou as ações); contexto (o quadro completo dos eventos em estudo).

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

“*Rem ipsam putemus.*”
“*Examinemos os fatos.*”
Terêncio, *Adelphoe* (160 a.C.)

Os dados desta pesquisa foram constituídos de diversos modos de acordo com o objetivo específico e as condições em que as situações se apresentaram. Sua constituição permite que se façam diferentes abordagens e reflexões acerca das analogias quantitativas dos licenciandos de Biologia e Física. A primeira é sobre o uso desse tipo de analogia por esses acadêmicos por meio da análise dos questionários por eles respondidos. Este foi um dos primeiros objetivos pensados na formulação da pesquisa. Entretanto, no decorrer da pesquisa, surgiu a necessidade de avaliar se o que os grupos pesquisados afirmaram por escrito era posto em prática na sala de aula. Indo mais além, achou-se conveniente avaliar um grupo que tivesse um contato prévio com a teoria das analogias quantitativas com outros que não o tiveram. Portanto, a segunda reflexão é sobre o uso das analogias em sala de aula.

Para tanto, os resultados deste trabalho foram divididos em 2 partes:

1) Os resultados referentes ao questionário escrito (Apêndice I). Eles mostram as estratégias dos licenciandos de Biologia e de Física para ensinar macromedidas e suas avaliações sobre um modelo do Sistema Solar e sobre analogias quantitativas de área, tempo e número de pessoas, além de verificar seu raciocínio analógico e matemático. Aqui as analogias são evidenciadas, classificadas e questionadas.

2) As observações das oficinas dos licenciandos de Física, Biologia sem intervenção pedagógica (Biologia 1) e com intervenção pedagógica (Biologia 2). Nos três casos são levantados, na medida do possível, as estratégias utilizadas, o seu preparo, os cuidados com a utilização das analogias, saberes mobilizados e demais informações inerentes.

A discussão dos dados é emparelhada concomitantemente aos dados apresentados.

6.1 QUESTIONÁRIOS

As respostas dos questionários foram transcritas (BOGDAN; BIKLEN, 1994; GIBBS, 2009) e categorizadas (BARDIN, 2011) de acordo com a semelhança dos conteúdos. Constituem a amostra quatro grupos de licenciandos: Biologia da universidade mineira (BMG1 a BMG20), Biologia da universidade paulista (BSP1 a BSP17), Física da universidade mineira

(FMG1 a FMG11) e Física da universidade paulista (FSP1 a FSP10). Considerando que as duas universidades possuem notas semelhantes nas avaliações oficiais do Ministério da Educação e Cultura (BRASIL, 2015), para análise das respostas, a amostra foi dividida em apenas grupo Biologia e grupo Física, sem distingui-los quanto às universidades, pois não houve diferença nas frequências das respostas que justificasse.

Para padronização das medidas utilizadas nos cálculos das analogias apresentadas pelos licenciandos no questionário, apresenta-se a Tabela 1 com os tamanhos médios aproximados dos objetos análogos.

Tabela 1. Tamanhos médios aproximados dos objetos análogos apresentados pelos licenciandos de Biologia e Física.

Objeto	Tamanho ^a (m)	Objeto	Tamanho ^a (m)
Núcleo atômico	$7,5 \times 10^{-14}$	Poça d'água	<10
Átomo	$2,6 \times 10^{-10}$	Tubarão-baleia	$1,3 \times 10$
Espermatozoide humano ^b	4×10^{-6}	Prédio de 10 andares	3×10
Óvulo humano	$1,2 \times 10^{-4}$	Campo de futebol	10^2
Cabeça de alfinete	10^{-3}	Campo do Mineirão	$1,1 \times 10^2$
Grão de areia	$6,3 \times 10^{-5}$ a 2×10^{-3}	Maracanã	$3,2 \times 10^2$
Formiga	4×10^{-3}	Escola-mercado	10^3
Gema mineral	$0,1-1 \times 10^{-2}$	Unesp (<i>Campus</i> Bauru) ^c	$2,1 \times 10^3$
Botão	$0,7-4,5 \times 10^{-2}$	Jaú ^c	4×10^3
Bola de gude	2×10^{-2}	Bauru ^c	$8,3 \times 10^3$
Acerola	2×10^{-2}	Viçosa-Coimbra	2×10^4
Gema de ovo de galinha	3×10^{-2}	Viçosa-Ponte Nova	5×10^4
Bola de pingue-pongue	4×10^{-2}	Bauru-São Paulo	$3,3 \times 10^5$
Bola de bilhar	$5,4 \times 10^{-2}$	Viçosa-São Paulo	$6,4 \times 10^5$
Laranja	9×10^{-2}	Viçosa-Bahia	$7,2 \times 10^5$
CD	$1,2 \times 10^{-1}$	Belo Horizonte-Goiânia	$8,7 \times 10^5$
Bola de handebol	$1,7 \times 10^{-1}$	Viçosa-Paraná	10^6
Melão	2×10^{-1}	Lua	$3,5 \times 10^6$
Bola de futebol	$2,2 \times 10^{-1}$	Oceano Ártico ^c	$3,7 \times 10^6$
Bola de basquete	$2,4 \times 10^{-1}$	Leste-Oeste do Brasil	$4,3 \times 10^6$
Melancia	3×10^{-1}	Norte-Sul do Brasil	$4,4 \times 10^6$
<i>Pizza</i>	3×10^{-1}	Marte	$6,8 \times 10^6$
Roda de carro	$3,8 \times 10^{-1}$	Terra	$1,3 \times 10^7$
Bola de vinil	4×10^{-1}	Brasil-Japão	2×10^7
Coelho	4×10^{-1}	Polo Norte-Polo Sul	2×10^7
Tatu	5×10^{-1}	Circunferência terrestre	4×10^7
Humano	1,5-1,8	Júpiter	$1,4 \times 10^8$
Tamanduá	1,8	Terra-Lua	$3,8 \times 10^8$
Mesa	2	Sol	$1,4 \times 10^9$
Elefante	4	Órbita lunar	$2,4 \times 10^9$

^a Medida do maior eixo: comprimento ou altura, em objetos não esféricos, ou diâmetro (maior), em objetos esféricos, esferoides e circulares.

^b Sem a cauda.

^c Valor aproximado da raiz quadrada da área.

6.1.1 Distância Terra-Marte

A primeira questão objetivou conhecer as estratégias didáticas dos licenciandos para ensinar a distância entre os planetas Terra e Marte: “Marte, quando mais próximo da Terra, está a 60 milhões de km. Como você explicaria o quão grande é essa distância para alunos do Ensino Médio?”. Para explicar a distância Terra-Marte, os 58 licenciandos podiam apresentar mais de uma estratégia didática (Tabela 2).

Tabela 2. Estratégias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino da distância Terra-Marte.

Estratégias	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Analogia de grandeza	23	62,2	9	42,9	31	53,4
Cálculo do tempo gasto	5	13,5	1	4,8	6	10,3
Escala	4	10,8	2	9,5	6	10,3
Gradação	2	5,4	4	19,0	6	10,3
Ênfase em conceitos básicos	2	5,4	4	19,0	6	10,3
Analogia de proporção	2	5,4	1	4,8	3	5,2
Analogia de unidade	1	2,7	0	0,0	1	1,7
Sem estratégia	2	5,4	0	0,0	2	3,4
Não responderam	3	8,1	3	14,3	6	10,3
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

Oito licenciandos (13,7%) não responderam ou afirmaram não possuir estratégia explicativa. Desses, BMG13 foi o único licenciando que justificou baseado na impossibilidade da concepção mental da distância: “Mesmo sendo a distância mais próxima para nosso referencial ainda é algo muito distante é difícil conseguir um parâmetro de comparação. Pensem que é algo muito grande, além de qualquer distância que eles já percorreram em sua mais longa viagem.”. A alegação do licenciando é corroborada por Primack e Abrams (2008, p. 41), que afirmam que o universo existe em escalas de tamanho com as quais os humanos não têm conexão consciente. “O que acontece nessas escalas de tamanho está além da experiência humana – e talvez até além da nossa imaginação.”

Seis licenciandos (10,3%) desviaram a atenção do problema de facilitar a visualização da distância para a explicação de conceitos básicos, como unidades de medida e Sistema Solar (Tabela 2). A ação é interessante quando se pretende conhecer os conhecimentos prévios dos alunos e/ou relembrar conceitos básicos para antes da explicação. Ausubel (2003) já preconizava a importância de se conhecer os conceitos prévios dos alunos para que ocorra uma aprendizagem significativa. Segundo o autor, o que o aluno já sabe é a base para o novo conhecimento. O conjunto de saberes que a pessoa traz é essencial, mas sozinho não satisfaz a

questão. Para além de um primeiro momento, a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos deve ser seguida de uma estratégia clarificadora sobre a distância interplanetária. BSP5 afirmou que “retomaria as definições matemáticas de metro e quilômetro” e que “traria a história que conta de onde vieram tais padronizações”. FSP5 respondeu que “para explicar essa questão, teria que trabalhar anteriormente a questão de medidas na área da matemática, e a relação de planetas, astronomia na área da Física.” e não apresentou mais ação alguma. As duas estratégias mostram-se limitadas. Os licenciandos podem ter entendido errado o objetivo da primeira questão ou não conhecem estratégia didática apropriada.

Outros seis licenciandos (10,3%) afirmaram que uma apresentação gradual de tamanhos ou apenas de números seria suficiente para conduzir o raciocínio dos alunos de uma esfera de proporções de medidas humanas para medidas astronômicas ou vice-versa. Em outras palavras, o licenciando apresenta uma sucessão de escalas, em ordem crescente ou decrescente, para que os alunos acompanhem. BMG19 respondeu que “um modo de aproximá-los de um número tão grande é tentar reduzi-lo em unidades menores, como quanto equivale 1 milhão de km, 100 km, 1 km”. Já BSP12 faz o caminho inverso e diz que “explicaria que 1 km é igual a 1000 m, e mostraria a eles uma fita métrica de 1 metro. Depois falaria que Marte está a 60 milhões de vezes aquele 1 km de distância”. A gradação, nesse caso, vai da ordem de 1 metro para 10^3 metros e, abruptamente, para $6 \times 10^7 \times 10^3$.

Esses licenciandos parecem superestimar o poder cognitivo dos alunos ao entender que poderiam conceber mentalmente tais números. Rodrigues (2013) lembra que o senso numérico humano esbarra no número quatro e que depois dele, qualquer quantidade torna-se “muitos” para os humanos. FMG4 sobrestima mais ainda essa limitação:

FMG4: 1 km são 100 metros, → como já devem saber, imaginem 1000 km e uma coisa bem grande, agora imaginem 1000 vezes a coisa grande, já é uma coisa gigantesca, agora pegue 60 vezes coisas gigantescas dessas e coloque uma atrás da outra e “meça” (→ imagine) o comprimento. Essa é a distância da Terra a Marte.

É justamente por causa dessa limitação cognitiva humana que as representações ilustrativas são importantes. Primack e Abrams (2008, p. 41) recomendam o uso de escalas para dar ideia de medidas microscópicas ou astronômicas, já que estão “além da experiência humana”. Tal como os autores, seis dos licenciandos pesquisados (10,3%) afirmaram que o uso de escalas para representar a distância entre Terra e Marte seria o suficiente para ensiná-la a alunos do Ensino Médio. FMG3, por exemplo, disse que “poderia reescalar esses valores para outros mais palpáveis para fazer tal comparação. Pois da mesma forma escalas é um conteúdo

de Ensino Médio.”, mas não informou o meio pelo qual faria a escala. BSP3 afirmou que poderia ser feito “um esquema feito na lousa, sobre o quão grande é essa distância. Ou através da utilização de um programa baixado na internet chamado *Stellarium*.” Langhi e Nardi (2012, p. 154) relatam que diversas pesquisas têm demonstrado sucesso no ensino de Astronomia com estratégias didáticas associadas ao uso de simulações de programas de computador gratuitos, como o *Celestia*, o *Stellarium* e outros veiculados pelo Observatório Nacional (2013). Os autores reforçam a necessidade de que “o professor, ao preparar suas atividades práticas, exerça uma atitude autônoma e crítica ao analisar com cuidado suas possibilidades”. Para isso, o professor deve considerar as concepções alternativas dos alunos, o contexto e a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

Em outras palavras, a distância pode ser representada por um desenho na lousa ou por programas de computador, cuja escolha depende de material e tempo disponíveis e do conhecimento prático do professor. BMG14 considerou a ausência de computadores e informou que calcularia “em escala essa distância em relação ao tamanho do quadro-negro e comparando as distâncias Terra-Lua, Terra-Marte, Lua-Marte.” A estratégia é viável, como representada pela Figura 17, mas alguns pontos devem ser levantados.

Considerando um quadro-negro ou lousa de 2 m por 1 m, por exemplo, as representações da Terra e da Lua estariam separadas por 1 cm e Terra e Marte por 156 cm. Quadros-negros menores impossibilitariam uma visualização ideal da representação em escala, pois a distância Terra-Lua ficaria cada vez menor também. Para essa escala ($3,3 \times 10^{10}:1$), extremamente reduzida, fica impossível que os planetas e a Lua também sejam representados em proporção. Para que essa estratégia funcione, portanto, o professor precisa salientar aos alunos que os astros não foram representados na mesma escala (e dizer o porquê, evidentemente).

Outro ponto importante é o professor considerar que essa estratégia só funcionará se os alunos já tiverem entendido a distância entre a Terra e a Lua, em situações anteriores, escolares ou não, ou por revisão prévia (AUSUBEL, 2003). A distância lunar é justamente o parâmetro para demonstrar o quão longe Marte está da Terra. Se o aluno não tem ideia dessa distância, a distância de Marte será igualmente negligenciada.

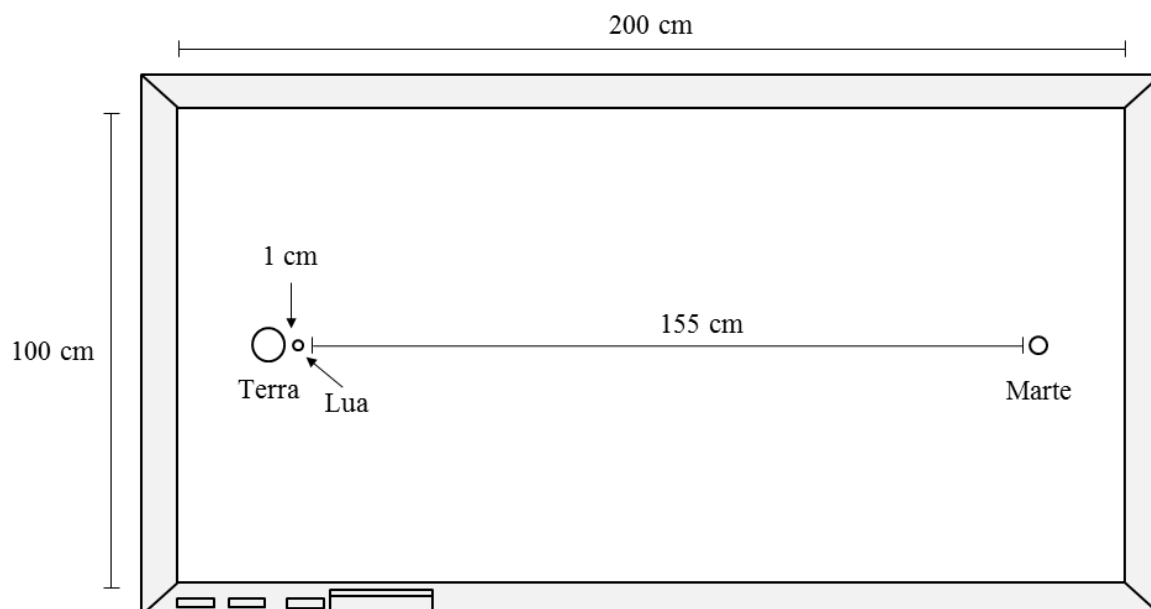


Figura 17. Possível representação das distâncias entre Terra, Lua e Marte em escala em um quadro-negro.

A representação em escala pode evoluir para uma analogia de proporção se acrescentados objetos cujos tamanhos exemplifiquem as medidas proporcionais. Nesse sentido, alguns licenciandos (5,2%) apresentaram algumas analogias de proporção (RIGOLON, 2013) como estratégia. Além da representação em escala no quadro-negro, o licenciando BMG14 sugeriu como análogos às distâncias Terra-Lua-Marte: “a distância entre duas cidades longes uma da outra e uma terceira mais próxima (cidades de conhecimento dos alunos)”. A analogia é viável e supera a representação em escala em, pelo menos, dois aspectos: a) por utilizar como análogos cidades de conhecimento dos alunos, consegue estabelecer uma ponte entre o domínio conhecido e o desconhecido (GENTNER, 1981; DAGHER, 1995) e, assim, ancorar de modo significativo a nova informação no sistema cognitivo dos alunos (AUSUBEL, 2003); b) não depende necessariamente de uma representação pictórica, seja no quadro-negro ou no computador. É claro que se a analogia for pictórico-verbal, a retenção da informação é maior (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002), mas o desenho não é uma condição *sine qua non*. Para essa situação, por exemplo, o professor pode usar como base a cidade de Viçosa, em Minas Gerais, sua vizinha São José do Triunfo, a cinco quilômetros de distância, e Uberlândia a 780 quilômetros dali (desde que os alunos conheçam Uberlândia, outra cidade com distância aproximada ou outro trajeto que conheçam, como, por exemplo, ida e volta x vezes à localidade y).

BMG15 alegou que para tentar “facilitar a visualização por parte dos alunos”, “tentaria fazer analogias, utilizando ‘objetos’ com que eles estejam mais familiarizados, tais como [...]

objetos dispostos em uma mesa, aumentando a distância entre eles proporcionalmente à distância referida.” A analogia pode ser representada por objetos, mas caso a distância fosse proporcional ao tamanho dos próprios planetas, dificilmente seria encontrada uma mesa que pudesse contê-los. Por exemplo: Marte (6 779 km) tem quase metade do diâmetro terrestre (12 742 km). Se fossem representados por sementes de 1 e 2 mm respectivamente, deveriam estar a 8,8 metros um do outro.

Apenas um licenciando de Biologia (1,7% do total) apresentou uma analogia de unidade. A analogia de unidade, segundo Rigolon (2013), é a que compara apenas o número e não inclui a grandeza física. BMG4 comparou os 60 milhões de quilômetros da distância Terra-Marte com a quantia de R\$1.000.000,00 multiplicada por 60.

BMG5: “Explicaria que é uma distância muito grande, não sendo possível usar formas de medidas convencionais. Mas como acredito que eles saibam o quanto é grande a quantia de 1 milhão de reais, poderia fazer a analogia falando que a distância é tão grande, referente a 60 vezes o milhão.”

Essa analogia não permite a visualização da distância. Mesmo que o aluno saiba quanto dinheiro são 60 milhões de reais, o que é muito difícil, ele não conseguirá transferir a magnitude da cifra à distância interplanetária por serem objetos de naturezas diferentes.

A maioria dos licenciandos (53,4%), nos dois cursos, sugeriu que comparasse a distância diretamente com outras distâncias menores. São analogias de grandeza (RIGOLON, 2013). Essas se mostram válidas dependendo do tamanho do objeto a ser comparado (Tabela 3).

Tabela 3. Bases das analogias de grandeza apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino da distância Terra-Marte.

Bases	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Distância entre pontos, cidades ou países <i>conhecidos</i>	8	26,7	2	22,2	10	25,6
Distância entre pontos, cidades ou países	7	23,3	2	22,2	9	23,1
Estádio ou campo de futebol	3	10,0	2	22,2	5	12,8
Viagem	5	16,7	0	0,0	5	12,8
Raio ou diâmetro terrestre	3	10,0	1	11,1	4	10,3
Circunferência terrestre	3	10,0	1	11,1	4	10,3
Objeto conhecido	0	0,0	1	11,1	1	2,6
Prédio	1	3,3	0	0,0	1	2,6
Total de analogias	30	76,9	9	23,1	39	100,0

Um quinto (20,6%) dos objetos-base utilizados foram grandes distâncias da Terra, como o raio, o diâmetro e a circunferência. BSP2 disse que compararia com distâncias conhecidas pelos alunos, “como por exemplo quantos planetas Terra caberiam entre um e outro

planeta, [...]” e FMG9 compararia a distância “com o número de voltas que daríamos no planeta para chegar a essa ~~medida~~ mesma distância”¹¹. Calculando-os, obtém como resposta, respectivamente, 4 708 planetas Terra e 1 497 voltas. Como se vê, são distâncias demasiado pequenas (12 472 km e 40 075 km) para serem comparadas à Terra-Marte (60 000 000 km), pois os quocientes da divisão ainda são muito grandes.

Essas analogias, portanto, não são práticas, não conseguem ilustrar a grandiosidade da distância frente aos parâmetros terrestres. A efetividade das analogias de grandeza apresentadas diminui conforme diminuem os tamanhos dos objetos análogos apresentados pelos licenciandos. As demais respostas sugeriram comparações com distâncias entre cidades, estados e países, muitas vezes, sem especificar quais; outras ressaltando que devem ser conhecidas pelos alunos. FSP4 realizaria “uma comparação por meio de algo conhecido, como a distância entre dois lugares conhecidos. Ex: A menor distância entre a Terra e Marte é igual a x vezes a distância entre Bauru e New York; ou outro exemplo deste tipo.”. Sabendo-se que a distância entre essas duas cidades, em linha reta, é de 7 459 km, seriam necessárias 8 043 viagens para equivaler à Terra-Marte. A situação piora quando sugeridos objetos menores como campo de futebol (BMG15, BMG16), estádio de futebol (FMG6, FMG7) e prédio (BMG16). Os objetos análogos apresentados sugerem que os licenciandos talvez não tenham pensado mais profundamente e refletido sobre sua efetividade.

Apesar de muitos terem utilizado objetos relativamente pequenos em analogias de grandeza, cerca de um quarto dos licenciandos dos dois cursos (9 da Biologia [24,3%] e 5 da Física [23,8%]) demonstrou preocupação em utilizar distâncias e tamanhos conhecidos em suas comparações, o que mostra sua preocupação em relacionar o cotidiano com a Ciência. Isso vai ao encontro das ideias de Farias e Bandeira (2009), que justificam o uso da analogia por ser uma estratégia pedagógica que aproxima o conteúdo de ciências do estudante, usando comparações com objetos do seu dia a dia.

Por fim, a última categoria de estratégia apresentada pelos licenciandos foi a de cálculo do tempo gasto para percorrer a distância por variados meios (6 licenciandos; 10,3%). Estipulando-se a velocidade do objeto ou do meio de transporte que percorreria a distância, é possível, de certa forma, converter um valor de comprimento por um de tempo. Como explica BMG5 e FSP2:

BMG5: Faria comparação com a duração da viagem de carro até a cidade vizinha que todos já visitaram. Por exemplo: se vocês gastarem uma hora de carro até a cidade mais próxima, que fica a 60 km, vocês

¹¹ As rasuras legíveis das respostas foram transcritas com fonte tachada (~~exemplo~~).

gastariam 1 milhão de vezes mais dentro do carro viajando. Podemos converter essa escala em dias - ou anos - para que os alunos percebessem a dimensão.

FSP2: Imagine 1 km. Agora multiplique por 60 milhões. Imagine andar tudo isso... Se a luz tem velocidade de $3 \cdot 10^8$ m/s, calcule o quanto que ela vai gastar pra andar tudo isso.

O cálculo do tempo gasto é uma estratégia bastante apropriada, recomendada pelo Observatório Nacional (2013), referência no ensino de Astronomia no Brasil. Os objetos e meios sugeridos pelos licenciandos para a viagem foram caminhada, carro, avião, foguete e luz, que levariam para completar a viagem, respectivamente, 114 anos, 68 anos, 10 meses, 100 dias e 3 minutos. Em outras situações, é muito comum se informar a distância pelo tempo que normalmente se leva para percorrê-la. Por exemplo, dizer que um estabelecimento está a 30 minutos de um lugar ou que uma cidade fica a 4 horas dali.

6.1.2 Tamanho de Júpiter

A segunda questão era semelhante à primeira, mas, desta vez, o conceito a ser ensinado seria o tamanho de um planeta: “Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar. Tem um diâmetro aproximado de 143 000 km. Como você explicaria a alunos do Ensino Médio o tamanho de Júpiter?”. Para explicar seu tamanho, cerca de dez vezes maior do que a Terra, os 58 licenciandos apresentaram estratégias semelhantes às da primeira situação (Tabela 4). Nenhuma analogia de unidade ou sugestão de se calcular o tempo gasto numa viagem de mesmo tamanho de Júpiter apareceu nas respostas. Dessa vez, apenas quatro licenciandos (6,9%), a maioria da Biologia, não responderam ou afirmaram não possuir estratégia explicativa. É o caso de BMG3 que, semelhantemente à sua resposta na questão anterior, escreveu: “Não tenho noção de distância comprimento”.

Tabela 4. Estratégias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino do diâmetro de Júpiter.

Estratégias	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Analogia de grandeza	19	51,3	14	66,7	33	56,9
Escala	5	13,5	5	23,8	10	17,2
Analogia de proporção	8	21,6	1	4,8	9	15,5
Ênfase em conceitos básicos	4	10,8	2	9,5	6	10,3
Não responderam	2	5,4	1	0,0	3	5,2
Gradação	0	0,0	2	9,5	2	3,4
Sem estratégia	1	2,7	0	0,0	1	1,7
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

A gradação (3,4%) apareceu novamente, por licenciandos que a citaram na questão anterior, com a diferença que, dessa vez, apenas os licenciandos de Física a apresentaram. Incapaz de representar o tamanho jupiteriano, a gradação teve presença, por exemplo, na resposta de FSP7 que “explicaria da mesma maneira da anterior, tentando passar a noção do que seria 1 km (comparando a 1 metro) e de que o diâmetro de Júpiter é 143 mil vezes esse 1 km.”. A representação mental de um objeto multiplicado 143 mil vezes é impossível de acordo com as ponderações de Rodrigues (2013).

Também com uma frequência percentual baixa, a ênfase em conceitos básicos constou nas respostas de 6 licenciandos (10,3%). Nesses casos, os licenciandos explicam ou afirmam que explicariam outros conceitos e não apresentam uma maneira de representar os 143 mil quilômetros do diâmetro de Júpiter, o maior planeta do Sistema Solar. Quando essa ênfase (leia-se explicação ou o relembrar de determinados conceitos) acompanha outra estratégia, tem-se uma ação didática mais interessante, pois há a verificação do conhecimento prévio dos alunos para determinados conceitos que serão empregados na fala sobre o tamanho de Júpiter. Essa retomada no conteúdo é imprescindível para as aulas, como recomendam os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1997). No entanto, respostas como a de FSP5, mostra uma ausência de estratégia além da simples recobra de conteúdos: “Trabalharia a questão de casas decimais nessa ordem buscando mostrar o seu tamanho. Ensinnaria questões sobre diâmetro, aplicaria exemplos.”.

O uso de escalas é uma preferência de 17,2% dos licenciandos (10). Dessa vez, os licenciandos recomendaram a representação de Júpiter em relação à Terra utilizando bolas de isopor (BMG18, BSP1, BSP13, FMG3), programas computacionais (BSP3, FSP3), como *Stellarium* (LANGHI; NARDI, 2012), desenhos na lousa (BSP3, FMG8) e no papel (FSP1) ou modelos tridimensionais (BSP5, FSP10). As bolas de isopor são bastante utilizadas em modelos desde as séries iniciais da Educação Básica, o que explica sua citação nas respostas. No entanto, elas possuem o inconveniente de talvez não se adequarem às proporções corretas para representar os planetas. Respeitando a proporção de 1:11 de Terra-Júpiter, o licenciando teria de encontrar, necessariamente, uma bola de isopor de 1 cm de diâmetro e outra de 11 cm, por exemplo. A dificuldade aumenta se forem representados mais astros do Sistema Solar. Outros modelos podem se enquadrar nessa escala, mas, vale lembrar, que só farão sentido se os alunos já tiverem plena noção do tamanho da Terra.

Dessa vez, é perceptível uma preferência maior pelas analogias, pois 41 dos 58 licenciandos (70,1%) apresentaram alguma comparação como estratégia didática, conforme recomendam Rigolon (2013) e o Observatório Nacional (2013). Os dois cursos apresentaram

maior diferença quanto ao uso de analogias de proporção: na Biologia, elas representam 27,3% (9) das analogias e, na Física, apenas 5,9 % (1) (Tabela 5). Sendo as analogias de proporção comparações mais complexas, pois envolvem mais objetos (ao menos quatro: a/b:c/d) do que as de grandeza (a:b), é compreensível que os licenciandos prefiram pelo segundo tipo.

Tabela 5. Bases das analogias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino da do diâmetro de Júpiter.

Bases	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Analogia de grandeza	24	72,7	16	94,1	40	80,0
Diâmetro terrestre	10	30,3	8	47,1	18	36,0
Distância entre cidades, estados, países ou lugares	5	15,1	4	23,5	9	18,0
Volume terrestre	3	9,1	0	0,0	3	6,0
Bolas ou frutas	2	6,1	1	5,9	3	6,0
Lua	1	3,0	2	11,8	3	6,0
Viagem feita	2	6,1	0	0,0	2	4,0
Sol	1	3,0	0	0,0	1	2,0
Campo de futebol	0	0,0	1	5,9	1	2,0
Analogia de proporção	9	27,3	1	5,9	10	20,0
Bolas ou frutas	4	12,1	0	0,0	4	8,0
Objetos conhecidos	3	9,1	1	5,9	4	8,0
<i>Pizzas</i>	1	3,0	0	0,0	1	2,0
Rodas	1	3,0	0	0,0	1	2,0
Total de analogias	33	100,0	17	100,0	50	100,0

FMG2 foi o único licenciando da Física que apresentou uma analogia de proporção: “~~Comparar~~ Levaria um objeto como padrão por exemplo um alfinete e um outro (compararia com a Terra por exemplo) e um outro objeto com aproximadamente o número de vezes maior que o primeiro.”.

BMG2 responde: “~~A-T~~ A Terra é grande, não é? Então se essa bolinha de gude é a Terra, Júpiter seria aproximadamente essa ~~pe~~ bola de ~~fut~~ handball, Esse seria o exemplo usado para que os alunos tivessem a noção do tamanho de Júpiter.”. A pergunta inicial presume atenção do licenciando para a noção que os alunos teriam da dimensão da Terra, já que ela participa da analogia. Percebe-se, pelas rasuras, que o licenciando ficou em dúvida em empregar a bola de futebol (22 cm de diâmetro) como análogo, preferindo a de handebol (17 cm). Releva-se o fato de que os licenciandos não consultaram fonte alguma para responderem ao questionário e, portanto, dificilmente apresentariam análogos de dimensões proporcionalmente precisas. Considerando a proporção 1:11 dos planetas, a bola de futebol seria ideal para se comparar a uma bola de gude (2 cm). BMG20, de modo similar, sugere a comparação entre uma bola de gude e uma de basquete.

Essa proporção seria difícil de ser obtida na analogia de BMG14 que “explicaria o tamanho de Júpiter fazendo analogia entre tamanho (diâmetro) de pizzas que representassem os planetas (ou mesmo somente Terra e Júpiter).” A resposta é criativa, porém não é prática.

Assim como as *pizzas*, outros objetos circulares planos foram sugeridos como rodas de automóvel e de carrinhos de brinquedo, citados por BMG15. Quanto a esse aspecto, os objetos esféricos, como as bolas já citadas ou frutas (acerola, laranja, melão, e melancia), citadas por BSP11, são preferíveis, pois se parecem mais quanto ao formato com os planetas. Quanto mais predicados similares houver entre os objetos comparados, mais consistente é a analogia e, portanto, melhor (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002). A propósito, uma acerola de 2 cm de diâmetro e um melão de 22 cm corresponderiam proporcionalmente às dimensões da Terra e de Júpiter.

As analogias de grandeza, mais uma vez, foram maioria. Apareceram nas respostas de 55,2% dos licenciandos (Tabela 4) e corresponderam a 80% das analogias apresentadas (Tabela 5). As comparações com o diâmetro da Terra correspondem a 36% das analogias apresentadas pelos licenciandos. São respostas parecidas com a de BMG6, que respondeu dizendo que “explicaria em relação ao tamanho do nosso planeta Terra. Conhecendo esse tamanho poderia dizer que Júpiter é x vezes maior que a Terra.”. No entanto, esse tipo de analogia tem validade para o propósito de representação do diâmetro jupiteriano, pois a razão 1:11 ainda é concebível.

Três licenciandos sugeriram comparar Júpiter à Lua. FMG6 disse que “para exemplificar o diâmetro de Júpiter podemos usar a lua como referência. Por exemplo, dizer quantas luas teriam no céu para que elas tivessem o mesmo diâmetro de Júpiter.”. O interessante dessa estratégia é que, mesmo usando a Lua, um objeto menor que a Terra, como análogo, a concepção do tamanho é possível, pois o diâmetro lunar deveria ser multiplicado por 41 para equivaler-se ao jupiteriano. Taylor (2013) apresenta uma série de montagens fotográficas que mostram a visão que se teria dos planetas se estivessem no lugar da Lua. Pelas imagens, é possível perceber essa proporção entre os diâmetros, de maneira parecida à que o licenciando sugere (Figura 18). Se a analogia for, portanto, acompanhada de uma imagem, mais didática ela é (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002).

É preciso, nesses casos em que se comparam os diâmetros dos corpos celestes, alertar aos alunos para a ilusão das proporções de tamanho. Dizer que o diâmetro de Júpiter é cerca de 11 vezes maior que o da Terra não significa dizer que Júpiter *seja* 11 vezes maior. Depende de qual grandeza física está se considerando. Três licenciandos da Biologia levaram em conta essa questão e optaram por relacionar o volume dos planetas, o que dá uma noção melhor da imensa diferença entre os planetas. BMG18 respondeu que “calcularia o diâmetro da Terra fazendo

comparação de quantas Terras precisaríamos p/formar Júpiter”. BSP17 mostrou até certa dúvida quanto a essa variação de comparação: “Também explicaria relacionando com o tamanho da Terra. Quantas Terras ~~caem dentro~~ cabem dentro de equivalem ao tamanho de Júpiter.” O fato é que a comparação pelo volume mostra que necessitariam 1 321 Terras ($1,08 \times 10^{15} \text{ m}^3$) para equivaler ao volume de Júpiter ($1,43 \times 10^{18} \text{ m}^3$).



Figura 18. Representação da sobreposição da Lua sobre Júpiter.
Montagem sobre arte de Ron Miller/BNPS (TAYLOR, 2013).

Outros objetos sugeridos para comparação pelos licenciandos sugerem uma falta de reflexão sobre a estratégia docente. Em 4 analogias (8%), foram sugeridas analogias de grandeza com bolas, frutas e campo de futebol:

BMG7 (laranja): Eu pesquisaria o diâmetro de Júpiter pelo da laranja e dividiria o diâmetro de Júpiter pelo da laranja, com isso eu falaria quantas vezes é maior Júpiter é maior que a laranja.

BSP12 (bola de vinil): Eu usaria uma bola daquelas de plástico colorido grande para medir e de acordo com a medição eu falaria que Júpiter é x vezes maior do que aquela bola.

FMG11 (bola de isopor): ~~P~~ Usaria a mesma tática anterior. Ai pegaria uma bola de isopor c/ diâmetro de aproximadamente 1m, e falaria que o diâmetro de Júpiter é 143.000.000 vezes maior.

FSP4 (campo de futebol): Realizando uma comparação com [...] um campo de futebol ou outro elemento conhecido.”

Nesses casos, o número de vezes que os tamanhos dos objetos deveriam ser multiplicados para igualar-se ao de Júpiter não ajuda em nada a melhorar a percepção do

tamanho do planeta, pois geram outros números gigantes: 1,6 bilhões de laranjas ($1,6 \times 10^9$), 350 milhões de bolas de vinil ($3,5 \times 10^8$), 143 milhões de bolas de isopor ($1,4 \times 10^8$) ou 1,4 milhões de campos de futebol enfileirados ($1,4 \times 10^6$).

6.1.3 Velocidade da Lua

A terceira questão do questionário diferencia-se das duas anteriores por abordar a velocidade como grandeza física. Trata-se de uma grandeza derivada, pois é medida pela relação de duas grandezas, a variação de espaço em relação ao tempo (BIPM, 2014). O enunciado da questão apresentou um erro de digitação que acabou por influenciar bastante nas respostas, mas nem por isso perde seu valor: “A velocidade orbital média da Lua é de 1.022 km/s. Como você explicaria o quão veloz é a Lua, a alunos do Ensino Médio, sem citar esse valor?”. Onde é informado ‘1.022’ (mil e vinte dois), foi colocado um ponto final onde deveria ser uma vírgula, 1,022 (um inteiro e vinte e dois milésimos). Dessa forma, os licenciandos elaboraram respostas considerando a velocidade da Lua como mil vezes a real. As velocidades dos objetos apresentados pelos licenciandos têm suas velocidades médias padronizadas na Tabela 6.

A essa questão, 4 licenciandos (7%) não responderam ou afirmaram não saber (Tabela 7). BSP1, por exemplo, após confundir o movimento de rotação lunar com o de revolução, acabou por reconhecer: ~~“Pois a Lua demora mais tempo que a Terra p/ dar uma volta em sua órbita. Não sei.”~~

Para explicar a velocidade orbital lunar, os licenciandos não apresentaram analogias de proporção e nem gradação. Realmente, a analogia de proporção para a velocidade, um conceito mais complexo que o de distância (e dela dependente), dificilmente seria apresentado sem uma instrução técnica prévia. Ter-se-ia que diminuir a velocidade lunar a alguma velocidade conhecida e, em seguida, diminuir outra velocidade na mesma proporção, assim como Georgalis (2012) apresentou para explicar a velocidade da luz reduzida à velocidade de uma bala de rifle.

Dois licenciandos de Física (3,4% do total), mais uma vez, preferiram dar ênfase em conceitos básicos em vez de se aterem à questão da velocidade. FMG1 disse que “introduziria o conceito de *rapidez*”, provavelmente se referindo a velocidade, e FSP5 respondeu que “tentaria abordar as casas km/s a fim de poder dar uma noção para os alunos de quão ela é veloz.”, entendendo que a transformação da unidade de medida de velocidade ‘km/s’ bastaria.

Tabela 6. Velocidades aproximadas dos objetos análogos apresentados pelos licenciandos de Biologia e Física.

Objeto	Velocidade (m/s)	Proporção em relação à velocidade lunar
Jabutí (méd.)	8×10^{-2}	$7,8 \times 10^5 : 1$
Pessoa caminhando (méd.)	1,39	$7,2 \times 10^2 : 1$
Bicicleta (méd.)	5,56	$1,8 \times 10^2 : 1$
Velocista (máx.)	$1,02 \times 10$	$10^2 : 1$
Lince (máx.)	$1,53 \times 10$	$6,7 \times 10 : 1$
Metrô (máx.)	$2,22 \times 10$	$4,6 \times 10 : 1$
Trem (máx.)	$2,50 \times 10$	$4,1 \times 10 : 1$
Carro (méd.)	$3,06 \times 10$	$3,3 \times 10 : 1$
Guepardo (máx.)	$3,17 \times 10$	$3,2 \times 10 : 1$
Carro de Fórmula 1 (melhor méd.)	$6,72 \times 10$	$1,5 \times 10 : 1$
Trem-bala (méd.)	$7,31 \times 10$	$1,4 \times 10 : 1$
Bala de revólver calibre 38 (máx.)	$1,11 \times 10^2$	$9,2 : 1$
Avião comercial a jato (méd.)	$2,22 \times 10^2$	$4,6 : 1$
Som (méd. no ar a 25 °C)	$3,46 \times 10^2$	$2,9 : 1$
Caça (máx.)	$5,89 \times 10^2$	$1,7 : 1$
Lua (méd. real)	$1,02 \times 10^3$	$1 : 1$
Foguete espacial (méd.)	$3,06 \times 10^3$	$0,3 : 1$
Lua (méd. questionário)	$1,02 \times 10^6$	$10^{-3} : 1$
Luz (méd.)	$2,99 \times 10^8$	$3,4 \times 10^{-6} : 1$
Super-herói Flash (máx.)	$>2,99 \times 10^8$	$>3,4 \times 10^{-6} : 1$

Nota: máx. = ‘máxima’; méd. = ‘média’.

Outros dois licenciandos (3,4%) sugeriram que o movimento lunar fosse representado em escala. BMG6 afirmou que pudesse “talvez utilizar objetos que possam representar a lua e a Terra e como se relacionam, utilizando como ferramenta o tempo que a lua gasta para completar uma volta em torno da Terra” enquanto BSP3 voltou a recomendar o programa computacional *Stellarium*. Esses licenciandos optaram pela representação visual do movimento de revolução da Lua para mostrar sua velocidade em escalas menores, com a diferença que o primeiro utilizaria objetos concretos e o segundo, virtuais. Langhi e Nardi (2012, p. 127) enfatizam que pelo uso de “recursos digitais, sonoros e de computação gráfica [...] é possível explorar virtualmente os corpos do sistema solar (planetas, luas, cometas, asteroides *etc.*)”.

Uma estratégia que teve alta frequência nas respostas dos licenciandos (37,9%) foi aqui categorizada como ‘distância pelo tempo’, que é a substituição da informação da velocidade 1.022 km/s pela informação de que a Lua percorre uma determinada distância num determinado tempo. É como se dissessem, por exemplo, que um carro corre 20 quilômetros em 15 minutos em vez de dizer que corre 80 km/h. *A priori*, basta se fazer o cálculo para chegar à velocidade da Lua.

Tabela 7: Estratégias apresentadas por licenciandos de Biologia e Física para o ensino da velocidade orbital da Lua.

Estratégia	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Analogia de grandeza	22	59,4	10	47,6	32	55,2
Distância pelo tempo	14	37,8	8	38,1	22	37,9
Escala	1	2,7	1	4,8	2	3,4
Ênfase em conceitos básicos	0	0,0	2	9,5	2	3,4
Sem estratégia	1	2,7	0	0,0	1	1,7
Não responderam	2	5,4	1	4,8	3	5,3
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

Pelos objetos utilizados para representar a distância ou o tempo nessa categoria é possível verificar se os licenciandos utilizaram análogos ou não (Tabela 8).

Tabela 8: Bases das estratégias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino da velocidade lunar

Bases	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Distância pelo tempo (sem analogia)	7	12,1	4	20,0	11	14,1
Órbita lunar	6	10,3	2	10,0	8	10,3
Determinada distância	1	1,7	2	10,0	3	3,8
Distância pelo tempo (com analogia de distância)	9	15,5	3	15,0	12	15,4
Entre cidades ou estados	7	12,1	3	15,0	10	12,8
Extremos do Brasil	1	1,7	0	0,0	1	1,3
Circunferência terrestre	1	1,7	0	0,0	1	1,3
Distância pelo tempo (com analogia de ambos)	0	0,0	1	5,0	1	1,3
Entre cidades; carro	0	0,0	1	5,0	1	1,3
Analogia de grandeza (distância percorrida por)	42	72,4	13	65,0	55	73,3
Avião, caça ou foguete	10	17,2	1	5,0	11	14,1
Não especificado	4	6,9	5	25,0	9	18,7
Carro	6	10,3	3	15,0	9	18,7
Carro de corrida	5	8,6	3	15,0	8	10,3
Trem, metrô ou trem-bala	4	6,9	0	0,0	4	5,12
Animais, jabuti, lince ou guepardo	4	6,9	0	0,0	4	5,12
Pessoa	3	5,2	0	0,0	3	3,8
Som	1	1,7	1	5,0	2	2,6
Seres fictícios (Flash ou desenhos animados)	2	3,4	0	0,0	2	2,6
Bicicleta	1	1,7	0	0,0	1	1,3
Outros astros	1	1,7	0	0,0	1	1,3
Luz	1	1,7	0	0,0	1	1,3
Total de objetos-base	58	100,0	20	100,0	78	100,0

Metade dos objetos utilizados como parâmetro de medida foi de analogias. Para representar uma determinada distância que a Lua poderia percorrer, os licenciandos utilizaram distâncias entre cidades, estados e outros pontos conhecidos. São lugares que se distanciam um do outro por cerca de mil quilômetros ou que, numa viagem, ida e volta totalizariam essa distância. Alguns exemplos:

BMG10 (pontos extremos do Brasil): “Mais uma vez utilizaria uma vel conhecida para exemplificar a da Lua. E talvez correlacionaria com o tempo. Ex: como se em 1h um carro a tanto km fosse e voltasse de uma ponta a outra do Brasil... algo plausível do gênero - correlacionando com uma fração da volta.”

BMG11 (estados): “A velocidade da lua é tão alta que é como se você daqui até São Paulo em 1 segundo.” OBS: Uma região do Sul do Estado que tenha 1000 km de distância. Ou Paraná. Pesquisaria o local antes.

FMG5 (cidades): Para explicar o valor primeiro estaria relacionando à distância entre 2 cidades (para mostrar a distância) e multiplicaria por um valor até conseguir o valor igual ao dado. Depoisalaria que a lua desloca esta distância em um intervalo de tempo bem curto, como um “pisar de olhos.”

O primeiro exemplo utiliza a maior distância possível dentro do território nacional e afirmou que se um carro se movesse a “tanto km” (tantos quilômetros por hora), faria essa distância duas vezes (ida e volta) em uma hora. É perceptível que o licenciando não fez os cálculos e tampouco deveria saber o valor da distância “de ponta a ponta” do Brasil. Na prática, para percorrer a linha reta (4 398 km) que liga o extremo Norte do Brasil (nascente do rio Ailã, no Monte Caburaí, Roraima) ao extremo Sul (Arroio Chuí, Rio Grande do Sul), a Lua, se movesse-se a 1 022 km/s, o faria em 4,3 segundos.

O segundo exemplo mostra como utilizar um estado brasileiro como objeto análogo pode causar algumas confusões, pois não é definido que parte do estado está se considerando. Pensa-se que seja a fronteira, mas que ponto da fronteira?

O terceiro exemplo representa a maioria das respostas, as que propuseram fixar a distância entre duas cidades para mostrar em quanto tempo a Lua percorreria, se fosse possível. Muitos licenciandos utilizaram a própria cidade onde está, as capitais estaduais e/ou cidades que os alunos conheçam. As capitais acabam por ser boas candidatas a objeto análogo, pois são de conhecimento geral, principalmente quando é a do próprio estado. Não é necessário que se utilizem cidades a mil quilômetros de distância. Esse valor apenas facilita um pouco mais o raciocínio. BMG20, por exemplo, sugeriu verificar o tempo que a Lua faria numa distância equivalente à das cidades mineiras Viçosa e Ponte Nova (45 km em 2,6 minutos). Nesses casos, após verificar-se se os alunos têm conhecimento dessa noção de distância, têm-se os componentes de uma analogia, o familiar e o não familiar (HOFFMAN; SCHEID, 2007).

Apenas um licenciando (1,3%), da Física, em vez de comparar a velocidade, sugeriu duas comparações: uma para a distância e outra para o tempo. FMG7 respondeu que “diria o tempo que ela gastaria para efetuar uma viagem entre duas cidades. e, em seguida, compararia o tempo que um carro com uma velocidade comum ao nosso dia-a-dia, gastaria para efetuar a mesma viagem”. Então, há uma primeira analogia ‘distância a ser percorrida = distância entre duas cidades’ e, depois, a comparação entre o tempo que um carro gastaria para percorrê-la e o

tempo da Lua. A segunda comparação dá, finalmente, a ideia de como a Lua é imensamente rápida. Em números: para percorrer a distância entre Viçosa e o Paraná (cerca de 1 000 km), por exemplo, a Lua, se se movesse a 1 022 km/h, faria em 1 segundo, aproximadamente enquanto um carro que se movesse numa velocidade média de 110 km/h demoraria 9 horas e 5 minutos.

Ao analisar os objetos análogos utilizados pelos licenciandos que apresentaram analogia de grandeza (55,2%), é possível perceber, pela primeira vez, alguma diferença grande entre os da Biologia e os da Física. Os físicos sugeriram 4 objetos apenas (avião, carro, carro de corrida e som) enquanto os biólogos, 21. Os licenciandos da Biologia sugeriram que se comparassem a velocidade lunar a variados meios de transporte, a animais, pessoas correndo, personagens fictícios e fenômenos físicos. Percebe-se que muitos desses objetos são também objetos de estudo de suas áreas. Na Física, estudam-se as máquinas e, dentre vários fenômenos naturais, o som (BRASIL, 1997); na Biologia, alguns fenômenos físicos ligados à biologia dos seres vivos e os animais, em Zoologia. Esse é um reflexo do cotidiano desses licenciandos. Vosniadou e Ortony (1989) afirmam que as analogias são formadas a partir do contexto em que se vive e Sardinha (2007), que as analogias e metáforas são condicionadas à cultura.

É por isso que muitos licenciandos (10,3%) procuraram relacionar a velocidade da Lua com a de carros de corrida, especificamente, os de Fórmula 1, modalidade de corrida mais prestigiada na Brasil. Feito parecido ocorreu nas questões anteriores quando os licenciandos buscaram comparar os objetos a campos de futebol e não, por exemplo, uma quadra de vôlei.

Por essa lógica, entende-se o porquê do licenciando BSP2 ter escolhido um personagem fictício para a comparação: “Muito mais rápido que o mais rápido que eles podem imaginar. Muito mais rápido que o Flash dos desenhos animados e filmes, rápido pra caramba, mas muito rápido mesmo, nós nos desintegraríamos à esta velocidade.” Certamente, o licenciando buscou em suas lembranças um elemento que fosse extremamente rápido para ter sua velocidade comparada à da Lua. Lá estava a figura de um super-herói conhecido, o Flash, personagem da *DC Comics*. BMG15 também recomendou um desenho animado. O problema de se utilizar figuras dessa natureza é que no campo imaginário, as leis da Física não se aplicam. Flash, por exemplo, em certos episódios, consegue ultrapassar a velocidade da luz (300 mil km/s).

Outro licenciando da Biologia suscitadamente recomendou uma comparação com a luz. BSP13 afirmou que “Falaria que a velocidade da Lua e x vezes a velocidade da luz”. A ideia da comparação de velocidade pretende substituir um número grande, difícil de ser imaginado, para escalas menores, humanas. O desafio é trazer esses valores para a escala experimental

humana (JONES *et al.*, 2013). No caso da estratégia apresentada, o licenciando fez justamente o caminho inverso. A Lua, como apresentado erroneamente no questionário, possuiria velocidade orbital 300 vezes menor que a da luz (na realidade, a 1,022 km/s, seria 300 000 vezes menor).

Nessa questão, foi possível verificar alguns concepções alternativas dos licenciandos e muitas confusões para explicar alguns conceitos:

- BMG1 tomou o comprimento da órbita lunar pelo diâmetro da Terra: “A Terra possui grande diâmetro. A Lua, para girar em torno da Terra, percorre *essa grande distância* em um certo intervalo de tempo.”
- BMG5 confundiu o período de revolução lunar (quase 28 dias) com o de rotação terrestre: “Explicaria uma das razões para que a velocidade orbital da lua seja alta: como a lua dá uma volta em torno da Terra *no período de 24 horas* e a Terra também é um planeta com dia circunferência expressiva, a velocidade que a lua percorre esse trajeto é muito alta.”
- FSP2 trocou “órbita lunar” por “órbita terrestre”: “Diria que ela percorre *a órbita terrestre* em um mês e citaria o valor da órbita ~~terr~~ da Terra.”

Aparentemente, não são concepções alternativas ingênuas, mas parecem confusões entre termos e conceitos com os quais os licenciandos naturalmente não estão familiarizados. Langhi e Nardi (2002) mostram que a formação inicial de professores em Astronomia é extremamente precária no Brasil. Espera-se que esses licenciandos deveriam estar aptos para o ensino de conceitos astronômicos, como afirmam os PCN, (BRASIL, 1997), mas percebe-se que seus saberes disciplinares (TARDIF, 2012) estão aquém do necessário. As duas carências somam-se: falta-lhes acesso a conceitos científicos e instrução para práticas autônomas (LANGHI; NARDI, 2012).

As três primeiras perguntas têm por objetivo conhecer quais estratégias os licenciandos utilizariam para explicar grandes medidas de distância, diâmetro e velocidade e, com isso, descobrir se as analogias quantitativas estão presentes nos seus saberes pedagógicos. Dos 37 licenciandos de Biologia, 27 (73%) repetiram um tipo de estratégia em pelo menos duas das três questões. Dos 21 de Física, 16 (76%) fizeram o mesmo, o que em números percentuais deixam os dois cursos praticamente iguais. Esse resultado sugere que esses licenciandos têm uma tendência a manterem uma estratégia explicativa, uma vez que entendem que ela seja apropriada para o propósito. Provavelmente, estão no caminho contrário ao pluralismo metodológico que Laburú, Arruda e Nardi (2003) defendem.

Agrupando-se os resultados das três questões, é possível verificar que a maioria dos licenciandos (84,5%) empregou analogia de grandeza pelo menos em uma questão (Tabela 9).

Empatados com 20,7%, estão o uso de escala e o cálculo do tempo gasto para percorrer a distância em questão. Das estratégias consideradas efetivas para distância, a menos sugerida foi a analogia de proporção, referente a 15,6%. É importante salientar que apesar de o número de licenciandos pesquisados de cada curso ser diferente (37 da Biologia e 21 da Física), a relação de estratégias por licenciando em cada curso foi bem parecida (1,4 estratégias/licenciando). No entanto, observa-se que a analogia de proporção, uma estratégia mais elaborada por envolver mais elementos na comparação (RIGOLON, 2013) foi utilizada mais pelos licenciandos da Biologia do que pelos da Física, dos quais apenas um licenciando a apresentou. Percebe-se, portanto, que a analogia de grandeza, isto é, a mera comparação entre as grandezas de dois objetos, é trivial entre os licenciandos, possivelmente constituído como saber durante sua vida escolar ou pelas comparações, tão comuns, existentes nos meios de comunicação. O mesmo vale para o cálculo do tempo gasto e a escala. Já a analogia de proporção, por não ter sido formalmente ensinada durante o curso de graduação e dificilmente apresentada por outros meios, não aparece no rol de saberes dos licenciandos pesquisados.

Tabela 9. Estratégias apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física nas três primeiras questões.

Estratégia apresentada pelo menos uma vez	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Analogia de grandeza	32	86,5	17	81,0	49	84,5
Escala	6	16,2	6	28,6	12	20,7
Cálculo do tempo gasto	6	16,2	6	28,6	12	20,7
Analogia de proporção	8	21,6	1	4,8	9	15,6
Total de estratégias	52	140,5	30	142,9	82	141,4
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

6.1.4 Erros conceituais em um modelo do Sistema Solar

A quarta pergunta do questionário envereda a investigação para outro objetivo específico, não tão de verificar se os licenciandos estão conscientes quanto aos possíveis erros conceituais (ou concepções alternativas) que o uso de um modelo planetário do Sistema Solar pode criar ou reforçar. Langhi e Nardi (2012) enfatizam que

para explicar fenômenos da astronomia, tende-se a utilizar representações idealizadas e simplificadas, distantes do observável do cotidiano, provocando nas crianças, em especial, ideias prévias, ou concepções espontâneas, com opiniões que oferecem dificuldades conceituais. (LANGHI; NARDI, 2012, p. 95).

Para esses casos, os futuros professores devem estar preparados e atentos para que a má interpretação de modelos acaba por interferir negativamente no processo de ensino científico. Portanto, foi perguntado aos licenciandos de Biologia e Física desta pesquisa “Que significado equivocado se poderia ter a partir da interpretação desta figura?” acompanhada de uma figura (Figura 19) que representava o Sol e os planetas do Sistema Solar em ordem e proporcionais apenas no tamanho. Dentre os possíveis erros conceituais da figura que os licenciandos disseram que poderia haver, os de interesse desta pesquisa, o que justifica a ênfase na discussão, são os relacionados às proporções das medidas do Sol e dos planetas: existe a proporção de tamanhos (diâmetro), mas não de distâncias interplanetárias e entre o Sol e os planetas.

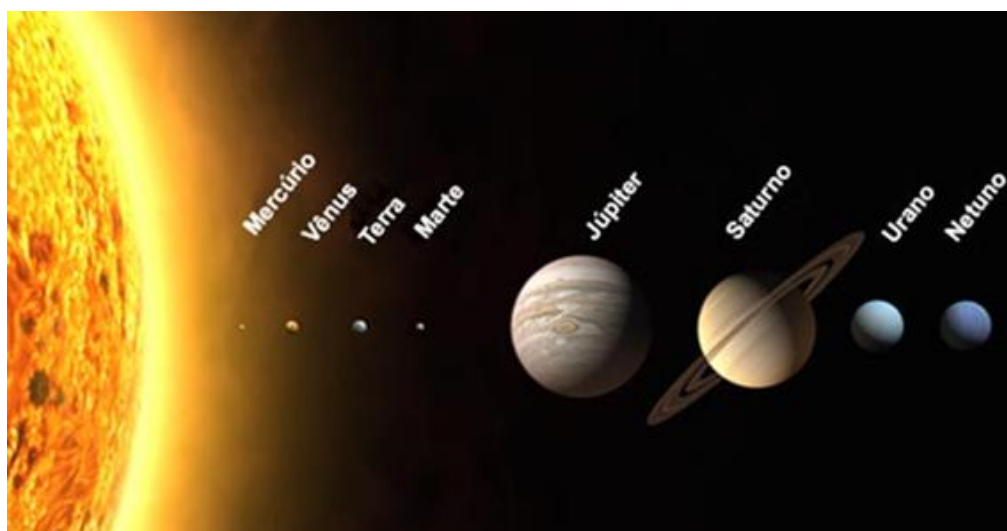


Figura 19. Representação do Sistema Solar.

Fonte: União Astronômica Internacional. Arte: Martin Kornmesser.

Os resultados mostraram que os licenciandos de Física e Biologia possuem preocupações principais diferentes com relação ao modelo da figura (Tabela 10). Cerca de 5% dos licenciandos não respondeu ou souberam informar. A maioria dos licenciandos de Biologia (59,4%) disse que a figura pode induzir os alunos a pensarem que os planetas estão sempre alinhados. As respostas de BMG3, BSP9 e FMG5, respectivamente, são exemplares: “Que os planetas sempre se encontram alinhados”; “A real distância entre o Sol e os planetas.”; “Em que os planetas se encontram na configuração mostrada ~~um~~, em fila (um atrás do outro) e em linha reta.”.

Tabela 10. Possíveis erros conceituais na interpretação de figura do Sistema Solar levantados por licenciandos de Biologia e Física.

Erros conceituais	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Alinhamento planetário	22	59,4	9	42,9	31	53,4
Equidistância interplanetária	14	37,8	14	66,7	28	48,3
Imobilidade planetária	4	10,8	4	19,0	8	13,8
Tamanhos planetários	4	10,8	4	19,0	8	13,8
Velocidades orbitais	4	10,8	2	9,5	6	10,3
Outros ^a	9	24,3	1	4,7	10	17,2
Não sabem ou não responderam	2	5,4	1	4,7	3	5,2
Total de erros conceituais	58	156,8	34	161,9	92	158,6
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

^a Erros conceituais com N = 1.

O fato de os planetas e o Sol estarem apresentados na figura numa mesma linha reta imaginária poderia sugerir que essa conformação se mantém independentemente dos movimentos orbitais planetares. Esse é um ponto importante que o professor deve abordar, principalmente, porque, segundo Oliveira e Leite (2014), muitos livros didáticos apresentam o Sistema Solar nessa configuração. Inclusive, segundo as autoras, os manuais do professor, que comumente acompanham esses livros, sugerem que o professor mostre que os planetas estão, na verdade, espalhados ao redor do Sol e que a ideia de linearidade não é real.

Essa preocupação pareceu em segundo lugar para os licenciandos da Física (42,9%), que deram mais atenção para outro possível erro conceitual, o da equidistância planetária (66,7%). A figura realmente apresenta os planetas sem escala de distância e mais ou menos equidistantes. Isso se deve ao fato de que, numa mesma representação de área pequena, que caberia num livro didático, por exemplo, não seria possível empregar uma única escala para tamanhos e distâncias planetares (LANGHI; NARDI, 2012). Pode-se empregar, para resolver esse problema, duas escalas separadas num mesmo modelo (BELLINI *et al.*, 2003) devidamente comentadas pelo professor ou informadas no livro didático.

Além disso, 8 licenciandos (13,8%) se equivocaram ao afirmar que os planetas representados na figura estariam fora de escala de tamanho. BMG12 afirmou que a representação não dá noção de tamanho e BSP11, que os planetas não estão proporcionais ao Sol. FSP5 respondeu: “A diferença de tamanho dos planetas pode levar o aluno a pensar errado sobre seu tamanho, e dimensões”. A mesma porcentagem de licenciandos afirmou que, por estarem alinhados, os planetas teriam mesma velocidade orbital. Mesmo sem mencionar, entende-se que essa velocidade a qual se referem seja a velocidade angular, pois velocidades orbitais lineares, mesmo iguais, não manteriam a configuração alinhada dos planetas.

Outras respostas (17,2%), menos expressivas, foram agrupadas na categoria ‘Outros’ (Tabela 10). A maioria, 9 das 10 respostas, são dos licenciandos da Biologia. São os casos, por exemplo, de: BMG5, que disse que o modelo não apresentava outros astros do Sistema Solar (como satélites e asteroides, por exemplo); BSP2, que afirmou que os alunos poderiam entender que as órbitas planetares são circulares; BSP12, que destacou que a representação parcial do Sol poderia não dar noção de seu tamanho em relação aos planetas; e BSP17, que afirmou que os alunos poderiam entender, pela disposição dos astros na figura, que o Sol não é o centro do Sistema Solar.

O resultado dessa quarta questão mostra que aparentemente os licenciandos de Biologia cuidam mais para possíveis erros conceituais que afetam, em sua maioria, crianças mais novas, do primeiro e segundo ciclos do Ensino Fundamental, (OLIVEIRA; LEITE, 2014), nesse caso o alinhamento planetário, do que a questão da noção das distâncias em escala dos planetas, que contém erros conceituais carregadas até durante a fase adulta, inclusive por certos professores (LANGHI; NARDI, 2012). Provavelmente, os licenciandos da Física, pela natureza e pelo conteúdo de seu curso de graduação, têm mais acesso a conceitos científicos de Astronomia para compor seus saberes disciplinares, o que facilitaria a elaboração e o uso de analogias quantitativas.

6.1.5 Analogia quantitativa de área

A quinta pergunta do questionário visou saber a opinião dos licenciandos sobre uma analogia quantitativa veiculada em uma matéria sobre o maior fungo da Terra: “‘O maior ser vivo. Cientistas descobrem em floresta dos Estados Unidos um fungo gigantesco que ocupa área equivalente a 47 estádios do Maracanã’ (BARBOSA, 2000). Que avaliação você faz da estratégia da revista em comparar a área do fungo com a de 47 Maracanãs?”. Acompanhadas as opiniões de justificativas, é possível relacionar potencialidades didáticas da analogia de área e pontos onde ela falha didaticamente vistos pela perspectiva dos licenciandos (Tabela 11). A análise dessa pergunta especificamente foi apresentada e publicada como artigo nos anais do *VI Congreso Internacional de Enseñanza de Biología*, em General Roca, na Argentina, em outubro de 2014 (RIGOLON; NARDI, 2014). Apenas 2 licenciandos da Física (3,4% do total) não responderam a quinta questão.

Tabela 11. Avaliações dos licenciandos de Biologia e Física sobre analogia de grandeza (área) utilizada por revista.

Avaliações	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Positivas	24	64,9	16	76,2	40	69,0
Positivas com ressalvas	8	21,6	1	4,8	9	15,5
Negativas	5	13,5	2	9,5	7	12,1
Não responderam	0	0,0	2	9,5	2	3,4
Total	37	100,0	21	100,0	58	100,0

A maioria dos licenciandos (69%) afirmou que a estratégia dotada pela revista foi positiva, na palavra deles, qualificada como “boa, satisfatória, inteligente, interessante, válida”. Essa parcela apresentou apenas aspectos convenientes (bons) sobre a analogia e suas respostas foram classificadas na categoria ‘Positivas’. Se somadas às respostas favoráveis, mas que apresentaram algum inconveniente ou cuidado a ser tomado para ter uso didático, a categoria ‘Positivas com ressalvas’, a porcentagem de respostas positivas alcança 84,5% (49 dos 58) dos licenciandos. Apenas 7 licenciandos (12,15), a maioria do curso de Biologia, afirmaram que a analogia não é didaticamente válida e suas respostas foram categorizadas em ‘Negativas’. Em suas palavras, a analogia de área da revista “não é boa”, “é difícil” ou recebeu opinião como “não gostei”.

A avaliação do uso de analogias em aula por professores e licenciandos não é novidade. O uso das analogias para o ensino e na divulgação científica tem sido visto com bons olhos por docentes (FERRAZ; TERRAZZAN, 2002; BOZELLI, 2005) e licenciandos de Biologia (RIGOLON, 2008) e de Física (BOZELLI; NARDI, 2007).

Os argumentos apresentados pelos licenciandos para justificar suas opiniões também foram categorizados de acordo com a semelhança do conteúdo (BARDIN, 2011). Os licenciandos de Biologia apresentaram proporcionalmente mais argumentos do que os de Física: respectivamente 1,73 e 1,29 argumentos/aluno (Tabela 12).

No entanto, assim como nas demais pesquisas (OLIVA MARTÍNEZ *et al*; 2004; MARCELOS, 2006; RIGOLON; OBARA, 2010), é nítido perceber como o uso das analogias é desligado de cuidados que as tornem didaticamente operativas (DUARTE, 2005). Os licenciandos, por utilizarem as analogias de modo intuitivo e sem nenhum preparo ou reflexão, assim como também evidenciados por Bozelli e Nardi (2007), acabam por não levar em conta os pontos onde as analogias podem falhar. Por isso, apenas 16 das 91 justificativas apresentadas (17,6%) citaram fatores que devem ser modificados ou considerados para o uso didático de uma analogia quantitativa.

Tabela 12. Justificativas apresentadas por licenciandos de Biologia e Física para avaliação de analogia de grandeza (área) utilizada por revista¹².

Justificativas	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Avaliações positivas	51	79,7	24	88,9	75	82,4
Ideia de tamanho	18	28,1	6	22,2	24	26,4
Relação com o conhecido	15	23,4	8	29,6	23	25,3
Facilitação da compreensão	8	12,5	3	11,1	11	12,1
Atração da atenção	5	7,8	3	11,1	8	8,8
Dificuldade com os números	3	4,7	2	7,4	5	5,5
Associação com futebol	1	1,6	2	7,4	3	3,3
Relação com o visível	1	1,6	0	0,0	1	1,1
Avaliações negativas ou positivas com ressalvas	13	20,3	3	11,1	16	17,6
Desconhecimento dificulta analogia	8	12,5	2	7,4	10	10,1
Base poderia ser maior	2	3,2	1	3,7	3	3,3
Dificuldade de imaginação	1	1,6	0	0,0	1	1,1
Dúvida entre campo e estádio	1	1,6	0	0,0	1	1,1
Confusão com comprimento	1	1,6	0	0,0	1	1,1
Total	64	100,0	27	100,0	91	100,0

As potencialidades da analogia quantitativa usada para dimensionar a área do fungo corroboram o que a literatura indica sobre o uso didático da analogia apresentado há alguns anos (DUARTE, 2005). São exemplos de cada categoria:

BMG16) Positiva (ideia de tamanho): “A estratégia foi boa. Principalmente pra quem já esteve lá no Maracanã e sabe o quanto como é grande este estádio. Com esta comparação, notamos que o fungo é enorme mesmo.”

FMG10) Positiva (relação com o conhecido): “Comparar o tamanho de algo com uma coisa conhecida é extremamente favorável a aprendizado.”

BMG15) Positiva (facilitação da compreensão): “Eu faço uma boa avaliação sobre a estratégia da Veja. A revista usou uma comparação, para que o leitor tenha uma visão mais “real” do tamanho do fungo. Na minha opinião, estratégias assim facilitam a compreensão de conteúdos, e a visualização de grandezas muito grandes e/ou muito complexas.”

FMG6) Positiva (atração da atenção): “Geralmente essas revistas possuem chamadas meio que sensacionalistas para cativar os leitores, apesar da comparação ser válida e eficiente.”

BMG18) Positiva (dificuldade dos números): “⊖ Interessante, pois permite ao leitor ter uma noção do quanto grande é o fungo. Se tivessem colocado o tamanho em números ficaria mais difícil de tentar imaginar a dimensão do quanto o fungo é grande [...].”

FMG3) Positiva (associação com futebol) “Simples: a sociedade brasileira está totalmente envolvida em assuntos de futebol, e com grande certeza sabem as dimensões de um campo de futebol, portanto nada mais fácil do que essa comparação para dar um dimensão ao fungo, que seja entendido por todas as classes que a revista atinge.”

¹² BARBOSA, B. O maior ser vivo. *Veja*, n. 1662, pp. 80-81, 16 ago. 2000.

BMG12) Positiva com ressalvas (relaciona com o visível): “[...] a ideia de trazer uma medida muito grande para a comparação com algo um pouco mais real, mais visível, torna a comparação estratégia válida.”

Os três argumentos com maiores frequências para os licenciandos de Biologia e de Física dentre o total de 91 (26,4%, 25,3% e 12,1%) se complementam: as analogias quantitativas “facilitam a compreensão” e dão “ideia do tamanho” de um determinado objeto porque o “relacionam com o conhecido”. Relacionar com o conhecido é o quesito mais importante segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003) para a qual só é possível aprender algo a partir da ancoragem realizada entre o novo e algo que já se sabe. A aprendizagem significativa ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado. Facilitar a compreensão e relacionar o objeto que se quer ensinar com algo já conhecido é uma característica do ensino por analogias (DUIT, 1991; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002). O diferencial das analogias quantitativas é que estas objetivam dar a ideia de um tamanho, de uma dimensão, como a maioria dos licenciandos (26,4%) pontuou.

Fazer analogias não é somente comparar o desconhecido com o conhecido, mas também o não observável com algo observável (RIGOLON, 2008, p. 32). O não observável pode ser algo demasiado grande para ser visto em sua totalidade ou pequeno a ponto de ser invisível a olho nu. Ou ainda, o não observável pode ser algo que não está imediatamente perto do observador ou que seja imaterial, abstrato. Nesse sentido, BMG12 afirmou que o estádio, sendo conhecido ou não, é algo visível. Um estádio, como o do Maracanã, é um objeto visível enquanto um fungo que cresce abaixo da superfície não o é.

Outros licenciandos (5,5% dos argumentos), como BMG18, afirmaram que apresentar somente os números que representam a quantidade de metros quadrados da área não serviria por si só para que as pessoas tivessem ideia do tamanho do fungo. É o que Livi (1990) e Jones *et al.* (2013) também atestam ao afirmarem que tanto os números grandes quando as medidas grandes são desafios aos cérebros humanos.

O argumento “atração da atenção” (8,8%), item de grande interesse para as vendas de uma revista, está provavelmente conectado ao argumento “associação com futebol” (3,3%). Os licenciandos que utilizaram tais argumentos afirmam que o Brasil é “país do futebol”, logo, a pretensão de comparar a área do fungo com algo que é agradável à maioria da população brasileira é interessante à revista.

As analogias que utilizam elementos do futebol como base são bem recebidas, em geral, pelos alunos brasileiros por tratar-se do esporte de maior presença na cultura nacional

(FERREIRA; NASCIMENTO; FLISTER, 2014). Jones *et al.* (2013) mostram também como a cultura esportiva é influente nos exemplos de medidas em países como os EUA e Taiwan. Monteiro e Justi (2000) e Rosa, Pimentel e Terrazzan (2007), para exemplos nacionais, encontraram analogias futebolísticas em livros didáticos de Química, principalmente a que comparam a proporção entre os tamanhos do átomo e do núcleo atômico com a de um estádio e uma pulga. Rigolon e Nardi (2014, p. 5) afirmam que é bem comum encontrar em notícias analogias quantitativas de área relacionadas a futebol do tipo “desmatam-se x quilômetros quadrados por ano num determinado local, o equivalente a y campos de futebol”.

Além dos argumentos favoráveis ao uso da analogia quantitativa, que juntos correspondem a 82,4% de todos os argumentos apresentados, obtiveram-se também 16 (17,6%) argumentos negativos contando-se as ressalvas dos argumentos favoráveis (Tabela 12). Estes são justamente os mais importantes de serem averiguados, pois apresentam os pontos fracos da analogia, pontos que podem impedir a analogia de cumprir seu papel esclarecedor, dependendo de quem a interprete.

Um décimo dos argumentos apresentados é sobre o possível desconhecimento do análogo-base pelos leitores. Por exemplo, FSP9 ressaltou que “quem não conhece a área do maracanã, não vai conseguir fazer essa comparação e chegar a um resultado próximo ao “original”” e BMG20 deu a seguinte explicação:

BMG20: Acho uma boa estratégia para mostrar o tamanho da área que ele ocupa, porém, creio que quem já foi ao maracanã tem mais condições de abstrair a área abrangida pelo fungo. De qualquer forma, eu, que nunca fui ao Maracanã, consegui ter a ideia que, realmente, é muito grande. Para a matéria, deve-se esclarecer como o fungo vive e sua biologia, para a chamada, está muito bom.

Uma das condições para que a analogia funcione é que o sujeito conheça o objeto análogo (DUIT, 1991). É aí que a analogia da área do fungo pode ser útil para a divulgação nacional da matéria, mas potencialmente inútil para o ensino, quando os alunos desconhecem o estádio. Cabe ao professor estruturar melhor a analogia fornecendo a área do estádio, bem como imagens e outros dados mais, e avançar a analogia, comparando o fungo a outra área regional que os alunos conheçam.

Três argumentos (3,3%) afirmam que a base da analogia deveria ser maior, como, por exemplo, um bairro ou uma cidade. BMG14 explica a situação:

BMG14: Avalio de modo que a revista utilizou de uma comparação em escala de uma dimensão (tamanho) difícil de imaginar com algo próximo (ou tentando ser próximo porque particularmente eu

não consigo imaginar 47 maracanãs) da realidade, cotidiano do leitor. O que seria positivo se todas as pessoas conseguissem visualizar essa comparação.

A justificativa do licenciando faz sentido, pois multiplicar, imagética e mentalmente, 47 vezes o estádio é impossível até para quem o conhece pessoalmente. Por isso, no ensino, o professor deve saber ajustar o análogo-base escolhendo um objeto maior, que não precise ser multiplicado por um número grande.

Os outros dois últimos argumentos se referem à falta de dados, que podem confundir o leitor/aluno. BMG12 afirmou “que ficou vago se a referência era só o gramado do estádio ou o Maracanã como um todo, [...]” e BMG1, que “a estratégia, em parte, foi boa, pois mostra que o fungo possui uma área enorme. Mas talvez essa comparação cause confusão, pois não se sabe se leva em consideração só o comprimento ou só a largura ou só a altura desse fungo.”. Mais uma vez, ao utilizar a analogia, caberá ao professor estruturá-la e fornecer todas as informações necessárias para a compreensão plena da dimensão pelo aluno, mesmo porque essa analogia está em um gênero que não é escolar.

6.1.6 Analogia quantitativa de energia elétrica

A sexta questão foi sobre uma analogia quantitativa para energia elétrica veiculada em um jornal mineiro (MINEIRÃO..., 2013). A pergunta foi assim apresentada aos licenciandos: “O Mineirão é o primeiro estádio da Copa a ganhar um sistema de energia solar. Segundo a Cemig, as placas fotovoltaicas do estádio têm capacidade para produzir 1,42 megawatts, o equivalente a iluminação de aproximadamente [...]: a) 9 000 lâmpadas; b) 900 casas; c) 200 escolas; d) 1 bairro; e) metade da cidade de Arealva-SP/Teixeiras-MG. Considerando que todas as alternativas estão, relativamente, corretas, qual você escolheria para explicar a alunos do Ensino Médio quanto vale 1,42 megawatt? Por quê?”. Para os licenciandos da universidade mineira, na última opção constou Teixeira, uma cidade vizinha com população estimada em 11 300 habitantes em 2010; para os da universidade paulista, Arealva, com 8 300 habitantes em 2014. Os licenciandos tiveram que escolher uma dentre as cinco opções para completar a analogia julgando qual seria mais didática.

Essa foi a questão mais difícil de ter suas respostas categorizadas, pois a variedade foi grande (Tabela 13). Seu objetivo foi o de verificar a preferência do tipo de objeto análogo usado

pelos licenciandos: grandes quantidades de pequenos objetos ou uma quantidade pequena de objetos grandes?

Tabela 13. Justificativas apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para escolha da base de analogia de grandeza (energia).

Objetos-base: justificativas	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
9 000 lâmpadas	15	40,5	10	47,6	25	43,1
Relatividade das outras opções	10	27,0	2	9,5	12	20,7
Argumentação vazia	1	2,7	2	9,5	3	5,1
Desconhecimento da cidade dificulta analogia	2	5,4	1	4,8	3	5,1
Unidade de medida associada à lâmpada	2	5,4	0	0,0	2	3,4
Facilidade do cálculo	0	0,0	2	9,5	2	3,4
Outros ^a	3	8,1	3	14,3	6	10,3
900 casas	5	13,5	2	9,5	7	12,1
Ideia de consumo de energia	4	10,8	1	4,8	5	8,6
Relação com o conhecido	0	0,0	2	9,5	2	3,4
Outros ^a	1	2,7	0	0,0	1	1,7
200 escolas	3	8,1	1	4,8	4	6,9
Relação com o conhecido	1	2,7	1	4,8	2	3,4
Outros ^a	2	5,4	0	0,0	2	3,4
1 bairro	8	21,6	5	23,8	13	22,4
Dificuldade de imaginação	5	13,5	2	9,5	7	12,1
Relação com o conhecido	3	8,1	1	4,8	4	6,9
Facilidade com o número	2	5,4	1	4,8	3	5,1
Ideia de consumo de energia	0	0,0	2	9,5	2	3,4
Outros ^a	2	5,4	0	0,0	2	3,4
½ cidade	6	16,2	3	14,3	9	15,5
Dificuldade de imaginação	2	5,4	1	4,8	3	5,1
Ideia de consumo de energia	3	8,1	0	0,0	3	5,1
Objeto maior	2	5,4	1	4,8	3	5,1
Impressionabilidade do objeto	1	2,7	1	4,8	2	3,4
Outros ^a	2	5,4	0	0,0	2	3,4
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

^a Justificativas com N = 1.

A maioria dos licenciandos dos dois cursos (43,1%) preferiu equivaler a quantidade de energia elétrica do estádio com a de 9 mil lâmpadas. Dentre as justificativas para esta opção, a maioria apresentada pelos licenciandos de Biologia (10 de 15) levou em consideração o fato de as lâmpadas elétricas terem sua potência elétrica conhecida enquanto a potência das demais opções (casas, escolas, bairro e cidade) é muito variável e inexata. BMG7, por exemplo, afirmou que para “casas, escolas, bairros ou cidade, a variação desses fatores seria muito alta, já a da lâmpada está menos sujeita a isso essa variação” e FMG2 disse que “as lâmpadas são fixas”. Ao que parece, esses licenciandos consideraram a dificuldade de se conhecer a potência elétrica necessária para a iluminação de objetos maiores.

A exatidão da potência das lâmpadas, inclusive, facilitaria até o cálculo para a elaboração da analogia quantitativa, como recomendaram dois licenciandos de Física (3,4%; FMG3 e FSP10). A associação entre potência elétrica e lâmpadas elétricas seria algo tão intuitivo e até natural, que um licenciando de cada curso (3,4%) entendeu que, por isso, milhares de lâmpadas funcionariam como o melhor objeto-base. Uma parcela de 5,1% dos licenciandos lembraram que os alunos poderiam desconhecer a cidade a que se estaria comparando a potência elétrica, o que inviabilizaria a analogia. O desconhecimento do análogo é um item a ser observado pelo professor durante o uso da analogia segundo Raviolo *et al.* (2004) e Duarte (2005). Outros 5,1% dos licenciandos apresentaram justificativas incompletas, classificadas como ‘argumentações vazias’. São argumentações redundantes como a de BSP1 e BSP3: “9.000 lâmpadas p/ mostrar a quantidade que 1,42 megawatt ~~pode~~ consegue ~~acender~~ iluminar.”; “Metade da cidade de Arealva, visto se tratar de uma cidade pequena e que atingiria a demanda de energia a 1,42 megawatt, o que está representando um alto valor”.

FSP5 afirmou que “escolheria a alternativa que estivesse mais perto da realidade do aluno, para que ele tenha a facilidade de associar e entender. Seria a alternativa a.” Assim como os demais que escolheram as lâmpadas, FSP5 negligenciou o fato da dificuldade dos humanos em conceber mentalmente números grandes, como afirmam Primack e Abrams (2008). Por esse aspecto, não é vantagem didática trocar 1,42 megawatt por 9 000 lâmpadas. Levando em consideração essa afirmação, a segunda alternativa mais escolhida foi a de um bairro como objeto análogo (22,4%). Dessa categoria, a maioria das justificativas (12,1%) se calcava justamente na dificuldade de se imaginar 9 000 lâmpadas funcionando:

BMG11: Letra “d” 1 bairro pois acho que eles tem mais chance de conhecer 1 bairro, do que metade da cidade. de E acho que nessa situação mais difícil ainda seria imaginar 9.000 lâmpadas, 900 casas e 200 escolas.

BMG15: “Letra e → metade da cidade... Pois eu acho que os alunos conseguiriam perceber mais o quanto de energia que está sendo referida, por causa da visualização ou seja, do consumo. A ideia de “cidade” é mais completa, do que a de lâmpadas. Eu nunca vi 9.000 lâmpadas acesas juntas, mas já olhei uma cidade de longe, e tenho mais claro na minha cabeça o consumo de uma cidade.”

BSP5: “1 bairro. Acredito essa ser a melhor alternativa por ser mais rápida a visualização mental. Já 9.000 lâmpadas, por exemplo, teria que pensar em algo que não faz parte da visualização cotidiana das pessoas. 1 bairro já faz.”

BSP17: “d) 1 bairro Pois quanto maior a quantidade de objetos p/ fazer a comparação, mais difícil fica para se entender.”

Com raciocínio similar, 5,1% dos licenciandos responderam que optaram pela alternativa ‘1 bairro’ por achar que os alunos poderiam ter mais facilidade com um número inteiro pequeno em vez de um número grande (lâmpadas, casas, escolas) ou fracionário (cidade). Exemplifica-se esse pensamento com a afirmação de FSP6 que crê que “é mais fácil relacionar apenas 1 quantidade (1 bairro) do que mais. É bom relacionar com quantidades pequenas”.

Somam 11 (19%) o número de licenciandos que escolheu como base 200 escolas ou 900 casas (Tabela 12). Essas duas são as alternativas que contêm elementos negativos para a analogia relativos ao caso das lâmpadas e do bairro: são números grandes (como o das lâmpadas) e variáveis e difíceis de se obter (bairro). A justificativa mais apresentada foi a de que são objetos do conhecimento cotidiano dos alunos, argumento-base da utilização de analogias (DUIT, 1991). FMG4 e BMG4 representam a não reflexão dos licenciandos sobre essa dificuldade de se imaginar números grandes bem como a noção de que, por estarem no cotidiano dos alunos (no entanto, unitariamente), escolas e casas seriam as melhores opções:

FMG4: 900 casas, pois para o aluno e a opção mais familiar a ele, ele mais ou menos tem noção ou talvez consiga dimensionar o consumo da energia de sua casa, ai bastando assim imaginar 900 vezes aquele consumo.

BMG4: Escolheria a letra c (200 escolas). Visto que os alunos estão em um no ambiente escolar, e portanto, apresentam a ideia do quanto a escola gasta com iluminação (em salas de aula, cantina, secretaria, ...), acredito que esta aproximação seja de maior facilidade de compreensão.

Por fim, 9 licenciandos (15,5%) escolheram ‘metade de Teixeiras/Arealva’ como opção de objeto-base da analogia quantitativa. Os argumentos apresentados são parecidos aos da categoria ‘1 bairro’, que consideram impossível imaginar-se 9 000 lâmpadas. O diferencial da meia cidade é que o objeto seria maior, segundo 5,1% dos licenciandos. Apesar de que, ao se considerar o número de objetos, as potências sejam iguais (1,42 megawatts), entende-se aí que lâmpada < casa < escola < bairro < cidade, logo, a cidade, mesmo pela metade, daria uma noção melhor da magnitude da potência elétrica das placas fotovoltaicas do estádio. BSP11 exemplifica bem: “Escolheria a letra E, pois ~~quando você utiliza~~ a utilização de metade de uma cidade como exemplo, até por ser um objeto de aspecto bem maior que os outros exemplos, os alunos ~~associariam~~ têm uma associação melhor da grande quantidade de energia gerada”. Similarmente, BSP7 se fundamenta na impressionabilidade que o objeto poderia causar: “Metade da Cidade de Arealva. Esse exemplo acredito eu, traz um impacto maior, por tratar-se da iluminação de ½ cidade.”

Nas cinco opções, foram apresentadas justificativas singulares, isto é, com apenas representante. Dentre essas, são interessantes algumas como as de: BMG12, que tomou a expressão ‘meia cidade’ de forma geográfica, o que seria um problema para a exatidão da equivalência: “[...] A cidade da letra “e” ã é conhecida por todos e pode apresentar heterogeneidade no abastecimento de luz em seus diversos pontos”; e FMG10, que acredita na ênfase impactante que um número grande tem: “Eu escolheria 900 lâmpadas, o número, 9000, geraria mais impacto por ser bem ‘grande’”.

6.1.7 *Miller Analogies Test*

As questões 8 e 9 do questionário dependiam do entendimento do sistema de avaliação do *Miller Analogies Test (MAT)* (GRUBER, 1972), baseado na representação de três objetos conhecidos e um quarto objeto incógnito que se correlacionam logicamente. Na sétima questão, para tanto, foi apresentado aos licenciandos o exemplo “CIMA está para BAIXO assim como CÉU está para TERRA” logo “CIMA : BAIXO :: CÉU : TERRA”. Seguindo esse raciocínio, foi-lhes solicitado que preenchessem as quatro lacunas com uma palavra que achasse logicamente apropriada:

- a) MARTELO: _____ :: CHAVE DE FENDA : PARAFUSO;
- b) SANGUE : ARTÉRIAS :: CARROS : _____;
- c) DOCE : AMARGO :: _____ : IRRITADO;
- d) _____ : OCEANO :: CASA : EDIFÍCIO.

As respostas foram categorizadas como ‘corretas’ e ‘incorretas’ de acordo com a lógica pertinente a cada uma das quatro questões (Tabela 14): a) instrumento e objeto apropriado de ação; b) conteúdo e continente; c) antônimos; d) do menor para o maior.

Além de mostrar se os licenciandos compreenderam o esquema de representação analógico do *MAT*, os resultados das analogias da sétima questão mostraram inclusive seu raciocínio analógico para problemas elementares. Nos quatro problemas, a maioria dos licenciandos apresentou análogos satisfatórios, mostrando que entenderam a dinâmica da representação *MAT*.

Tabela 14. Objetos análogos apresentados por licenciandos de Biologia e Física em quatro problemas tipo MAT.

Análogos	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Martelo : _ :: chave de fenda : parafuso						
Correto: <i>prego</i> .	35	94,6	21	100,0	56	96,6
Incorreto: <i>parafuso</i> .	1	2,7	0	0,0	1	1,7
Não respondeu	1	2,7	0	0,0	1	1,7
Sangue : artérias :: carros : _						
Corretos: <i>avenidas, estradas, rodovias, ruas, túneis, vias</i> .	33	89,2	16	76,2	49	84,4
Incorretos: <i>combustível, gasolina, motor, passageiros, pedestres, pessoas, rodas</i> .	4	10,8	5	23,8	9	15,6
Doce : amargo :: _ : irritado						
Corretos: <i>calmo, tranquilo</i> .	33	89,2	16	76,2	49	84,4
Incorretos: <i>amável, alegre, bom humor, calma, chato, feliz</i> .	4	10,8	3	14,3	7	12,1
Não responderam	0	0,0	2	9,5	2	3,5
_ : oceano :: casa : edifício						
Corretos: <i>lago, lagoa, mar, rio</i> .	34	91,9	20	95,2	54	93,1
Incorretos: <i>água, gota, praia, terra</i> .	3	8,1	1	4,8	4	6,9
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

Ao se analisar o número de acertos que cada licenciando obteve na questão, percebe-se, entretanto, que 3 de cada 4 licenciandos (75,9%) concluíram-na sem erros (Tabela 15). Esse resultado é mais discrepante quando os cursos são comparados: 4/5 dos licenciandos de Biologia acertaram os 4 problemas MAT enquanto menos de 2/3 dos de Física o lograram. Apenas um licenciando de Biologia (BSP6) não apresentou análogos condizentes para as quatro situações. Esses resultados mostram a pouca destreza que alguns licenciandos apresentam ao desenvolverem atividades de raciocínio analógico, o que dificultaria a construção e a utilização de analogias quantitativas em situações de ensino.

Tabela 15. Relação de acertos dos licenciandos de Biologia e Física em quatro problemas tipo MAT.

Número de acertos	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
4	31	83,8	13	61,9	44	75,9
3	3	8,1	4	19,0	7	12,1
2	0	0,0	3	14,3	3	5,2
1	2	5,4	1	4,8	3	5,2
0	1	2,7	0	0,0	1	1,7
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

6.1.8 Proporção Sol-Terra

A oitava questão solicitou aos licenciandos que completassem um problema *MAT* que correlacionava os diâmetros entre o Sol e a Terra. Para a elaboração de uma analogia quantitativa de grandeza, é necessário basicamente: conhecer os valores das medidas, achar a proporção entre essas medidas e procurar outros dois objetos do cotidiano dos alunos, preferivelmente de formatos parecidos, que possuam a mesma proporção. Para verificar essas habilidades básicas, os licenciandos tiveram de achar análogos para a proporção Sol-Terra após serem informados sobre as dimensões dos dois. Após informá-las (Sol: $1,3 \times 10^9$ m; Terra: $1,3 \times 10^7$ m), teriam de preencher as lacunas de “SOL : TERRA :: _ : _” com objetos de escolha livre proporcionais aos dois elementos. As respostas foram categorizadas de acordo com a proporção dos objetos apresentados pelos licenciandos (Tabela 16), baseado nas medidas da Tabela 1, em ‘100:1’ (cem para um), ‘<100:1’ (menor que cem para um) e ‘>100:1’ (maior que cem para um).

Os resultados dessa questão mostraram que apenas 15,5% dos licenciandos respondentes (18,9% da Biologia; 9,5% da Física) utilizaram objetos de dimensões próximas às da proporção 100:1 do sistema Sol-Terra. Os demais registraram: objetos que não obedecem a essa proporção (aproximada), não têm medidas exatas ou não têm relação lógica; apenas informaram as medidas; ou não responderam.

A maioria dos licenciandos (34,5%) apresentou objetos com diferença de tamanho muito pequena, que variam de 2:1 (*e.g.*, bola de bilhar:bola de gude) a 50:1 (*e.g.*, pessoa de 50 kg:um quilo de açúcar). Outra parcela dos licenciandos (6,9%) apresentou análogos com diferenças de tamanho extremamente grandes, que vão da relação entre o núcleo atômico e o átomo (10^4 :1) até a relação entre os diâmetros de Júpiter e Marte (205:1). Esses dois tipos de erro das comparações, fora da escala 100:1, somam 41,4% das respostas. Eles mostram que os licenciandos não levaram à risca a importância de se obedecer à proporção de tamanho dos objetos alvo. Pensar que bastaria apenas correlacionar um objeto grande com um pequeno para representar Sol-Terra mostra que não houve reflexão na ação proposta. Exemplificar para os alunos dois objetos de proporções diferentes de 100:1 (considerando-se uma pequena margem de erro), nesse caso, pode induzir os alunos à aquisição de concepções errôneas, perigo este presente em qualquer analogia, como salientam Ferraz e Terrazan (2003).

Outra parte de licenciandos (5,2%) utilizou objetos análogos sem relação lógica (*e.g.*, luz:planta; humano:magma). Mais 8,6% empregaram objetos com dimensões bastante variáveis (*e.g.*, rua:passo) ou indefinidas (*e.g.*, grande:pequeno). São casos em que os licenciandos

provavelmente não entenderam a constituição da analogia, que deveria ser baseada em correlações estritamente matemáticas, ou não tenham compreendido a dinâmica lógica do *MAT*.

Tabela 16. Objetos análogos à proporção Sol-Terra apresentados pelos licenciandos de Biologia e Física.

Biologia			Física			Total	
Objetos	N	%	Objetos	N	%	N	%
Corretos (100:1) mesa:botão, roda:b. gude, tamanduá:formiga, cd:cabeça de alfinete, gema:grão de areia, elefante:formiga, humano:formiga.	7	18,9	Corretos (100:1) b.basquete:grão de areia milênio:década	2	9,5	9	15,5
Incorretos (<100:1) [2:1] b.bilhar:b.gude, Bauru:Jaú, [3:1] melancia:laranja, [4:1] Bauru:Unesp, [6:1] b.basquete:b.pingue- pongue, [10:1] elefante:coelho, elefante:tatu, [11:1] b.futebol:b.gude, [12:1] b.basquete:b.gude, [15:1] melancia:b.gude, [20:1] b.vinil:b.gude, [37:1] óvulo:espermatozoide, [50:1] pessoa(50kg):açúcar(1kg).	18	48,6	Incorretos (<100:1) [6:1] b.basquete:b.pingue- pongue,	2	9,5	20	34,5
Incorretos (>100:1) [205:1] Júpiter:Marte, [10 ⁶ :1] oceano:poça d'água,	2	5,4	Incorretos (>100:1) [10 ⁴ :1] núcleo atômico:átomo, [10 ⁶ :1] oceano:tubarão	2	9,5	4	6,9
Incorretos (ilógicos) luz:planta humano:magma	2	5,4	Incorretos (ilógicos) pé:tênis	1	4,8	3	5,2
Incorretos (indefinidos) gigante:pessoa	1	2,7	Incorretos (indefinidos) edifício:casa rua:passo grande:pequeno maior:menor	4	19,0	5	8,6
Sem analogia metro:centímetro	2	5,4	Sem analogia metro:centímetro, cem:um	6	28,6	8	13,8
Não responderam	5	13,5	Não responderam	4	19,0	9	15,5
Total	37	100,0		21	100,0	58	100,0

Nota: b. = 'bola de'.

Não elaboraram a analogia 15,5% dos licenciandos; uma porcentagem considerável. Nagem, Carvalhaes e Dias (2001) afirmam que para se elaborar uma analogia, deve-se utilizar

um ou dois objetos conhecido. Portanto, foi considerado que os 13,8% dos licenciandos que apresentaram os próprios números da razão, com unidades de medida ou não (*e.g.*, 1 m:1 cm), não efetuaram analogias.

Analisando separadamente as respostas da oitava questão, observou-se que a maioria dos licenciandos de Física (28,6%) optou por apresentar apenas os números da razão em vez de objetos análogos, o que sugeriria uma preferência dos mesmos em ater-se apenas aos números. Provavelmente, seja um reflexo da natureza prioritariamente matemática do curso em relação à Biologia. No mais, nos dois cursos, observou-se a preferência por análogos pertencentes às suas esferas de conhecimento, como, por exemplo, em Biologia houve óvulo:espermatozoide e elefante:formiga e, na Física, núcleo atômico:átomo.

6.1.9 Tempo de predominância de dinossauros e humanos

A nona questão objetivou verificar a proporção entre tempo e comprimento aplicada ao tempo de predominância dos dinossauros e dos humanos na Terra: “Domínio na Terra: DINOSSAUROS: Do Período Jurássico ao Cretáceo: 135 milhões de anos; HUMANOS: Período Pleistoceno: últimos 0,2 milhões de anos. Se, em uma reta, a existência humana equivalesse a dois milímetros, quanto mediria a predominância dos dinossauros na Terra?” A estrutura da resposta já estava disponibilizada tal como as analogias do *MAT* e ao lado havia um retângulo em branco disponível para rascunho dos cálculos.

Não responderam a essa questão, 3 licenciandos (5,2%) (Tabela 17). A maioria dos licenciandos (81,0%) acertou a resposta (1,35 m). Desses, 35,1% da Biologia (13 licenciandos) converteu a resposta final de milímetro (mm) para metro (m), enquanto a maioria dos da Física (71,4%) manteve a resposta com a mesma unidade de medida fornecida pelo problema da questão.

A maior parte dos licenciandos (7 dos 9) que erraram a questão, apresentou valores que se diferenciam dos corretos apenas por variações errôneas nas casas decimais, mas mantendo os algarismos 1, 3 e 5. Isso mostra sua dificuldade em converter as medidas. Apenas um licenciando de cada curso (3,4% do total) apresentou números completamente diferentes, sugerindo erros de interpretação ou de cálculo. Essa questão matemática é fundamental para a elaboração de analogias quantitativas, pois um dos requisitos exigidos do professor é o pleno domínio dos métodos de conversão (SILVA, 2013) e das estratégias de resolução de problemas de proporção (LESH; POST; BEHR, 1988; SILVA, 2008; PONTE *et al.*, 2010).

Tabela 17. Respostas dos licenciandos de Física e Biologia para a proporção de tempo humanos-dinossauros/2 mm.

Respostas	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Corretas	30	81,1	17	80,1	47	81,0
1 350 mm	9	24,3	15	71,4	24	41,4
135 cm	8	21,6	1	4,8	9	15,5
1,35 m	13	35,1	1	4,8	14	24,1
Incorretas	5	13,5	4	19,0	9	15,5
135 mm, 1,35 cm, 13,5 cm, 13,5 m ou 1,35 km	4	10,8	3	14,3	7	12,1
27 cm ou 337,5 mm	1	2,7	1	4,8	2	3,4
Não responderam	2	5,4	1	4,8	3	5,2
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

Ao que se pôde perceber pelo uso do espaço destinado ao rascunho, a maioria dos licenciandos adotou o algoritmo do produto cruzado (LESH; POST; BEHR, 1988), mais conhecido como Regra de Três, pois 39 licenciandos (67,2%) apresentaram os quatro fatores multiplicados em xis. Os demais o deixaram em branco. Post, Behr e Lesh (1995 *apud* SOARES; NEHRING, 2013) alertam que a Regra de Três, apesar de útil e veloz, pode produzir respostas menos significativas provenientes de um processo algorítmico meramente mecânico.

6.1.10 Analogia de unidade

Por fim, a décima e última questão foi a única em que abordou a formulação de uma analogia de unidade (RIGOLON, 2013). Foi apresentada uma informação de Laurindo (2013, p. 1) sobre a mortalidade de fumantes no Brasil: “No Brasil 200 mil morrem ao ano por conta do fumo. Campanha terá manifestações no mundo todo; mas em Sorocaba nenhuma atividade está programada sobre a data”. Depois, foi pedido aos licenciandos que completassem a lacuna em “200 mil pessoas é o equivalente a _”.

Para análise dos objetos análogos apresentados pelos licenciandos nessa questão, foi considerado o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em cada cidade até 2013, ano em que o questionário foi aplicado (Tabela 18). Os objetos-base sugeridos pelos licenciandos foram avaliados considerando uma margem de erro de 10% para cima ou para baixo.

Tabela 18. Número aproximado de pessoas dos objetos análogos a 200 mil apresentados pelos licenciandos de Biologia e Física.

Objeto	Quantidade ^a ($\times 10^3$)	Objeto	Quantidade ^a ($\times 10^3$)
Ônibus	$3,9-5,3 \times 10^{-2}$	Cidade média	100-300
Sala de aula	4×10^{-2}	Assis/SP	100,2
Escola (média)	5×10^{-1}	Estádio de futebol ^c	< 150
Unesp-Bauru	7	Sete Lagoas/MG	227,6
Arealva/SP	8,3	Bauru/SP	362,1
Paula Cândido/MG	9,6	Roraima ^d	488,1
Teixeiras/MG	11,3	Juiz de Fora/MG	545,9
Itapuí/SP	13,0	Sorocaba/SP	629,2
Estádio Mineirão	61,8	São José dos Campos/SP	673,3
Viçosa/MG	73,3	Cidade grande	> 900
Estádio Maracanã ^b	78,8	Terra	$7,2 \times 10^6$

^a Cidades: último censo do IBGE até 2013; Estádios: Confederação Brasileira de Futebol (CBF) em 2014; Porte das cidades: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

^b Maior estádio de futebol do Brasil.

^c O maior estádio de futebol do mundo é o Primeiro de Maio Rungrado, na Coreia do Sul.

^d Estado brasileiro de menor população.

A analogia de unidade é relativamente fácil de ser elaborada, pois basta apresentar como objeto-base um objeto com o mesmo número de componentes do alvo (RIGOLON, 2013). Basicamente, é uma relação de primeira ordem ($x = k.y$). Portanto, o que o educador precisa fazer é, conhecendo a quantidade do que se quer comparar em um determinado objeto (e.g., população de uma cidade), achar a constante k para que haja equivalência. Por esse raciocínio, metade dos licenciandos (50,0%) apresentou uma base satisfatória para a analogia com 200 mil pessoas (Tabela 19).

Quando a cidade utilizada como base possuía população menor que 200 mil, os licenciandos faziam uma multiplicação (BMG2: “aproximadamente 3 vezes o número de pessoas que moram em Viçosa”); população aproximadamente igual, mera equivalência (BMG1: “população de Sete Lagoas”); população maior, fracionamento (FSP2: “Quase $\frac{2}{3}$ de Bauru”).

Os licenciandos que utilizaram objetos com mais de 200 mil pessoas somados aos que utilizaram com menos de 200 mil totalizam 27,5% do total (17). Há de se relevar esse resultado considerando que os licenciandos não tiveram acesso a dados precisos sobre o número de pessoas desses elementos. FMG7, por exemplo, considerando que sua cidade possuía 50 mil habitantes afirmou que as 200 mil pessoas equivaleriam a “praticamente 4 vezes a população de Viçosa”, quando esta, na verdade, possuía mais de 73 mil, em 2013. Em outras palavras, a quadruplicação da real população viçosense ultrapassaria em muito 200 mil, ocasionando assim um erro conceitual.

Tabela 19. Bases das analogias de quantidade apresentadas pelos licenciandos de Biologia e Física para 200 mil pessoas.

Biologia			Física			Total	
Objetos	N	%	Objetos	N	%	N	%
Corretos (200 mil)^a	18	48,6	Corretos (200 mil)^a	11	52,3	29	50,0
½ Bauru	3	8,1	C. de médio porte	3	14,3		
3 × Viçosa	3	8,1	½ Bauru	3	14,3		
C. de médio porte	2	5,4					
Sete Lagoas	2	5,4					
C. de 200 mil habitantes,			Sete Lagoas,				
½ São José dos Campos,			3 × Maracanã,				
2 × Assis, 2 × estádios,	17		400 resmas,	5	23,8		
× Itapuí, 4 100 ônibus, 20 ×	8	21,6	400 escolas,				
Paula Cândido,	3		5 000 salas de aula				
Mineirão							
Incorretos (>200 mil)	6	16,2	Incorretos (>200 mil)	4	19,0	10	17,2
C. grande, Juiz de Fora, 40			C. grande, Juiz de Fora,				
× Unesp-Bauru, Bauru,	6	16,2	4 × Viçosa,	4	19,0		
estado, 10% do mundo			Sorocaba				
Incorretos (<200 mil)	6	16,2	Incorretos (<200 mil)	0	0,0	6	10,3
Estádio de futebol	3	10,8					
< ½ Bauru, 2 × Viçosa,	3	8,1	-	0	0,0		
3 × Mineirão							
Incorretos (indefinidos)	3	8,1	Incorretos (indefinidos)	3	14,3	6	10,3
C., muita gente,			C.	2	9,5		
pessoas que morrem	3	8,1	Show	1	4,8		
Não responderam	4	10,8	Não responderam	3	14,3	7	12,1
Total	37	100,0		21	100,0	58	100,0

^a Com margem de erro de até 10%.

Nota: C. = cidade.

Seis licenciandos (10,3%) apresentaram objetos de mensura indefinida. BMG15, por exemplo, afirmou vagamente que o número “equivalente a muita gente” e FSP10, “uma cidade ou um bairro de São Paulo”. Por sua inexactidão, essas respostas foram classificadas como incorretas.

Outros sete licenciandos (12,1%) deixaram a questão em branco. Não é possível saber, nesses casos, se não conseguiram encontrar um objeto que satisfizesse a analogia, não entenderam o objetivo da questão ou apenas se negaram a respondê-la, por ser a última de um longo questionário.

Com relação à natureza dos objetos apresentados, observa-se que, nos dois cursos, os licenciandos apresentaram como análogos as cidades natais ou a própria cidade em que cursam a graduação. Como exemplo, tem-se a resposta de BSP4: “Equivale a 17 Itapuís (minha cidade de 12.000 mil habitantes)”. FSP4 respondeu: “metade da população de Bauru”. Esse é o conhecimento advindo da experiência pessoal dos licenciandos impresso na elaboração da analogia. Os saberes docentes acabam sendo personalizados (TARDIF, 2012). Entretanto, há

de se cuidar que os objetos empregados nessas analogias sejam de conhecimento dos alunos para os quais se as profeririam. Duarte (2005) enfatiza que o êxito da analogia só se dá quando o análogo é do conhecimento do aluno. Sendo assim, comparar as 200 mil pessoas com a população de uma cidade com a qual os alunos não estejam familiarizados não resolve a questão.

Outras duas características das analogias quantitativas que já foram discutidas em questões anteriores apareceram nesta última:

1) alta quantidade de objetos: assim como em algumas analogias de grandeza apresentadas para a distância Terra-Marte, alguns objetos aqui sugeridos tiveram de ser multiplicados para que seu conteúdo equivalesse ao do alvo. A analogia de unidade, assim como a de grandeza, é uma analogia de número (RIGOLON, 2013) e possui em comum essa característica ($a = k.b$). No entanto, quando k é muito grande, a analogia falha. São exemplos as respostas de FSP1 e BMG10, respectivamente: “5 mil salas de ensino médio com 40 alunos cada”; “Aprox. 4.167 ônibus cheios de torcedores do galo [*apelido de um time mineiro de futebol*] indo assistir a final da libertadores hoje”. Assim como objetos relativamente muito pequenos não são interessantes para as analogias de grandeza, objetos de conteúdo pequeno também não os são para analogias de unidade.

2) influência do futebol: como disse o licenciando FMG3 na resposta de outra questão, “a sociedade brasileira está totalmente envolvida em assuntos de futebol”. É por isso que 7 licenciandos acabaram utilizando o estádio de futebol como parâmetro da comparação. FMG5 mencionou “como o jogo da final de copa”, o que se subentende ser o Maracanã, e BMG16, “3 estádios do Mineirão lotado”. Como já mostrado, o esporte tem grande presença para exemplificar grandes medidas (JONES *et al.*, 2013).

Apenas um licenciando, do curso de Física, apresentou como análogo um objeto que não contém pessoas. FSP9 respondeu que o número de pessoas da notícia equivale a “400 pacotes de 500 folhas (embora vidas sejam mais importantes)”. O propósito didático dessa comparação ficou um tanto quanto confuso.

6.2 OFICINAS DE FÍSICA

Os discursos analisados dos licenciandos de Física da universidade paulista foram proferidos durante as oficinas de Física para alunos de um Centro Estadual de Educação de Jovens e Adultos (Ceeja) e para um Colégio Técnico industrial (CTI), parte das atividades de

Estágio Supervisionado IV, disciplina ministrada no quarto (e último) ano do curso. Nas sequências discursivas, apresentadas em episódios, foram identificados, quando possível, os saberes didáticos mobilizados e as estratégias didáticas nos momentos em que os licenciandos especificamente falavam sobre macro e/ou micromedidas. Nas ocasiões em que os licenciandos utilizaram analogias, estas tiveram sua constituição e apresentação analisadas de acordo com as recomendações da literatura especializada.

Cada uma das cinco oficinas, ministradas em duplas, tratou sobre um assunto particular previamente acordado entre os licenciandos e o professor de Estágio: Astronomia, Cosmologia, Termologia, Óptica e Mecânica. Nas três últimas, seus ministrantes e participantes não apresentaram conteúdos que contemplassem macro e micromedidas e nenhuma analogia quantitativa em nenhum dos encontros nas unidades de ensino foi apresentada. Nesses três temas, ao apresentarem os conceitos de medidas como temperatura, comprimento de onda e força, por exemplo, os licenciandos poderiam apresentar analogias quantitativas assim como se vê na literatura (respectivamente, ORICCHIO, 2013; VIEIRA; BROCANELI, 2011; ESTUDO..., 2014). No entanto, medidas extremamente grandes ou pequenas (como os nanômetros dos comprimentos de onda da luz, por exemplo) não foram apresentadas por esses licenciandos, o que mostra que tais medidas, provavelmente, não foram uma preocupação. Os licenciandos, possivelmente, consideraram a ênfase nas medidas irrelevante para o momento ou um conceito básico que não necessitasse recapitulação.

Nas oficinas de Cosmologia e Astronomia, naturalmente, as macromedidas foram mais utilizadas em relação às micromedidas. A primeira foi ministrada por JUA e JOV e a segunda por LUD e ALE (nomes abreviados) no Ceeja e no CTI. As sequências discursivas foram divididas em episódios e cada turno de fala foi enumerado para facilitar sua apresentação e análise.

6.2.1 Oficina de Cosmologia

A oficina de Cosmologia foi composta por três sessões de 90 minutos cada. Segue a descrição resumida da **primeira sessão do Ceeja**: O professor da disciplina fez uma introdução, explicando os objetivos dos três dias de oficina e explicando os motivos da greve das universidades estaduais. Falou sobre a questão do ingresso por cotas nos cursos universitários e sobre a importância do ensino da Física para o dia a dia dos alunos. Apresentou os licenciandos que ministrariam a oficina de Cosmologia, JUA e JOV. Depois, explicou aos

alunos o porquê de as aulas serem gravadas e a importância do Termo de Consentimento. Os alunos perguntaram se haveria prova e o professor respondeu que haveria avaliações ao final de cada encontro. O professor se retirou e deixou os licenciandos conduzirem a oficina. JUA se apresentou e falou sobre os objetivos do curso. JOV iniciou sua fala perguntando ‘o que é Física’. Os licenciandos utilizaram um projetor multimídia. JUA e JOV perguntaram e explicaram o que é Cosmologia e definição e origem do Universo. Os licenciandos estimularam bastante os alunos para responderem e interagirem. JUA perguntou qual é a maior coisa do universo e a menor coisa do Universo. Os alunos responderam que a maior é o Sol e a menor é a célula. Os licenciandos disseram que iriam abordar esse assunto mais adiante. Depois, perguntaram sobre gravidade. Em seguida, exibiram um filme sobre origem do Universo. Após a exibição, JOV diferenciou Cosmologia de Astronomia. JUA diferenciou planeta de estrela. Falaram sobre temperatura do Sol e da Terra. A discussão tomou rumo para a origem da vida e probabilidade da existência de vida em outros planetas. Depois, JUA retomou o assunto da aula e contou um pouco da história da Cosmologia. JOV definiu e explicou Relatividade.

Observou-se que, na primeira sessão, os licenciandos estimularam os alunos a participarem de uma discussão introdutória por meio de perguntas motivadoras. Ao perceberem as limitações do conhecimento dos alunos sobre maiores e menores objetos do Universo, os licenciandos não responderam e nem continuaram o debate sobre as medidas. Preferiram adiar a discussão para outra sessão.

Na **segunda sessão do Ceeja**, JOV começa falando sobre Relatividade: discursa sobre a teoria de Einstein e sobre Física Quântica. Depois, JUA o complementa falando sobre o microcosmo.

	Cosmologia no Ceeja - Episódio 1	Estratégia didática
A1	JUA: A gente viu o mundo das coisas muito grandes, na Relatividade, e deu uma passadinha no mundo das coisas muito pequenas. A parte básica das coisas muito pequenas é muito difícil para a gente, é bastante difícil para os nossos professores e eu acho que não é fácil para ninguém. O que seria interessante guardar desse mundo das coisas muito pequenas que seria a Mecânica Quântica, a Física Quântica? Pensem como se, quando eu vejo as coisas muito pequenas, e quando eu falo de muito pequenas, eu estou falando de um elétron. Como JOV tinha colocado brilhantemente, é zero vírgula 31 zeros [<i>escreve no quadro-negro</i>]... alguma coisa.	Adjetivação Ênfase no número
A2	ALU1: Nossa!	
A3	JUA: É uma massa muito pequena que ocupa um espaço também muito pequeno. Nesse mundo, e só nesse mundo, coisas estranhas acontecem.	Adjetivação

Para mostrar o quão pequeno é um elétron, JUA recorre à ênfase no número, na qual informa a quantidade de algarismos que compõem um número grande (APRÍGIO, 2015) daria a ideia da grandeza de um objeto. JUA, ao escrever e contar os 31 zeros ilustrativos da massa do elétron (9×10^{-31} kg), pretendeu impressionar os alunos pela extraordinariedade da medida, cuja quantidade de algarismos não faz parte do cotidiano dos alunos. No entanto, o número por si só não possibilita que os alunos concebam o tamanho dos elétrons, pois o próprio vínculo do número à sua medida é impossível (RODRIGUES, 2013), assim como a imaginação da medida, que foge dos parâmetros observáveis humanos (DAWKINS, 2001). Esse seria um caso para se utilizar uma analogia quantitativa ou um modelo em escala.

Nos turnos A1 e A3, o licenciando JUA adjetiva a dimensão do elétron e dos objetos concernentes à Mecânica Quântica como ‘muito pequenos’. Primack e Abrams (2008) alertam que os adjetivos não dão ideia precisa de medida e sempre são relativos. Os adjetivos podem colaborar com a noção da medida; mas, isolados, são vagos.

Depois desse primeiro episódio, JUA e JOV falaram sobre bomba atômica, *Big Bang*, expansão do universo, acelerador de partículas e buraco negro. Finalizaram a aula fazendo uma comparação entre o *Big Bang* e uma bexiga. Distribuíram bexigas aos alunos e compararam o enchimento da bexiga à expansão do universo. Para esses conceitos, mesmo com o uso da bexiga como modelo (FRANCISCO JÚNIOR, 2010), os licenciandos não apresentaram medidas e nem analogias quantitativas.

Na **terceira** e última **sessão do Ceeja**, JOV fala sobre o acelerador de partículas *LHC* (*Large Hadron Collider*). Esse é o único momento em que se fala sobre micromedidas.

	Cosmologia no Ceeja - Episódio 2	Estratégia didática
A4	JOV: E para tudo isso aqui funcionar [<i>aponta com laser para foto do acelerador de partículas projetada numa tela</i>], eles funcionam como supercondutores. Para esses supercondutores funcionarem, eles têm que estar numa temperatura muito baixa. A temperatura disso aqui é cerca de menos 271 graus Celsius. Se vocês tiverem uma noção do quão baixo é isso, no espaço, onde não tem nada, a temperatura é de menos 270 graus Celsius. Então, quer dizer, que aqui nesse experimento tem uma temperatura mais baixa do que no espaço.	Analogia de grandeza
A5	JOV: [<i>Depois de explicar mais curiosidades sobre o LHC</i>] Aí, a gente está falando de partículas. Vocês conseguem imaginar o tamanho de uma partícula? Imaginem o tamanho de um fio de cabelo. Se eu dividir o fio de cabelo em dez mil partes iguais, vai estar próximo do que é o tamanho de uma partícula. Agora, eu te pergunto: é fácil pegar essa partícula minúscula e fazer se chocar duas ao mesmo tempo num lugar preciso? É muito complicado. Uma das analogias que eles usam para tentar explicar é se vocês imaginarem duas agulhas. Vocês conseguem ver duas agulhas? Eu vou chocá-las e fazê-las colidir uma com a outra, só que eu vou ter que ter as lançado a dez quilômetros de distância. Então, eu vou ter uma agulha aqui [<i>aponta com laser no canto superior esquerdo do</i>	Analogia de grandeza Analogia de proporção

	<i>quadro-negro</i>] e uma outra lá [<i>aponta no outro canto</i>] a dez quilômetros de distância e vou fazer elas se chocarem ponta com ponta para conseguir obter algum resultado satisfatório nesse experimento.	
A6	ALU2: Deixe-me fazer uma pergunta. Essas partículas que eles estão fazendo se chocar são partículas do quê?	
A7	JOV: Então, são os hádrons. Os hádrons podem ser prótons, podem ser íons. A gente vai falar mais para frente.	

O licenciando JOV apresentou analogias de grandeza para representar a temperatura do *LHC* (A4) e o tamanho do hádron (A5) e uma analogia de proporção para a precisão da colisão de hádrons (C5). Na Teoria do Mapeamento Estrutural (TME) de Gentner (1981), elas são respectivamente representadas como: $TEMPERATURA(\text{espaço}) > TEMPERATURA(LHC)$, $TAMANHO(\text{fio de cabelo}/10^4) = TAMANHO(\text{hádron})$, $PROPORÇÃO(\text{agulhas a } 10^4 \text{ m de distância}) = PROPORÇÃO(\text{hádrons})$. A analogia da temperatura usa uma base pouco conhecida pelos alunos, o que obriga o licenciando a caracterizar o espaço (sideral?): “no espaço, onde não tem nada”. A explicação da base é sugerida por Curtis e Reigeluth (1984), quando se trata de um análogo complexo.

Pelas falas de JOV (A4 e A5), não é possível determinar a origem das analogias de grandeza empregadas, se elaboradas pelo próprio licenciando ou cooptadas de literatura especializada. A analogia de proporção, porém, é apresentada, não como uma estratégia didática produzida pelo licenciando, mas como uma estratégia que os físicos que trabalham com o *LHC* empregam para explicar a dificuldade da precisão de uma colisão de hádrons. JOV faz questão de deixar claro isso ao afirmar que é “uma das analogias que eles [*os físicos, os cientistas*] usam para tentar explicar”. Os licenciandos mostram que isso foi aprendido da internet, mas também de uma linguagem que, provavelmente, nunca adquiririam sozinhos. Sobre isso, Freitas (2012) realça a importância da internet como fornecedora de subsídios teóricos e metodológicos aos professores.

Depois do episódio explicativo do *LHC*, ALU2 perguntou como se separa essa partícula do átomo. Os licenciandos explicaram com auxílio do professor da turma. JOV falou sobre a história do átomo, desde os tempos a.C. até os tempos modernos. Juntamente, o professor da turma e JUA falaram um pouco sobre Filosofia da Ciência e verdades científicas. JOV explicou os modelos atômicos de Demócrito, Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e Schroedinger. JUA falou sobre os *quarks*, mas não falou de tamanhos. JUA comentou sobre a constituição das partículas subatômicas e antimatéria. Terminou a sessão falando dos usos da energia nuclear e quais fenômenos são explicados pela Física Quântica.

Nas três sessões do CTI, JUA e JOV utilizaram a mesma metodologia preparada para os alunos do Ceeja. A oficina teve como base a mesma apresentação em eslaides mostrada num projetor multimídia. JOV iniciou a **primeira sessão do CTI** apresentando a dupla e fazendo perguntas sobre o que os alunos entendiam por Cosmologia, Universo e sua origem. Dessa vez, questões sobre grandeza apareceram.

	Cosmologia no CTI - Episódio 1	Estratégia didática
A8	JUA: Se o Universo teve uma origem, como ele surgiu?	
A9	ALU3: Ah, existe uma teoria que o nosso Universo surgido a partir de um buraco negro. Mas eu sei que tem a velha teoria que ele era do tamanho da cabeça de um alfinete e explodiu. Bum!	
A10	JUA: Gostei da frase! “A velha teoria”. Entendi. Então, qual é o nome dessa “velha teoria”?	Indiferença pela analogia e ênfase na qualificação da teoria
A11	ALU4: <i>Big Bang</i> .	
A12	JUA: A moça falou ali, <i>Big Bang</i> . Bom, temos algumas ideias então.	
A13	JUA: [<i>Pergunta qual é a maior e a menor coisa do Universo. Os alunos falam que as partículas que compõem o elétron são as menores e a nebulosa e a galáxia seriam as maiores.</i>] Será que é claro essa ideia do tamanho de uma galáxia ou de um conjunto de galáxias? Não sei. Estamos pensando. Vocês viram que até agora a gente não respondeu nada. A gente só falou. As respostas virão.	Instigação sobre o tamanho

O aluno ALU3 (A9) apresenta uma analogia de grandeza [TAMANHO(cabeça de alfinete) = TAMANHO(Universo)] que é frequentemente difundida pelos meios de divulgação científica para explicar o tamanho do universo antes do *Big Bang*. No entanto, JUA não confirma a afirmação; prefere ignorar a questão das medidas e enfatizar o que o aluno chama de “velha teoria” (que também não explica, no sentido de apresentar possivelmente o que seria a “nova teoria”). Wong (1993a) fala sobre a importância que o professor deve dar às analogias apresentadas pelos alunos e instigá-los também a criá-las e avaliá-las.

Mais uma vez (A13), os licenciandos instigaram os alunos sobre o tamanho do maior e do menor objeto do Universo, que responderam partículas subatômicas e nebulosa. Eles mostraram preocupação sobre a ideia que os alunos poderiam fazer sobre essas galáxias. Deixaram, no entanto, a questão aberta e se comprometeram a respondê-las em outro momento.

Na continuação, os licenciandos perguntaram sobre gravidade e depois exibiram um vídeo sobre gravidade, origem e a constituição do Universo e origem da vida. JOV, em seguida, explicou a diferença entre Astronomia e Cosmologia e, durante essa explicação, foi indagado pelo aluno ALU5.

	Cosmologia no CTI - Episódio 2	Estratégia didática
A14	ALU5: Outra coisa, eles falam que no começo de Júpiter, é verdade que Júpiter ainda está se formando?	
A15	JUA: Eu acredito que, falar que ele está se formando, não. Não, porque, eu volto naquela história. Imagina a massa dos corpos que estão caindo em relação à massa que ele já tem. Júpiter é gigantesco. Sinceramente, eu não sei o tamanho dele. Ele é muito maior que a Terra. Disso, eu tenho certeza.	Adjetivação. Analogia de grandeza
A16	ALU6: É nove vezes maior.	
A17	JUA: É! É um negócio assim... Mais de dez vezes. Eu tenho quase certeza que é mais de dez vezes. Eu não sou muito bom em Astronomia, mas eu sei que ele é grandão. Ele é muito grande. E essa massa que está entrando nele não pode ser considerada uma massa importante para a quantidade de massa que ele já tem. Essa massa é muito pequena. Então, falar que está aumentando a massa dele num fator que seja interessante, que valha a pena para dizer que ele ainda está se formando, eu acho que não.	Analogia de grandeza Adjetivação

O Episódio CTI 2 foi mais um em que um aluno participou com uma analogia quantitativa [TAMANHO($11,2 \times$ Terra) = TAMANHO(Júpiter)], nesse caso em complemento à incerteza do licenciando JUA sobre o tamanho de Júpiter (A15). ALU6 informou uma proporção incorreta que depois foi corrigida pelo licenciando. Assim como a maioria (36%) dos objetos-base das analogias de grandeza apresentadas na segunda questão do questionário para comparar o tamanho do diâmetro jupiteriano, a Terra comumente aparece como parâmetro de tamanho em relação aos astros.

Por fim, os licenciandos responderam a perguntas sobre sistemas planetários com dois sóis e expuseram as perguntas típicas investigadas na Cosmologia. Falaram sobre Relatividade, leis de Newton, tempo-espaço, buracos de minhoca, conservação da massa e da energia, *Big Bang* e expansão do universo. Para esses temas, não foram apresentadas medidas e nem analogias quantitativas.

Na **segunda sessão do CTI**, JUA e JOV abordaram os temas “Universo estático de Newton”, “Universo de Einstein”, “A teoria do *Big Bang*” e “A teoria do estado estacionário”. Ao final desse dia, explicaram a expansão do universo utilizando mais uma vez uma bexiga como modelo. Não apareceram falas sobre tamanhos ou analogias quantitativas nessa sessão.

Na **terceira sessão do CTI**, os licenciandos falaram novamente sobre o *LHC* e, em seguida, apresenta um vídeo sobre as proporção dos objetos do Universo. Dessa vez, houve uma discussão maior.

	Cosmologia no CTI - Episódio 3	Estratégia didática
A18	JOV: Para vocês terem uma ideia do quão preciso é este experimento, imaginem duas agulhas se chocando ponta com ponta só que sendo lançadas a dez quilômetros de distância uma da outra. É essa precisão que eles utilizam para	Analogia de proporção

	fazer esse experimento. Vocês conseguem agora imaginar o quão pequenas são essas partículas?	
A19	ALU5: Uma vez, a gente estava vendo um negócio de Biologia. Aí, eu vi um negócio que era nanômetro. Daí, eu peguei... Tinha uma imagem de um alfinete e um treco em cima da cabeça do alfinete com o alfinete com a cabeça desse tamanho [<i>abre os braços para demonstrar</i>]. Então deve ser minúsculo mesmo.	
A20	JOV: Eu vou mostrar agora para vocês um pequeno vídeo do tamanho das partículas. Ele é escalonado. Se vocês quiserem, eu mostro depois. Reparem nesse cantinho [<i>mostra na projeção</i>] na potência de dez que começa com zero e aí eu vou diminuir-las para vocês verem [<i>exibe um vídeo do programa The Scale of the Universe 2¹³, que mostra uma sucessão de figuras aparecendo conforme a escala de tamanho vai diminuindo na potência de dez</i>]. Aqui o tamanho de uma bola de basquete com uma régua. Vamos diminuindo mais um pouco. Um ovo de codorna...	Indiferença pela analogia Modelo em escala

Mais uma vez, os licenciandos apresentaram a analogia quantitativa das agulhas para representar a precisão da colisão de hádrons do *LHC* (A18) e mais uma vez ignoraram uma analogia quantitativa apresentada por um dos alunos (A19). Conforme os licenciandos foram apresentando as figuras em ordem decrescente de tamanho, os alunos manifestavam bastante surpresa com exclamações que exprimiam suas dificuldades em lidar com o tamanho de objetos de micromedidas (A21-A24).

	Cosmologia no CTI - Episódio 3 (Continuação)	Estratégia didática
A21	ALU4: Gente, como eu sou sem noção [<i>risos</i>]!	
A22	ALU3: Que legal!	
A23	ALU3: Que fofo [<i>risos</i>]!	
A24	ALU5: Gente, que coisa louca!	
A25	JUA: Vocês conseguem ver a dimensão de como as coisas vão ficando menores, cada vez menores, menores, menores e bem menores do que a gente poderia imaginar do que elas eram tipo um átomo. Elas são bastante pequenas.	Gradação Adjetivação
A26	JOV: Vocês querem ver a parte maior, aumentar? Então, vamos lá.	Gradação
A27	ALU5: O que é isso?!	
A28	JOV: Agora vocês estão vendo alguns asteroides. Algumas luas dos planetas. Plutãozinho.	Diminutivo
A29	ALU3: Nossa, que pequenininho!	
A30	ALU4: É menor que a Lua!	
A31	ALU3: É, então.	
A32	ALU4: Olha isso!	
A33	ALU3: Pequena Nuvem de Magalhães [<i>risos</i>]. Pequena!	
A34	JUA: É porque tem a Grande Nuvem, entendeu [<i>risos</i>]?	
A35	JOV: E essa é a maior coisa que existe que seria o universo observável.	
A36	ALU4: Muito legal.	
A37	JUA: E aí estão respondidas aquelas duas perguntas do início: qual é a maior e qual é a menor coisa do Universo.	

¹³ Criado por Cary e Michael Huang e disponível na página *HTTwins* <<http://htwins.net/scale2/>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

O programa computacional “*The Scale of the Universe 2*” une as vantagens da representação dos objetos em escala, a mobilidade virtual dos objetos e a noção de gradação acompanhada pelas potências de dez. Nesse caso, a estratégia da gradação, algo que não funcionaria se não contasse com os recursos computacionais, consegue prender a atenção dos alunos e, pelas suas falas, parece demonstrar o quão minúsculos ou imensos são os objetos de medidas extremas do Universo.

Durante a mostra do programa, os licenciandos adjetivaram as partículas subatômicas como pequenas (A25) e até apresentaram Plutão no diminutivo de modo a ressaltar sua dimensão menor que outros astros (A28). O aluno ALU3, decorrente disso, adjetiva o planeta anão como pequeninho e, espantado, ALU4 compara-o à Lua. Sozinho, o adjetivo não dá noção de tamanho do objeto (PRIMACK; ABRAMS, 2008), mas acompanhado das representações em escala e/ou das medidas dos objetos, caracterizam a relação de tamanho dos objetos na comparação (maior/menor; pequeno/grande). É o que acontece com a Pequena e a Grande Nuvem de Magalhães, que JUA explica para ALU3.

Após a exibição do programa, JOV falou sobre a evolução histórica dos modelos atômicos. Depois disso, JUA falou sobre as partículas subatômicas. Ao final da aula, uma avaliação escrita foi entregue aos alunos e a oficina foi encerrada.

6.2.2 Oficina de Astronomia

Assim como as demais, a oficina de Astronomia foi realizada por uma dupla de licenciandos de Física para os mesmos alunos do Ceeja e do CTI, com três sessões de noventa minutos cada. Na **primeira sessão do Ceeja**, ALE e LUD iniciaram a oficina dizendo que o tema Astronomia seria complementar à oficina da Cosmologia. Os licenciandos utilizaram uma apresentação em eslaides projetada na parede por um projetor multimídia. A oficina seguiu a sequência previamente preparada dessa apresentação. LUD começou falando sobre a Lua: o tempo da rotação, translação e evolução lunar em dias, o diâmetro lunar em quilômetros e a variação de temperatura na superfície lunar. Só depois de dispor essas informações, LUD explicou os movimentos da Lua. Não fez nenhuma analogia quantitativa; simplesmente citou os valores.

Depois, começou a dar informações sobre os planetas Vênus e Mercúrio como a rotação e a translação em dias, o diâmetro em quilômetros, variação de temperatura e número de satélites. Na sequência, falou sobre o Sol e informou os seus movimentos, diâmetro em

quilômetros, variação de temperatura e constituição. Os valores também foram apenas citados e não houve analogias quantitativas. Em seguida, sem muita conexão, explicou tempestades geomagnéticas.

LUD voltou a falar sobre os planetas. Recomeçou falando sobre Marte, dizendo que é um planeta muito estudado, que recebeu sondas espaciais e que possui o maior vulcão do Sistema Solar.

	Astronomia no Ceeja - Episódio 1	Estratégia didática
B1	LUD: Essa é uma imagem da Agência Espacial Europeia [<i>apontando para projeção</i>] que mostra esse vulcão, o Monte Olimpo. Ele tem vinte e cinco mil metros de altura, quase três vezes maior do que o Everest, que é a maior elevação da Terra. Então, é gigantesco mesmo esse vulcão aí de seiscentos e trinta quilômetros de extensão na base [<i>apontando para projeção</i>].	Analogia de grandeza Adjetivação

Assim como os licenciandos da oficina de Cosmologia, LUD e ALE fazem uso de adjetivações e analogias quantitativas para dar noções de tamanho aos alunos. Para explicar o quão alto é o vulcão Monte Olimpo (de $2,1-2,6 \times 10^4$ m de altura), em Marte, LUD o compara ao monte Everest ($8,8 \times 10^3$ m de altura) [$ALTURA(3 \times Everest) \cong ALTURA(Monte Olimpo)$]. O licenciando chega a comentar que o Everest é a maior montanha da Terra, mas não fornece dados precisos (B1). Curtis e Reigeluth (1984) falam da importância de se explicar a base quando esta não é de conhecimento profundo dos alunos.

Em seguida, LUD, informou os números da rotação, translação, diâmetro, variação de temperatura, número de satélites e composição de Marte e discutiu com os alunos sobre as possibilidades de se abrigar vida no planeta. LUD continuou falando sobre o Cinturão de asteroides e citou a quantidade estimada de componentes. LUD falou sobre Júpiter dando as mesmas informações dos outros planetas. Deu explicações mais detalhadas sobre os satélites Europa e Io e as possíveis missões espaciais para Júpiter. Quanto a Saturno, Urano e Netuno, LUD informou também os seus valores para os mesmos itens dos outros planetas. Depois falou sobre o Cinturão de Edgeworth-Kuiper, o número de seus componentes e o seu diâmetro. Explicou também porque Plutão não é mais considerado um planeta.

Saindo do Sistema Solar, LUD falou rapidamente sobre a estrela *Alpha Centauri C*, Via Láctea, buracos negros, aglomerados, nebulosas, estrelas de nêutrons, Grande Nuvem de Magalhães, Galáxia de Andrômeda, Aglomerados de Virgem e de Coma, quasares, citando apenas as distâncias em alguns casos. Depois disso, ALE reservou um tempo para falar, utilizando os eslaides, sobre noções de notação científica, Sistema Internacional (SI) e comparações de tamanho entre alguns objetos do Sistema Solar. ALE demandou certo tempo

para explicar minuciosamente e com exemplos as operações de divisão e multiplicação de números exponenciais (APRÍGIO, 2015). No entanto, em nenhum momento posterior as operações com números em notação científica são utilizadas durante a oficina. O mesmo acontece com os prefixos de medidas do Sistema Internacional (BIPM, 2014) que não são utilizadas em outros momentos da oficina.

	Astronomia no Ceeja - Episódio 2 (Continuação)	Estratégia didática
B1	ALE: E agora, para estudar o micro, nós vamos fazer uma correlação com a Biologia porque, na Biologia, a gente estuda bactérias, micro-organismos, vírus, fungos, essas coisas, micro-organismos que, às vezes, são benéficos para a gente e, ora, são prejudiciais. Tem as bactérias que causam aquela doença do rato, leptospirose. É uma bactéria que causa esse problema, é um micro-organismo. É uma bactéria transmitida pelo rato, pela urina do rato. Mas esses números aqui, a Cosmologia usaria mais para estudar o desenvolvimento do átomo mesmo, da origem das estrelas. Mas, para nós aqui da Astronomia, vamos usar só os números grandes. Isso aqui [<i>aponta para projeção</i>] é uma coisa mais para comparação mesmo. Eu não sei o tamanho da bactéria exatamente, mas deve ser em torno de dez a menos nove, um vírus, mais ou menos por aí. Então, para escrever uma notação científica, qualquer número seguido de muitos zeros, basta somente contar o número de zeros que aparecem e colocar esse valor como expoente de dez. Então esse dez com vinte e sete [10^{27}] é lido como dez elevado a vinte e sete ou só dez a vinte e sete. Lembrando que dez elevado a zero, como ele tinha falado no início da aula, é um. Qualquer número elevado a zero é um.	Modelo em escala
B2	ALE: Agora, vamos ver uns tamanhos aqui. O tamanho de um <i>quark</i> , uma das partículas fundamentais da Natureza, que é menor do que o átomo. Ou seja, se você dividir o átomo, o próton, você vai ter o <i>quark</i> . Aí, esse <i>quark</i> é menor do que dez a menos dezoito metros. É uma coisa muito pequena. O tamanho do elétron, que é uma carga fundamental para o Eletromagnetismo, é menor que dez a menos dezoito também. O tamanho do próton: dez a menos quinze metros. O tamanho do núcleo do átomo: dez a menos quatorze. Aí você que, progredindo, progredindo... Aí a gente pega aqui a maior que tem nessa lista é uma pulga, que é minúscula, é pequena ao extremo, que é dez a menos três metros. Então vocês veem que essas coisas aqui são muito menores que uma pulga.	Modelo em escala Adjetivação
B3	ALU44: Essa pulga está grávida [<i>risos</i>]?	
B4	ALE: É [<i>risos</i>]. Talvez se essa pulga tiver grávida ela seja um pouco maior. Agora vamos para os muito grandes [<i>troca de eslaide e mostra uma tabela</i>], que é a parte que nos interessa em Astronomia. O diâmetro da Terra: 12,756 vezes dez a seis [10^6] metros. Esse é o diâmetro da nossa Terra. Bem grande, não é? E o diâmetro do Sol: quatorze vezes dez à oitava [14×10^8]. Enorme! O diâmetro do Sistema Solar, você pega do Sol até aquela região que LUD falou, o Cinturão de Kuiper: então é dez a onze [10^{11}] metros. Um número enorme, onze zeros. Diâmetro da nossa galáxia, a Via Láctea, que tem cem mil anos-luz de extensão: dez elevado a vinte e um [10^{21}]. Olha o tamanho do Sol perto da Via Láctea. Então são onze zeros comparados com vinte e um zeros no número. Você vê que o Sol é uma coisa muito pequena perto da Via Láctea. Esse aqui é o tamanho do diâmetro do Universo visível, até onde, mais ou menos, o <i>Hubble</i> tirou a foto, mais ou menos, essa distância: dez a vinte e cinco [10^{25}] metros. Enorme, não é? Bem grande.	Adjetivação Modelo em escala Quantidade de algarismos

B10	ALE: Agora, comparando os tamanhos do Sistema Solar [<i>troca de eslaide e mostra outra tabela</i>]. É o corpo celeste: Sol, a Terra, essa lua aqui é um satélite de Júpiter, Calisto, uma das quatro principais, porque a gente vai falar de História da Ciência. Essa foi descoberta por Galileu. Aí, o Sol tem 696 mil. Aí você pega esse número e multiplica por dez a sexta [10^6] metros. É o tamanho do nosso Sol. É uma coisa enorme! Então você pega seis zeros e multiplica por 696 mil. Esse é o tamanho do nosso Sol em metros. Júpiter: 71 mil. Olha Júpiter perto do Sol como ele é pequeno. O nosso Sol representa 99,87%. Então, o resto, somando todos os planetas dá uma coisa de 0,13%. Você vê que o Sol é bem maior que qualquer um deles.	Adjetivação Modelo em escala Quantidade de algarismos
B11	ALE: Aqui é uma comparação [<i>troca de eslaide e mostra uma figura com os componentes do Sistema Solar em escala de tamanho, mas não de distância</i>] entre os planetas e alguns satélites do Sistema Solar. Aí [<i>aponta para projeção</i>], você vê o tamanho do Sol [<i>Fig. 20</i>], Mercúrio, Vênus, Terra, a Lua, Júpiter, que é o nosso maior planeta, Saturno, Urano, Netuno e Plutão. E aqui são algumas luas a Io, a Ganímedes, a Calisto. Grande o Sol nosso, não é?	Modelo em escala Adjetivação

De B6 a B11, ALE usa a estratégia didática da escala, na qual disponibiliza uma série de objetos em ordem de tamanho, com suas medidas e imagens, para que possam ser visualmente comparados. As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002) afirmam que todo aluno deve ser capacitado a fazer uso de escalas. Adjunta à escala, de modo similar a JUA e JOV, licenciandos da oficina de Cosmologia, ALE utilizou a estratégia da gradação para pouco a pouco ir diminuindo as escalas até o microcosmo dos *quarks*. Autores da área, como Primack e Abrams (2008) e Jones *et al.* (2013), recomendam essas estratégias.



Figura 20. Projeção de uma figura comparativa dos componentes do Sistema Solar.

Continuando com escala e gradação (B9-B11), ALE passa aos objetos de estudo da Astronomia, com ênfase no Sistema Solar (Figura 20). Além delas, ALE utiliza adjetivações tanto dos objetos (B9: “Terra bem grande; Sol enorme; Sol pequeno perto da Via Láctea”)

quanto dos números (B9: “dez a onze [10^{11}] metros. Um número enorme, [...]”). No mesmo intuito de mostrar a grandiosidade do objeto pelo tamanho de algarismos do número, ALE sempre dá ênfase à quantidade de zeros (B5: “Eu não vou contar, mas tem vinte e quatro zeros [risos]. Por preguiça mesmo...”; B9: “Olha o tamanho do Sol perto da Via Láctea. Então são onze zeros comparados com vinte e um zeros no número.”; B10: “Então você pega seis zeros e multiplica por 696 mil.”). Tomar a quantidade de algarismos em relação ao tamanho do número remonta a noção antiga de números hieróglifos (SILVEIRA, 2013). O próprio sistema de prefixos estipulados pelo SI (BIPM, 2014) deveria substituir e, assim, suprir a ideia de aumentar o número da quantidade da medida sem que se aumente a quantidade de algarismos. Os licenciandos apresentaram o significado de cada prefixo (deca, hecta, quilo, ...) mas não os utilizaram para expressar o tamanho da medida. Mesmo com a atenção dada ao entendimento da notação científica, nem a ordem de magnitude das potências teve ênfase em detrimento à quantidade de zeros dos números.

Depois da apresentação comparativa dos objetos do Sistema Solar em escala, ALE passa a explicar distâncias astronômicas.

	Astronomia no Ceeja - Episódio 3	Estratégia didática
B12	ALE: Aí [<i>troca de eslaide e exhibe uma tabela</i>], um panorama de como seria uma viagem até esses planetas. Então, um carro com uma velocidade de cento e vinte quilômetros por hora vai demorar seiscentos anos até chegar a Júpiter. Cento e vinte quilômetros por hora, viajando constantemente sem nenhum intervalo [risos]. Olha como Júpiter está longe de nós. Aí, para chegar até Saturno, levaria mil e duzentos anos viajando a cento e vinte quilômetros por hora sem parar. A para chegar até essa <i>Alpha Centauri</i> , que é a estrela mais próxima da gente, demoraria trinta e oito milhões de anos. Para vocês terem uma noção do tamanho das distâncias: um jato comercial, que vai um pouco mais rápido, oitocentos e quatro quilômetros por hora, levaria noventa anos para chegar a Júpiter, cento e oitenta a Saturno. Agora o supersônico <i>Concorde</i> , aqueles aviões com a asa curvada assim [<i>gesticula</i>]. Ele viaja a 2 173 quilômetros por hora. Levaria trinta e três anos para chegar até Júpiter. Mesmo viajando a essa velocidade, que é muito maior do que a do som, que é em torno de mil e quatrocentos, mil e seiscentos...	Cálculo do tempo gasto Adjetivação Analogia de grandeza

Para dar a noção das distâncias astronômicas, tal como recomenda o Observatório Nacional (2013), ALE utiliza a estratégia do cálculo do tempo de viagem, pela qual se tem ideia da distância das estrelas e dos planetas pelo tempo que um meio de transporte conhecido pelos alunos levaria para alcançá-los (B12). ALE cita os tempos de viagem do carro (120 km/h), jato comercial (804 km/h) e jato supersônico (2 173 km/h). O licenciando entende que, para astros

mais distantes, como a estrela *Alpha Centauri*, a velocidade de um carro não é o suficiente para dar a ideia da distância da Terra. Para tanto, opta por meios mais rápidos e informa que velocidades utiliza.

No caso de Júpiter (B12), ALE ainda faz uma analogia de grandeza em que compara a velocidade do jato supersônico com a do som [VELOCIDADE(som) \ll VELOCIDADE (jato supersônico)]. É interessante notar que o licenciando não apresenta nenhuma analogia de grandeza para as distâncias dos astros, mas para as velocidades que usa para explicar essas distâncias, sim. No questionário desta pesquisa, para comparação, 42,9% (9 de 21) dos licenciandos de Física (a maioria) disseram que explicariam as distâncias com analogia de grandeza e apenas 4,8% (1 dos 21) afirmou que utilizaria o cálculo do tempo gasto como estratégia didática.

Ao término da sessão, os licenciandos falaram sobre o ano-luz e a Unidade Astronômica como unidades de medida astronômicas e mostraram exemplos de distâncias. Para essas, não apresentaram analogias quantitativas. Com o tempo estourado, encerraram a sessão abruptamente sem nenhuma conclusão.

Na **segunda sessão do Ceeja**, os licenciandos utilizaram novamente uma apresentação de eslaides projetada com um projetor multimídia. A apresentação praticamente foi o roteiro da oficina. Os licenciandos LUD e ALE fizeram uma abordagem histórica da Astronomia dessa vez. LUD falou sobre os conhecimentos astronômicos dos povos antigos e das descobertas de cientistas famosos. ALE falou sobre o conhecimento histórico das constelações. Neste encontro, os licenciandos não apresentaram medidas e nem analogias quantitativas.

Na **terceira e última sessão do Ceeja**, os licenciandos começam falando sobre a formação de estrelas e utilizam novamente como material uma apresentação de eslaides. Apenas em um momento, ao falar sobre a constituição de nebulosas, um dos licenciandos empregou uma analogia quantitativa (B13).

	Astronomia no Ceeja - Episódio 4	Estratégia didática
B13	LUD: Alguém se lembra das nebulosas? Ninguém se lembra? A gente falou que nas nebulosas é onde que tem uma poeira interestelar onde são formadas as estrelas. Só que até hoje os cientistas não sabem exatamente como são formadas essas estrelas. E, é o que eu acabei de dizer, elas são formadas por essas nuvens gigantes moleculares que são muito densas. Nessas nuvens, existe essa poeira interestelar. O que é essa poeira interestelar que eu estou falando? Elas são pequenos grãos. São pequenas partículas do tamanho das partículas da fumaça de um cigarro, por exemplo. Então, é bem pequena mesmo. Para relembrar a primeira aula, o diâmetro dessa partícula, que está escrito ali [<i>aponta para projeção</i>], é dez a menos sete metros [<i>escreve $10^{-7} m$ no quadro-negro</i>]. Alguém sabe quanto que é dez a menos sete metros? Alguém pode me falar lembrando	Analogia de grandeza Adjetivação

	da primeira aula? Então, o diâmetro dessas partículas de poeira aí é 0,000 000 01 metros [<i>escreve no quadro, com um zero a mais</i>]. Então, é bem pequeno mesmo. Só para agente lembrar a primeira aula aí que a gente falou sobre potências de dez.	
--	--	--

O licenciando LUD explicou que os grãos da poeira interestelar são do tamanho das partículas de fumaça de um cigarro [TAMANHO(partículas de fumaça) = TAMANHO(poeira interestelar)]. Retoma a noção de notação científica e justifica o porquê da abordagem sobre potenciação na primeira sessão. O fato que chama a atenção nesse episódio, além do uso da analogia de grandeza, é que a transformação da notação 10^{-7} em 0, 000 000 01 (com um zero a mais) não foi percebida pelos alunos e nem pelos próprios licenciandos. Isso demonstra que, na explicação, a analogia quantitativa da poeira chama mais a atenção do que a medida da partícula em si. A informação do tamanho da partícula de poeira interestelar é desinteressante ou a habilidade em trabalhar com notação científica estava comprometida. Naissinger (2010) mostra que erros desse tipo são bastante comuns pela pouca frequência com que os alunos e os professores utilizam as notações científicas no cotidiano.

Depois da explicação sobre a poeira interestelar, LUD explicou a formação das estrelas e o que é uma protoestrela. ALE falou sobre nebulosas e terminou de explicar o processo de formação de estrelas e do Sistema Solar. Os licenciandos findaram as oficinas do Ceeja entregando uma avaliação para que os alunos fizessem.

ALE e LUD utilizaram o mesmo plano de aula do Ceeja para os alunos do CTI. Utilizaram também a mesma apresentação de eslaides. Os conteúdos foram exatamente os mesmo dos encontros com os alunos do Ceeja. Os licenciandos não fizeram analogias diferentes e os alunos não fizeram nenhuma analogia nova.

Com relação aos saberes utilizados pelos quatro licenciandos nas oficinas de Cosmologia e Astronomia, verificou-se que os mais mobilizados são os saberes disciplinares, isto é, aqueles conhecimentos sobre os conceitos que se quer ensinar. São os saberes definidos e selecionados pelas instituições universitárias, faculdades e cursos distintos (TARDIF, 2012; GAUTHIER *et al.*, 2013). Os licenciandos contam com uma disciplina de Astronomia na grade curricular do curso de Física, o que basicamente lhes dá um importante suporte teórico.

Foi também demonstrado certo saber curricular, pois sabem que determinados conteúdos do currículo dos alunos já foram estudados (B2): “Vocês já devem ter conhecimento, claro, [...]”.

Os licenciandos utilizaram como estratégias didáticas para o ensino das medidas apresentadas nas oficinas analogias quantitativas (RIGOLON, 2013), escalas, cálculo do tempo

gasto (para distâncias), adjetivações e até a ênfase na quantidade de algarismos dos números. Essas estratégias correspondem às que os licenciandos de Física respondentes do questionário apresentaram. As escalas são as mais conhecidas e comumente são utilizadas em diversas situações pedagógicas no curso de graduação.

As analogias quantitativas apresentadas, aparentemente, não são criações dos licenciandos. Na busca por estratégias de ensino aplicáveis às oficinas, os licenciandos buscam por informações na literatura (SHULMAN, 1986 *apud* BOZELLI, 2010), mais precisamente, na internet (FREITAS, 2012).

Percebe-se que muitos dos saberes docentes mobilizados têm origem de leituras e aprendizagens realizadas em situações não formais de ensino, em leituras particulares de textos da internet. A mesma literatura que fornece conceitos científicos aos licenciandos para serem abordados nas oficinas apresenta estratégias didáticas, como as analogias quantitativas, que são reinterpretadas e reutilizadas pelos licenciandos em situações de ensino.

Corcione (2004) e Nóbrega *et al.* (2009) afirmam que as oficinas possuem caráter resumido e prático. Este último não foi contemplado nas oficinas de Cosmologia e Astronomia, pois os alunos não realizaram atividades práticas. As oficinas tiveram mais aspecto de “ciclo de seminários” com muitas explicações e algumas exposições dialogadas.

6.3 OFICINAS DE BIOLOGIA

As oficinas de Física não tiveram os mesmos temas das de Biologia, pois foram realizadas sem a intervenção do pesquisador quanto à temática, que foi estabelecida pelo professor de Estágio Supervisionado de Física da universidade paulista. A facilidade de acesso aos professores e licenciandos da universidade e ao diretor e professores da escola de Ensino Médio fez com que apenas os licenciandos de Biologia da universidade mineira tivessem suas oficinas observadas para a pesquisa. Sendo assim, duas turmas de Biologia tiveram suas oficinas observadas, transcritas e analisadas, mas apenas uma teve uma instrução inicial sobre estratégias didáticas para macro e micromedidas antes do preparo das oficinas. As duas turmas foram divididas em três grupos. Cada grupo abordou um dos assuntos indicados pelo pesquisador: Microcosmo, Grandiosidades da Terra e Astronomia.

6.3.1 Oficinas de Biologia sem intervenção pedagógica

O grupo Microcosmo ministrou sua oficina para a turma 1ºB no primeiro horário (13h00-13h50) e a 1ºD no segundo horário (13h50-14h40). Após o intervalo de vinte minutos, o grupo Astronomia ministrou sua oficina para a turma 1ºD no quarto horário (15h50-16h40) e o grupo Grandiosidades da Terra apresentou a sua para o 1ºC no sexto horário (17h30-18h20). Todas as oficinas foram acompanhadas pelo pesquisador (PESQ), pela professora de Estágio (PROF) e pelo professor de Biologia da escola, que não participaram das atividades. O professor de Biologia fez apenas a apresentação do pesquisador e da professora do Estágio e acompanhou as atividades com bastante atenção. A professora do Estágio fez registros fotográficos.

Os alunos da escola foram avisados no dia anterior sobre a participação das oficinas. As turmas possuíam quarenta alunos e nenhum aluno faltou naquele dia. As oficinas foram realizadas em uma sala diferente das que os alunos estudam, que permite a projeção de vídeos.

6.3.1.1 Oficina de Microcosmo no 1º B

Os licenciandos LEI, ROB e TAL foram apresentados aos alunos do 1º B e logo iniciaram as atividades. Pediram para os alunos formarem cinco grupos com oito componentes. Os licenciandos entregaram aos grupos onze plaquinhas que continham medidas microscópicas (9 nm, 225 nm, 1 000 nm, 5 µm, 10-50 µm, 58,5 µm, 60 µm, 64 µm-2 mm, 200 µm, 580 000 µm, 3-8 cm) e três plaquinhas com figuras que representavam o meio (olhos nus, microscópio óptico e microscópio eletrônico) pelo qual é possível visualizar estruturas pequenas. Os licenciandos projetaram uma apresentação de eslaides que continha figuras de estruturas e seres microscópicos, perguntas, *etc.* que serviu de base para a parte teórica da oficina. Nessa apresentação, os licenciandos previamente selecionaram microestruturas para perguntar sobre suas dimensões aos grupos de alunos, que deveriam responder-lhes levantando uma placa com um valor escolhido.

ROB explicou aos alunos que cada grupo deveria levantar uma plaquinha com a medida que considerasse mais apropriada para os objetos microscópicos que seriam mostrados na apresentação.

	Microcosmo 1ºB - Episódio 1	Estratégia didática
C1	ROB: Certo, gente? Então eu vou começar a oficina perguntando para vocês, se vocês têm ideia do tamanho desse carro de Fórmula 1 que está no eslaide [Figura 21]. Vocês querem levantar o papel ou vocês querem falar? Dois micrômetros? Nanômetros?! Pessoal do fundo! Pessoal do fundo aí, quanto vocês acham que tem? Três o quê? Metros? Centímetros? Metro? Esse carro de Fórmula 1 tem o tamanho de um grão de areia. Um grão de areia! Isso aqui foi feito com uma superimpressora 3D. Ela foi desenvolvida e consegue desenhar esses formatos em 3D, muito pequenos. Há propostas para futuras utilidades médicas. Bem, então como PESQ já havia falado, o tema do nosso minicurso vai ser Medidas Microscópicas. Aí no fundo está todo mundo me ouvindo? O grupo completo é composto por cinco pessoas, porém hoje, nessa aula, só estão presentes TAL, que vocês já conhecem, LEI e eu, ROB. Bem, mais uma pergunta: o que vocês acham que é esta extremidade?	Analogia de grandeza Explicação do tema da oficina
C2	ALUNOS: Um fio de cabelo.	
C3	ROB: Têm certeza que é um fio de cabelo?	
C4	ALUNOS: Parece.	
C5	ROB: Muito bem! É a extremidade de um fio de cabelo. Só essa extremidade de fio de cabelo é de uma pessoa que não cuida do seu cabelo. Quem passa um bom condicionador e corta o cabelo regularmente não vai ter uma ponta de cabelo desse tipo, pontas duplas, por exemplo. A espessura desse fio de cabelo é de 0,3 a 0,9 milímetros. Todo mundo aqui tem, pelo menos, um ou uma montanha de travesseiros no quarto de vocês, não é? Essa é a coisa mais confortável do mundo, pois é fofo, não é? Só que vocês acham que vocês dormem sozinhos? Os travesseiros estão cheios de ácaros. Esses ácaros se alimentam de células mortas do seu rosto, por exemplo, que ficam no tecido do travesseiro. Não há registro que esses ácaros fiquem na sua pele, mas no travesseiro, chegando a zilhões de organismos no travesseiro. E a medida deles é em torno de 0,25 e 0,75 milímetros.	Informação de tamanhos Pseudonumeral

ROB inicia sua fala perguntando aos alunos o tamanho do que parece ser um carro de corrida (Figura 21). Trata-se de um ludíbrio para atrair uma atenção inicial dos alunos. ROB apresenta uma analogia quantitativa [TAMANHO(grão de areia) = TAMANHO(carro de corrida)] para dar a ideia do tamanho. Ele não fala, mas os valores das medidas de comprimento do carro e do grão são mostrados no eslaide. É uma analogia de grandeza ideal, pois utiliza um objeto do cotidiano dos alunos (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002), explica base e alvo ao informar as medidas (CURTIS; REIGELUTH, 1984) e é uma analogia ilustrativo-verbal (MONTEIRO; JUSTI, 2000). As medidas do fio de cabelo e do ácaro são apresentadas sem analogias. A quantidade de ácaros no travesseiro é representada pelo pseudonumeral ‘zilhões’, que apenas indica ser uma grande quantidade, mas não a especifica.

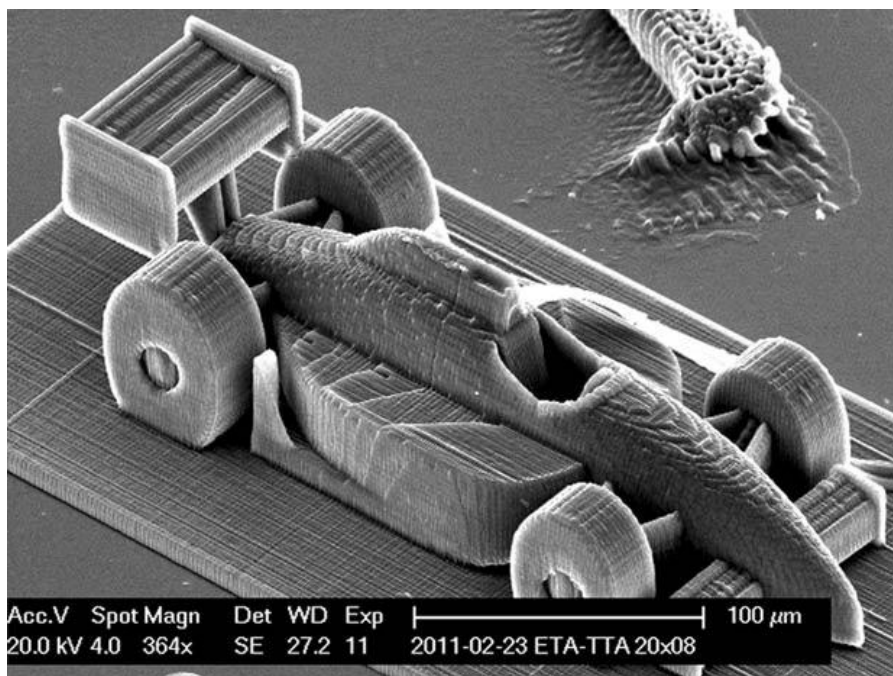


Figura 21. Miniatura de carro de corrida.

Fonte: Portal G1 (IMPRESSORA..., 2012).

Na sequência, ROB fala o tamanho das bactérias e adentra na questão das medidas de comprimento utilizadas na Microscopia. Explica que metro dividido por mil é milímetro, que dividido por mil é micrômetro, que, por sua vez, dividido por mil é nanômetro.

	Microcosmo 1ºB - Episódio 2	Estratégia didática
C6	ROB: Falaram-me que vocês estão vendo a questão do citoplasma celular. Nós sabemos que a célula do nosso corpo é a menor e mais simples componente, só que no nosso corpo, normalmente, numa média, nós encontramos cem trilhões de células. Imaginem que cem trilhões de células estão em comunicação para que o organismo tenha um funcionamento correto. Mas, quais são seus componentes? Vocês podem citar alguns? Vocês já devem saber de cor e salteado, não é?	Adjetivação
C7	ALUNOS: [Ao mesmo tempo] Mitocôndria. Complexo de Golgi...	
C8	ROB: Mitocôndria é uma organela. Exato! Complexo de Golgi é outra organela. O núcleo com o DNA. Substâncias orgânicas e inorgânicas, está certo? Falando especificamente do material genético, a célula humana tem três bilhões de pares de base. Vocês lembram que TAL deu essa aula, inclusive, não é? Adenina, citosina, timina e guanina: se vocês contarem uma por uma, todo o genoma de uma célula humana tem três bilhões dessas letrinhas. Se nós esticarmos esse DNA, se conseguíssemos esticar, por isso que está entre aspas aqui, o nosso DNA teria dois metros de comprimento, maior que nós mesmos, não é? Acho que aqui não tem ninguém com dois metros. Então, é maior do que nós, dentro de uma única célula. Tudo certo? Vocês estão entendendo a dimensão de como isso é pequeno?	Analogia de grandeza Adjetivação

ROB citou, algumas vezes, números que ultrapassam seis algarismos. No turno C6 falou em “cem trilhões de células” e no C8, “três bilhões de pares de base”, mas não apresenta uma estratégia de demonstrar essas quantidades. A analogia quantitativa aparece ao comparar o comprimento do DNA com a de um ser humano [COMPRIMENTO(humano) < COMPRIMENTO(DNA)]. Nesses turnos, ROB salienta como os objetos abordados são pequenos.

Depois disso, ROB fala sobre os tamanhos do núcleo celular, das células vegetais e animais, neurônios e hepatócitos e pede que os alunos tentem acertar os seus tamanhos levantando as plaquinhas com as medidas.

	Microcosmo 1ºB - Episódio 3	Estratégia didática
C9	TAL: Beleza, pessoal. Para quem está um pouco perdido aí com as medidas, eu vou falar aqui rapidamente, lembrando que a gente lá a menor medida que a gente utiliza geralmente, às vezes, é o milímetro. Então, se você divide o milímetro por mil, nós temos micrômetro, dez a menos três. Dividindo por mil novamente, nós temos o nanômetro, dez a menos seis. Se nós dividirmos mais uma vez dez a menos nove, angstrom. Só para ajudar alguém se estiver perdido.	Explicação das medidas
C10	ALU1: Dez a menos nove é nanômetro, não? [<i>Os alunos discutem</i>] É em relação ao metro!	
C11	TAL: Isso é verdade. Dez a menos três, a menos seis, a menos nove, a menos doze é um angstrom.	Correção das medidas
C12	TAL: [<i>Mudando de eslaide</i>] Pessoal, vocês já devem conhecer esses dois indivíduos aqui [<i>aponta para a projeção</i>]. Aqui é um vírus bacteriófago e bactérias. Agora, essas fotos nós encontramos facilmente na internet. Os vírus e as bactérias muitas vezes vêm sem escala e nós, muitas vezes, não sabemos o tamanho real desses organismos, dessas estruturas, como no caso do vírus. Agora eu vou perguntar para vocês: vocês acham que o vírus e a bactéria têm o mesmo tamanho? Obviamente não, não é? Então, duas pessoas, duas plaquinhas vão ser levantadas agora e vocês vão tentar estipular tanto a medida do vírus quanto o diâmetro da bactéria [<i>alunos discutem</i>].	
C13	TAL: Então, primeiramente, o tamanho do vírus, por favor. Quem já tem o tamanho do vírus, levante a plaquinha, por favor. Beleza, pessoal. Vocês acertaram: 225 nanômetros. E agora, ficou ainda mais fácil para vocês acertarem o tamanho da bactéria, certo? [<i>Alunos discutem</i>] Podem levantar. Pessoal, vou revelar, então. O grupo que acertou foi o que escolheu mil nanômetros. Aí, nós estamos falando de diâmetro, certo? Então, colocaríamos quatro bacteriófagos em sequência para dar o diâmetro de mil. E aqui, eu trouxe outra foto para mostrar para vocês a diferença entre vírus e bactéria. Então, a gente consegue visualizar aí a diferença entre as dimensões das bactérias e dos vírus [<i>aponta para projeção</i>]. Pessoal, e aqui nesse esquema a gente consegue visualizar outras células para comparar também. A hemácia que vocês costumam ver com mais frequência é a maior célula de todas aqui do nosso conjunto, com dez mil nanômetros. Aqui é a bactéria <i>E. coli</i> , que nós utilizamos aqui na gincana: mil nanômetros de diâmetro. E o vírus bacteriófago com 225 nanômetros. Só que nós temos vírus menores	Modelo em escala

	ainda, na escala de 90 nanômetros, 24 nanômetros e o vírus HIV próximo à escala de cinquenta nanômetros de diâmetro.	
--	--	--

O Episódio 3 é marcado por uma sucessão de erros conceituais com relação às micromedidas apresentados por TAL. O licenciando percebeu que, durante as falas de ROB, alguns alunos mostraram-se pouco hábeis em escolher as medidas dos objetos da projeção e resolveu lembrar os valores das unidades de medida (C9). TAL apresenta os valores de micrômetro e nanômetro em relação ao milímetro e se equivoca quanto ao angstrom. O aluno ALU1 percebe o erro e corrige-o, alertando que a referência das notações científicas deve ser o metro (C10). TAL valida a informação do aluno, mas se equivoca, novamente, quanto ao angstrom, entendendo que este pertence ao SI e, que por estar na sequência, teria 10^{-12} m, quando na verdade equivale a 10^{-10} m (BIPM, 2014). O erro, comprometedor, pois altera a noção das micromedidas doravante, não foi percebido/corrigido pelos colegas licenciandos e nem pelos alunos. A dificuldade em lidar com micromedidas apresentada por TAL se justifica pelo seu pouco contato cotidiano com tal conceito e é também constatada em outras pesquisas tais como de micromedidas (MENESES; FERREIRA; NASCIMENTO, 2010), números grandes (Livi, 1990) e notação científica (NAISSINGER, 2010).

No turno C12, TAL chama a atenção dos alunos para um fato recorrente em livros e na internet, que é a representação de vírus e bactéria fora da escala real. O licenciando, com isso, se atenta para uma situação que reforça a dificuldade dos alunos em imaginar os tamanhos comparativos de elementos microscópicos, tal como afirmam Meneses, Ferreira e Nascimento (2010). Portanto, opta por apresentar vírus e bactéria primeiramente fora de escala e depois (C13) numa representação em escala, que utiliza também para comparar depois com uma hemácia. Depois de TAL, LEI passa a comparar o tamanho do óvulo com o do espermatozoide.

	Microcosmo 1ºB - Episódio 4	Estratégia didática
C14	LEI: Então, eu vou falar também sobre os diferentes tamanhos entre óvulo e espermatozoide e vou dar exemplos de diferentes tamanhos de espermatozoide de outros organismos. Vocês têm noção de quais são os tamanhos que têm os espermatozoides humanos? Levantem a plaquinha, gente [<i>alunos discutem</i>]. Levantem a do óvulo primeiro. Esse primeiro que você levantou é do óvulo [<i>alunos discutem</i>]? Gente, vamos, senão não vai dar tempo. Pessoal, levantem o valor do óvulo! Esse foi o único grupo que acertou. Duzentos micrômetros que corresponde a 0,2 milímetros. E pela medida, gente, o óvulo pode ser visto a olho nu. É como se fosse uma pontinha de caneta. E o espermatozoide? [<i>Alunos discutem</i>] Decidiram? Gente, vamos! Acertou aquele grupo ali: sessenta micrômetros.	Analogia de grandeza
C15	LEI: [<i>Mudando de eslaide</i>] Gente, aqui a gente tem a <i>Drosophila bifurca</i> . Ela chega a três milímetros. E a gente tem o elefante, <i>Elephas maximus</i> , da	Informação de tamanhos

	Ásia, nativo da Ásia. Ele chega a três metros de altura e pesa até cinco toneladas. E o que vocês acham? Qual é o tamanho do espermatozoide da drosófila e desse elefante? Tem plaquinha, gente, podem levantar [<i>alunos discutem</i>]. Levantem a placa da drosófila primeiro.	
C16	TAL: Pessoal, em cinco segundos, vocês vão levantar uma plaquinha: cinco, quatro, três, dois, um. Levantando plaquinha!	
C17	LEI: Nossa, ninguém acertou! Gente, o espermatozoide dessa mosca é o maior que existe. Ele chega a ser maior que ela mesma. Pessoal, é como se o espermatozoide de um homem medisse uns trinta e três metros e a pessoa medisse um e setenta.	Analogia de proporção
C18	Alunos: Nossa!	
C19	LEI: E quanto ao do elefante? Quanto? Todos acertaram. É isso mesmo: 58,5 micrômetros. Gente, vocês podem ver que tamanho não é documento. É? Não é. Porque era para o elefante ter o espermatozoide muito maior, mas ele tem 58,5 micrômetros e isso é menor que o espermatozoide de um ser humano. Cada mililitro de sêmen libera 1,2 bilhões de espermatozoides do elefante. Enquanto a drosófila tem muito pouco. Mas por que isso? O espermatozoide da drosófila é enrolado e é por isso que ele consegue fecundar o óvulo da fêmea. Durante a evolução, o que acontece? Na competição, são produzidos vários espermatozoides pequenos, não é? Mas nas drosófilas foi o contrário. Teve um paradoxo, de acordo com os artigos que eu encontrei, por que o macho foi produzindo espermatozoides maiores, não é? Isso foi um caso à parte.	Analogia de grandeza
C20	ALU2: E o óvulo, tem algo de ele ser maior?	
C21	LEI: Então, eu não consegui achar alguma coisa falando do óvulo. Só achei falando que o espermatozoide é bem maior e tem ainda competição. Há muita competição mesmo sendo baixa produção de espermatozoides e espermatozoides maiores, não é?	

Para o óvulo humano, a licencianda informa que 200 μm podem ser vistos a olho nu e que equivalem a “uma pontinha de caneta” (C14). É uma analogia de grandeza ligeiramente modificada da comumente encontrada na internet para explicar o diâmetro do óvulo: TAMANHO(ponto feito com uma caneta) = TAMANHO(óvulo). Na sequência, apresenta mais uma analogia quantitativa para explicar como o espermatozoide da drosófila é proporcionalmente imenso comparado ao do humano (C17). LEI informa os quatro elementos de uma analogia de proporção ($a/b = c/d$) e mostra quanto seria de comprimento o espermatozoide humano se tivesse a mesma proporção do da mosca-das-frutas: PROPORÇÃO(espermatozoide de 33 m, homem) = PROPORÇÃO(espermatozoide, drosófila).

LEI deixou claro aos alunos que os conhecimentos que estava apresentando na oficina são advindos de uma pesquisa prévia, feita especialmente para a ocasião. A limitação da amplitude dessa pesquisa justificaria os momentos em que não sabia a resposta. No turno C19, LEI fala “teve um paradoxo, de acordo com os artigos que eu encontrei” e, no turno C21, para responder a um aluno sobre o tamanho do óvulo, fala “eu não consegui achar alguma coisa falando do óvulo. Só achei falando que o espermatozoide é bem maior e tem ainda competição”.

A licencianda está informando, portanto, que tais respostas fogem de seu escopo. Gauthier *et al.* (2013) afirma, sobre isso, que a profundidade e a maneira que o professor entende esses conceitos transparecem na sua forma de ensinar. Shulman (1986 *apud* BOZELLI, 2010) mostra que um professor novato tem muito mais dificuldade em ensinar um assunto em que detenha um conhecimento limitado e que, como consequência, apoia-se nos livros didáticos. De modo mais recente, pode-se incluir, como apoio ao professor, a literatura divulgada pela internet.

Depois da explicação de LEI, os licenciandos chamaram os alunos para participar de uma demonstração previamente preparada para visualização de seres unicelulares. Deixaram uma seringa plástica suspensa entre dois apoios com uma gota d'água de represa em sua ponta. Pela gota, projetaram um feixe de raio *laser* que a atravessava e, com um efeito de lente, projetava os organismos microscópicos na parede. Nesse momento, não se fala de medidas. Os alunos se surpreenderam bastante com o que viram, demonstraram grande interesse, aplaudiram os licenciandos e se retiraram da sala.

Os licenciandos ministraram, em seguida, a mesma oficina para os alunos do 1º A. Dessa vez, os licenciandos BRE e FRA participaram. BRE começou a oficina e falou sobre a atividade das plaquinhas, a analogia do carro de corrida com o grão de areia, os tamanhos do fio de cabelo, ácaro e bactéria, a resolução dos tipos de microscópio e as unidades de medida usadas em Microscopia. ROB, TAL e LEI falaram os mesmos conteúdos da oficina anterior e FRA demonstrou a parte do microscópio caseiro com *laser*. Em suma, na segunda oficina, não surgiram analogias quantitativas diferentes das anteriormente apresentadas.

6.3.1.2 Oficina de Astronomia no 1º D

As licenciandas ADR, JOR, JOS e NIR previamente dispuseram as cadeiras da sala para que os alunos formassem oito grupos de cinco componentes. Logo assim que os alunos entraram e se sentaram, as licenciandas foram apresentadas pela professora de Estágio Supervisionado e iniciaram a oficina. NIR avisa que, logo no início, os alunos assistirão a um vídeo sobre o Sistema Solar.

	Astronomia 1ºD - Episódio 1	Estratégia didática
D1	JOR: Gente, vão reparando na relação dos tamanhos aí desses planetas que está em escala no vídeo [<i>alunos assistem se espantando com alguns tamanhos</i>].	Modelo em escala Gradação

D2	NIR: [<i>Depois da exibição do vídeo</i>] Bom, pessoal, então aí vocês tiveram uma noção de como é o tamanho dos planetas. Com relação à distância, eu vou dar um exemplo. Por exemplo, da Terra até a Lua tem trezentos e oitenta mil quilômetros. Então, a gente andou pesquisando que uma nave gastaria três dias para percorrer essa distância da Terra até a Lua. Então, um carro que anda a cem quilômetros por hora gastaria cento e cinquenta quilômetros, só para vocês terem uma noção. Oh, cento e cinquenta dias!	Cálculo do tempo gasto
D3	JOR: Então, gente, agora, a gente queria propor para vocês, depois que vocês viram o vídeo... Vocês viram no vídeo que a relação entre os tamanhos, eles usaram uma escala que a gente não sabe, mas a relação entre os tamanhos estava certa, mas a relação entre a distância não estava. Os planetas estavam, mais ou menos, com a mesma distância ali no vídeo. Então, agora, o que a gente quer propor para vocês é que vocês façam uma atividade em que vocês vão fazer um modelo. Cada grupo vai ficar responsável por um planeta e a primeira atividade que vocês vão fazer, a gente vai dar aqui o diâmetro do planeta que o grupo está responsável em quilômetros e vai dar uma escala para vocês. Aí, vocês podem utilizar esse material que está aí na mesa de vocês. Vocês vão fazer a representação do tamanho do planeta. Depois que os grupos terminarem de fazer a representação desses tamanhos, vocês vão fazer a representação da distância.	Modelo em escala

O vídeo que as licenciandas exibiram mostrou gradativamente os planetas do Sistema Solar e o Sol em escala (D1). Em seguida, NIR informou o tempo que seria gasto para percorrer a distância Terra-Lua por uma nave e um carro (D2). Em seguida, JOR explica a principal atividade da oficina que seria a montagem de um modelo do Sistema Solar em escala feito com cartolinas (D3). As licenciandas disponibilizaram para uso dos alunos nessa prática cartolinas coloridas, tesouras, uma trena, um rolo de barbante e régua. JOR entregou aos grupos as medidas dos diâmetros dos planetas e a escala 1 cm = 4 766 km. Os grupos recortaram os planetas e até pintaram alguns. Depois disso, JOR os orientou para o preparo das medidas de distância interplanetares em escala, entregando-lhes as medidas de distância entre cada planeta e o Sol e a escala de 1 cm = 10 000 000 km.

Depois que os alunos montaram o modelo do Sistema Solar em escala, no chão da sala de aula, JOR pediu que se aproximassem para observarem e ouvirem algumas palavras. Os alunos demoraram a se organizar e comentaram bastante sobre a representação. JOR explicou que a escala de diâmetro não poderia ser a mesma da de distância, pois o modelo ficaria muito grande para caber na sala de aula.

Por fim, as licenciandas apresentaram numa projeção o simulador 3D *Solar System Scope*¹⁴ (Figura 22).

¹⁴ Criado por Inove e disponível na página *Solar System Scope* < <http://www.solarsystemscope.com/>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

	Astronomia 1ºD - Episódio 2	Estratégia didática
D4	JOS: Gente, gente! Psiu! Então, existem algumas atividades que vocês podem fazer online como simuladores 3D do Sistema Solar. São atividades legais e vocês podem aprender um pouco mais e aprender brincando. Eu vou mostrar para vocês verem. Tem um simulador da <i>Nasa</i> que vocês tem que baixar para o computador de vocês, mas é facinho. É só digitar no <i>Google</i> 'simulador da <i>Nasa</i> ' que vocês vão poder acessar esse simulador. Tem outro aqui que eu vou mostrar para vocês que é o do <i>Solar System Scope</i> , que é 3D. Eu vou mostrar para vocês [vai mostrando o simulador na projeção; Figura 22]. Aí, você pode ir colocando aqui na opção 3D. Aí, aqui embaixo, você pode colocar a data. Vamos colocar aqui na data de hoje, não é? Dois mil e quinze, não é? Dia dezenove.	Modelo
D5	JOS: Marte, olhem, é conhecido como o planeta vermelho porque ele tem uma grande quantidade de ferro. A atmosfera é rica em gás carbono e Marte tem um vulcão que chama Monte Olimpo. Na verdade, seria o maior vulcão do planeta. Ele tem umas extensões muito grandes. O diâmetro dele do chão seria de aproximadamente cento e vinte quilômetros e teria uma altura de aproximadamente vinte e cinco quilômetros. Bem, tem outras funções aqui que vocês podem colocar. Tem umas funções aqui, por exemplo, vocês podem ver constelações, principais estrelas. Vocês podem visitar os planetas-anões, vê-los em tamanho realístico, em tamanho aumentado [o sinal bate]. Então, depois vocês acessam. Gente, muito obrigada. Até mais!	Modelo

O simulador mostrado por JOS chama muito a atenção dos alunos, principalmente por ser 3D e interativo (Figura 22). No entanto, o modelo virtual apresentado não informa num primeiro plano nada sobre medidas e escalas. A imagem inicial é a de uma representação do Sistema Solar fora de escala e que poderia induzir os alunos a interpretações equivocadas das medidas interplanetárias.

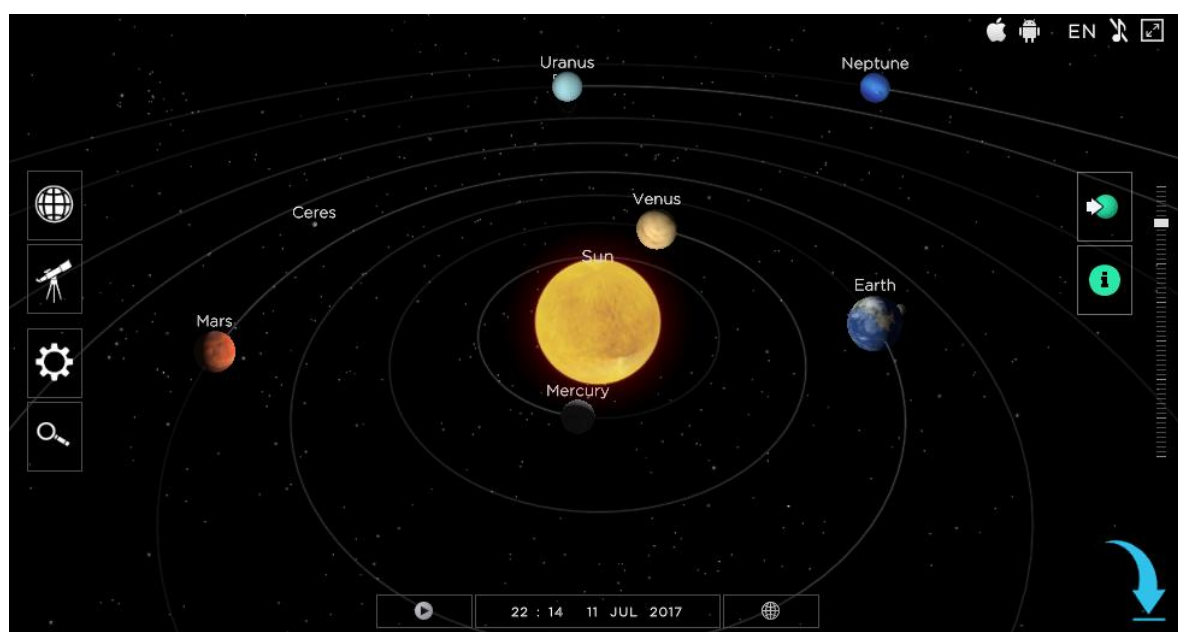


Figura 22. Modelo virtual do Sistema Solar.

Fonte: *Solar System Scope*, 2016.

A utilização de modelos é recomendada em situações de ensino para representar uma realidade (MÓL, 1999). No entanto, os modelos podem respeitar as proporções de medida dos objetos ou não, dependendo do objetivo. As licenciandas anteriormente realizaram com os alunos uma atividade de modelagem em cartolina na qual as medidas planetárias são os principais conteúdos ensinados (D3), mas depois JOS mostra um modelo computacional do Sistema Solar que desrespeita as proporções de distância. A licencianda não informou que o modelo não está em escala e não abordou medidas, exceto a do Monte Olimpo (2-5), também citado na oficina de Astronomia dos licenciandos de Física. Nesse caso, entretanto, JOS não faz nenhuma comparação ao vulcão.

6.3.1.3 Oficina de Grandiosidades da Terra no 1º C

Os licenciandos ROD, GUS, VAN e MAT do grupo Grandiosidades da Terra optaram por dar ênfase ao desperdício de comida no mundo. Para isso, propuseram problemas matemáticos relacionados às quantidades de comida desperdiçadas e à energia equivalente. Levaram quatro códigos *QR* (*Quick Response*) diferentes impressos e recortados em quatro partes e distribuíram dois deles para os alunos, que estavam já arranjados em sete grupos de cinco. Cada código montando poderia ser lido por uma câmera de *smartphone* ou *tablet* dos alunos, por meio de um aplicativo específico, revelando um problema matemático a ser resolvido, totalizando, então, quatro problemas (*ipsis litteris*):

QUESTÃO Nº 1 – São desperdiçados em média 550 Kg de alimento em cada almoço servido no RU na Universidade Federal de Viçosa. Sabe-se que a cada 1 Kg de alimento que é degradado completamente no nosso organismo são liberados 6200 Kcal de energia. A combustão de 1L de gasolina libera 7442 Kcal de energia, suficientes para que um carro popular percorra em média 16 Km. Considere que a comida desperdiçada no almoço do RU seja transformada em energia e que essa energia possa ser utilizada em um carro popular. Quantos quilômetros esse carro poderia percorrer com a comida desperdiçada no almoço durante uma semana?

QUESTÃO Nº 2 – O raio do planeta terra é de aproximadamente 6378100 m. Sabendo disso e, com base na resposta da questão nº 1, quantos dias de desperdício seriam necessários para que o carro percorra uma distância equivalente a 5 voltas na terra?

QUESTÃO Nº 3 – Considerando que um curso de graduação dura em média 5 anos e que diariamente 3000 alunos almoçam no RU todos os dias (desconsidere os intervalos, férias, feriados e finais de semana). Quantos quilos de alimento seriam desperdiçados durante a sua graduação? A conversão da comida desperdiçada em energia para movimentar o carro seria suficiente para percorrer uma distância equivalente a quantas voltas na terra?

QUESTÃO Nº 4 – Em média 3000 alunos almoçam todos os dias no RU e são desperdiçados em média 550 Kg de alimento. (a) Extrapolando a média de desperdício por aluno por dia para a população mundial, que é de aproximadamente 7,2 bilhões de pessoas, quantas toneladas de alimento seriam desperdiçados apenas no almoço em todo o planeta? (b) Considerando que uma pessoa come em média

600 g de comida no almoço, o desperdício calculado na letra (a) daria para alimentar quantas pessoas no almoço?

VAN e MAT explicaram que as partes do código *QR* deveriam ser montadas como um quebra-cabeça e que os licenciandos poderiam disponibilizar seus aparelhos celulares com os aplicativos para os grupos que não os tivessem. Os grupos montaram os códigos, fizeram sua leitura e registraram as perguntas fotografando-as. Durante o tempo da oficina, responderam apenas as duas questões primeiras. Um grupo somente respondeu a terceira. Os licenciandos assessoraram os alunos quanto à montagem e à leitura dos códigos. Quase ao final do tempo da oficina, os licenciandos resolveram explicar as questões. ROD escreveu os resultados das duas primeiras questões na lousa e foi corrigido por um aluno quanto ao resultado da segunda. Depois disso, os licenciandos falam de modo bem acelerado sobre o desperdício de alimentos em virtude de o tempo disponível ter se encerrado.

	Grandiosidades da Terra 1°C - Episódio 1	Estratégia didática
E1	VAN: Pessoal, pessoal! É um minutinho, só para a gente terminar. Esses dados que a gente recolheu do desperdício é um dado real. São jogados mesmo por dia cerca de quinhentos e cinquenta quilos.	Informação de medidas
E2	ROD: Bom, pessoal, isso aí é o que é desperdiçado no RU em um almoço. A gente não considerou o Multiuso, que a gente não pegou dados de lá. Mas, assim, a intenção era isso: mostrar o que é desperdiçado e, como a gente está trabalhando grandezas, a gente quis tentar converter isso para uma energia que um carro gasta para andar, que vocês conseguem dimensionar melhor, não é? Se eu falar que no RU é desperdiçado quinhentos e tantos quilos de comida por dia, talvez fique um pouco vago de imaginar. Agora, se eu conseguir imaginar o tanto que um carro poderia andar com essa energia desperdiçada, talvez ficasse mais fácil de imaginar o quanto a gente está desperdiçando. Então, essa foi a intenção. A gente tentou transformar a energia desperdiçada para um carro andando, por exemplo.	Cálculo de distância percorrida
E3	MAT: E não deu tempo de fazer as quatro, não é? A intenção nossa era que desse tempo de fazer as quatro e a última pergunta fala disso, de extrapolar essa média de desperdício que tem no RU para a população mundial, que é de mais de sete bilhões de pessoas. E se você extrapolar essa média de desperdício, daria para alimentar só com o desperdício do almoço no mundo inteiro daria para alimentar 2,2 bilhões de pessoas. Então, são dois continentes africanos. Então, olhem o tamanho do desperdício e olhem que número gigantesco [os alunos aplaudem e se retiram da sala].	Metonímia

A primeira questão exigia que se convertesse a quantidade de energia dos alimentos desperdiçados em quilômetros percorridos por um carro. É apenas a execução de um cálculo matemático. ROD entende que essa conversão de massa de comida para energia e de energia para distância pode facilitar o entendimento da quantidade de alimentos desperdiçados no restaurante universitário (E2). A analogia quantitativa aparece na segunda e na terceira questão

na qual a distância percorrida é comparada com a circunferência terrestre. A quarta questão pede para que se calcule o número de pessoas que poderiam ser alimentadas com uma massa equivalente à que é desperdiçada. A questão em si não exige analogia, mas MAT, ao finalizar a oficina (E3), emprega uma analogia de unidade na forma de metonímia para representar esse número de pessoas: QUANTIDADE($2 \times$ população da África) = QUANTIDADE(pessoas alimentadas).

6.3.1.4 Avaliação das oficinas de Biologia sem intervenção pedagógica

Dois dias depois da realização das oficinas na escola, os licenciandos reuniram-se com a professora de Estágio Supervisionado (PROF) e o pesquisador. A reunião aconteceu numa sala de aula do curso de Biologia e durou cerca de uma hora. Foi solicitado aos licenciandos que compartilhassem e avaliassem suas atividades. As licenciandas do grupo de Astronomia iniciaram os relatos. JOR explicou detalhadamente à turma como foram as atividades que desenvolveram.

Episódio 1 – Avaliação da oficina de Astronomia:

- F1 PESQ: O que vocês acharam da oficina? Gostaram? Deu certo? Quais as impressões que vocês tiveram?
- F2 JOS: Gostei. Os meninos foram bem ativos. Eles participaram bastante também. Tiveram poucas dúvidas durante as atividades.
- F3 PESQ: Nossa, ficou bem legal a representação do Sistema Solar. Os meninos gostaram muito de fazer, não é? E não tiveram dificuldade, não?
- F4 JOS: Não.
- F5 JOR: Eu expliquei e aí pegava os que não entenderam. E aí, depois, uma menina explicou para eles, nem eu precisei. Uma menina explicou o mais complicado. Ela mesma explicou para o resto da turma o que tinha que fazer. Eu gostei.
- F6 PROF: E tinha que passar uma informação para o outro grupo, não é? Foi bem legal aquilo.
- F7 PESQ: Então, teve trabalho em grupo e relacionando os grupos. Bacana! Aí, a pergunta: como vocês elaboraram essas atividades? Vocês criaram ou buscaram em algum lugar? Vocês usaram a estratégia do vídeo...
- F8 JOR: O vídeo, a gente pensou depois que a gente pensou no modelo. Aí, a gente pensou em procurar um vídeo que mostrasse essas relações de tamanho. Aí, a gente achou esse no *YouTube*. O simulador, JOS viu enquanto estava procurando coisas de Astronomia. Ela viu e a gente achou interessante colocar. O modelo, eu já tinha visto uma vez na Biologia. Eu já tinha visto, ele estava em cima, assim, na Biologia. E tem um artigo de um modelo também do Sistema Solar, mas era em 3D. Aí, a gente adaptou para essas cartinhas. A gente fez muitas adaptações: pensou nas cartinhas, pensou em como seria a dinâmica...
- F9 PESQ: Deu certo, então? A avaliação foi positiva?
- F10 PROF: Posso falar também? Uma coisa que me chamou a atenção é que eu não lembrava que a gente tinha colocado isso lá no saguão da Biologia. E uma coisa que PESQ chamou a atenção quando vocês estavam montando é que vocês escolheram o chão e a gente achou muito legal vocês terem escolhido o chão para fazer a representação. Ficou mais fácil de visualizar. E me chamou muito a atenção como eles participaram, não é? Porque eles precisavam fazer os planetas e as

fisionomias dos meninos, eu não sei se vocês repararam. Vocês foram entregando... Qual era o tamanho de Vênus? Era um cisquinho deste tamanho. Depois, Júpiter que é o maior?

F11 PESQ: Eles se surpreendiam. Foi legal! Deu para perceber que os quatro primeiros planetas, mais próximos do Sol, estão bem próximos mesmo entre si e os outros estão demasiadamente distantes. Muito bem! Então, qual é a estratégia, pessoal, que esse grupo usou para mostrar as medidas? É uma pergunta geral, para todo mundo. Que estratégia o grupo usou para ensinar, para mostrar as macromedidas astronômicas.

F12 TAL: Modelos?

F13 PESQ: Uso de modelos. Aquilo ali se classifica como um modelo, não é? Um modelo que os alunos fizeram. As professoras só deram os números das medidas e eles recortaram e elaboraram. Não trouxeram nada pronto. E mais uma estratégia que foi, além do modelo, um vídeo comparativo. Muito bem! *OK*. Então, foi um grupo que não teve problema nenhum, muito tranquilo. *OK*. Deu tudo muito certo. Então, a gente só tem a parabenizar a ideia de vocês e o esforço. Foi tudo bonitinho. Legal!

JOS, JOR e PROF gostaram da oficina (F1-F6). JOS afirmou que os alunos não apresentaram dificuldades em realizá-la (F4). As licenciandas tiveram a ideia do modelo em cartolina depois de terem visto um similar exposto no saguão do prédio em que estudam e de procurar em artigos (F8). Era um modelo feito por alunos de outra disciplina pedagógica de Biologia que apresentou os planetas pendurados no teto. As licenciandas preferiram utilizar o chão e foram elogiadas por PROF (F10). Depois de cogitarem o modelo, pensaram em vídeos com escalas comparativas (F8). TAL, que não é do grupo, respondeu que a estratégia que as licenciandas utilizaram é a do modelo (F12). Os licenciandos já tiveram uma aula sobre modelos durante a graduação em uma disciplina pedagógica, assim como uma aula sobre o uso de vídeos. Os saberes mobilizados, portanto, são da ação pedagógica (TARDIF, 2012) juntamente com saberes disciplinares, que, nesse caso, foram constituídos em situações não formais de ensino (pesquisas para a oficina).

Depois das falas do grupo da Astronomia, foi a vez do grupo Grandiosidades da Terra fazer o mesmo. Do grupo, até o momento, apenas GUS estava presente. O licenciando explicou aos demais a atividade de quebra-cabeça com o código *QR* e disse que se surpreendeu em saber que a maioria dos alunos já possuía o aplicativo leitor do código nos celulares. Falou das quatro questões sobre desperdício de comida e que se assustou com a quantidade de comida que é diariamente jogada no lixo no restaurante universitário.

Episódio 2 – Avaliação da oficina de Grandiosidades da Terra:

G1 GUS: E, a partir disso, a gente teve que fazer muita pesquisa. Acho que foi a única parte que deu trabalho, que foi porque a gente criou as perguntas. Eu não sei onde a gente estava com a cabeça, no final do período [*risos*]. Mas a gente não achou nada e a gente ficou aqui sentado à mesa. A gente começou a montar e relacionando com o que um quilo de comida transformada em joules e energia. A partir daí, quanto um carro gasta para andar. A gente fez umas relações legais de medida, de desperdício, de alimentação no resto do planeta, de voltas na Terra que o carro daria com aquela

- energia. Foi uma coisa, mais ou menos, assim. A gente elaborou quatro perguntas, mas nem todos os grupos conseguiram responder as quatro, mas, aí, a gente fez só com duas. Todos os grupos conseguiram achar as respostas. No final, a gente fez um debate e foi, mais ou menos, isso.
- G2 PESQ: Os seus companheiros chegaram agora.
- G3 GUS: [ROD e MAT entram na sala] Chegaram?! Urru [risos]!
- G4 PESQ: Pessoal, vocês entenderam o que foi feito, então, não é? Basicamente, tinham que fazer um quebra-cabeça, uma montagem, e responder a perguntas. E o que o aluno precisava saber para responder essas perguntas?
- G5 GUS: O que precisavam saber? De uma forma geral, calcular Regra de Três. Era muita Regra de Três só que eles tinham que usar. Que era um quilo de alimento gera tantos joules de energia. Era Regra de Três para saber quantos quilojoules anda um quilômetro. São quantos de energia que gasta de alimento? A partir daí, você jogava para descobrir quanto à taxa de desperdício, quantas voltas na Terra dava. E a gente dava os dados que eram a base, senão eles não saberiam para responder à questão. Então, foi mais ou menos isso.
- G6 ROD: Eu acho que nem tanto calcular, mas também refletir, não é? Porque as contas eram bem tranquilas. Fizeram no celular. Era mais acertar o que estava querendo ali e assimilar, não é? Porque, igual eu falei lá, quinhentos e quarenta quilos são desperdiçados por dia, mas e aí? É muito? É pouco? Aí, a gente converteu isso em energia de um carro para andar para ver quantos quilômetros eles conseguia andar. Aí, fica mais fácil de assimilar a energia que é ali desperdiçada todo dia dá para um carro andar tantos quilômetros.
- G7 MAT: E depois também, teve uma questão também que pegou a média do desperdício do RU e extrapolou a população mundial. Aí, só com o almoço, se tivesse a mesma média de desperdício, seria desperdiçado no mundo comida que dava para alimentar 2,2 bilhões de pessoas, que é duas vezes a população da África. Tamanho é o desperdício.
- G8 PESQ: Bem, e aí, pessoal, como vocês avaliam a atividade de vocês? Vocês acham que deu certo? Foi bom? Vocês gostaram? Tracem uma avaliação.
- G9 ROD: Eu acho que o código é uma ferramenta boa. Não sei se a gente encontrou a melhor maneira. Qual era o propósito do código? Era só dificultar a chegada na pergunta, mas eu acho que deu uma estimulada. E também faltou um pouco, como foi corrido o tempo, no final, fazer uma reflexão maior.
- G10 PESQ: É, faltou tempo ali. Começaram a falar quando o sinal já tinha batido, mas foi importante encerrar, não é? Vocês podiam ter ido embora sem ter falado alguma coisa... OK. E a mesma pergunta que eu fiz para o outro grupo: de onde vocês tiraram essa ideia? Como vocês chegaram a essa estratégia?
- G11 ROD: Eu tinha esse aplicativo já fazia um tempo. Uma vez, eu fiz aquele evento entomológico e aí eu coloquei esse código porque a plaquinha é limitada para você colocar informação, não é? Aí, eu coloquei o código, tipo assim: 'quer saber mais sobre esse animal, sobre esse inseto? Posicione o leitor de seu celular'. Porque aí a pessoa vê uma plaquinha, se interessou e quer saber mais, posiciona já direcionado para um site que fala mais sobre aquele inseto. Aí, eu fiz isso na plaquinha e deu certo. Aí, quando PROF falou que teríamos que fazer um elemento criativo, eu achei que ia ser isso: trazer alguma coisa que pudesse ser usada em sala. Eu pensei em fazer alguma coisa com esse código, mas o elemento criativo não tinha nada a ver. Eu entendi errado. Aí, quando veio a oficina, eu falei 'ah, vou usar esse código' e aí foi.
- G12 PESQ: Muito bem! E com relação às medidas, as grandes medidas, vocês acabaram trabalhando com grandes quantidades, não é? Que estratégia vocês usaram para melhorar o entendimento dessas medidas, para os alunos entenderem essas quantidades?
- G13 MAT: Relacionar o desperdício de comida com as voltas que o carro daria na Terra. Transformar para ficar mais fácil de assimilar.

Os licenciandos desse grupo ficaram muito tempo sem determinar sobre o que falariam na oficina e, fatalmente, quais estratégias didáticas utilizariam. ROD havia participado de uma atividade num curso de extensão no qual utilizou o código QR. Daí, teve a ideia de utilizá-lo

em outra atividade da disciplina de Estágio Supervisionado e, por fim, achou que caberia ser utilizado na oficina como forma de atrair a atenção dos alunos (G11). A inserção do código *QR* sobrepôs a preocupação com o conteúdo na oficina. O código em si não funciona como estratégia didática para as macromedidas, mas é entendido pelos licenciandos do grupo como o principal instrumento didático da oficina (G9), o que poderia ser totalmente dispensável para os cálculos das quatro questões. Por outro lado, os licenciandos entenderam que transformar a energia dos alimentos desperdiçados em voltas na Terra (G1 e G13) e comparar o número de pessoas que poderiam ser alimentadas por esse desperdício com a população da África (G7) são formas de facilitar o entendimento dos números. Tal é o objetivo das analogias quantitativas (RIGOLON, 2013). Como afirmou MAT (G13): “Transformar para ficar mais fácil de assimilar”.

Os licenciandos sentiram ter abordado apenas duas das quatro questões e não terem, inclusive, um tempo maior para discutir sobre desperdício de alimento ao final da oficina (G9). Eles mostraram muita insegurança em lidar com os cálculos, chegando a serem corrigidos pelos alunos, e em prever o tempo das atividades que propuseram.

Por fim, os licenciandos da oficina sobre o Microcosmo relataram e avaliaram as atividades que desenvolveram. ROB explicou detalhadamente sobre a ideia de informar curiosidades sobre as micromedidas em eslaides e sobre a participação dos alunos por meio das plaquinhas com as medidas dos objetos microscópicos. Disse que, ao procurar as informações sobre a parte da oficina que lhe coube, encontrou na internet ao acaso a prática que ensina a fazer um microscópio caseiro com *laser*.

Episódio 3 – Avaliação da oficina de Microcosmo:

H1 ROB: Aí, o que foi mais satisfatório foi que na primeira turma, a gente estava falando, os meninos disseram que foi a melhor aula de Biologia prática que eles já tiveram [*risos*]. Aí, nos eslaides nossos, tinham sugestões de *site* de um vídeo mostrando como fazer o microscópio e um *site* que TAL achou sobre desde a menor partícula até o maior planeta, por exemplo, até a maior galáxia. Vai passando o mouse e você vai vendo os tamanhos. E BRE achou um *site* com um jogo sobre bactérias e protozoários. Aí, vocês podem completar a parte de vocês?

H2 TAL: Foi legal, assim, ROB ter contado isso porque foi algo que eles podem fazer depois em casa, não é? É algo que não vai ficar somente lá na escola. A gente queria, de alguma forma, fazer alguma coisa prática, não é BRE? Estava faltando, assim, aquilo para dar realmente um caráter de oficina porque a gente tinha muita parte teórica, muita coisa expositiva. Aí, surgiu essa prática. Realmente, dá para eles continuar em casa ou utilizar outras vezes, então.

H3 ROB: E a questão da disputa entre os grupos, a briga dentro dos grupos: ‘não, essa medida aí é muito grande seu besta!’. Eles falavam: ‘Você não está vendo que acabou de usar essa aí?’. Eles brigavam muito, brigavam assim, não é? E acho que a hora que deu mais vucu-vucu na sala foi na hora do espermatozoide da mosca e do elefante.

H4 PROF: As imagens estavam excelentes, muito, muito boas. O *Power Point* é um desafio para nós todos. Não basta você colocar imagens lá, mas ir atrás de imagens muito boas, não é? E o primeiro eslaide de vocês era muito instigante. Vocês não comentaram e podiam comentar aqui.

H5 BRE: Na verdade, a gente estava procurando uma forma de introduzir o assunto. A gente tinha que falar um pouco sobre microescala porque talvez tivesse gente ali que não tinha noção de micrômetro e tal, não é? Então, essa introdução veio de pequenos objetos interessantes para depois introduzir esse conceito de microescala. Então, essa primeira imagem que PROF falou é uma microescultura de um carrinho de Fórmula 1 [Figura 21]. Uma impressora a *laser* que eles criaram, em 3D, e que faz essas microesculturas. Então, tinha várias esculturas: de igreja, de ponte e tal. Então, eu coloquei essa imagem desse carrinho de Fórmula 1 e perguntei qual o tamanho desse carrinho. É o tamanho de, mais ou menos, um grão de areia. Então, eu coloquei lá medidas maiores, três centímetros, cinco centímetros, para ver se enganava e tal.

Os licenciados do grupo Microcosmo atribuem o sucesso de sua oficina à demonstração final do “microscópio a *laser*” (H1), o que a teria dado seu caráter prático (H2). No entanto, em tal atividade não foi informada nenhuma medida dos micro-organismos. ROB disse que os alunos se empenharam em tentar acertar o tamanho dos objetos da apresentação (H3). Todos os alunos erraram a maioria dos tamanhos no início, mas conforme foram conhecendo as medidas, tomaram-nas como parâmetro para as perguntas subsequentes. PROF disse ter gostado da estratégia de se mostrar a miniatura do carro de corrida no primeiro eslaide (Figura 21) para chamar a atenção dos alunos para sua dimensão (H4). BRE, em seguida, comentou que isso foi para introduzir o conceito de microescala (H5): “talvez tivesse gente ali que não tinha noção de micrômetro e tal”. É o que Jones *et al.* (2013) também argumentam ao verificar que alunos e professores possuem muita dificuldade em compreender medidas extremas.

A notícia (IMPRESSORA..., 2012, p.1) da qual a imagem do carro de corrida em miniatura foi retirada e apresentada pelos licenciandos informa em seu título a analogia de grandeza empregada pelos licenciandos para dar a noção de seu tamanho (H5): “Impressora 3D cria carro de Fórmula 1 do tamanho de grão de areia”. A estratégia que a notícia utilizou para comparar o tamanho do carro acabou sendo também apresentada pelos licenciandos. Eles, por si próprios, não a entenderam como uma estratégia didática que devesse ser citada no relato. Foram solicitados a apresentá-la aos demais pela professora de Estágio Supervisionado (PROF), que acompanhou também as oficinas.

Episódio 3 – Avaliação da oficina de Microcosmo (continuação):

H6 PESQ: Foi bom! Bom, e aí, a mesma pergunta que eu fiz: como vocês criaram isso daí? Aliás, vocês buscaram em algum lugar? Vocês criaram? Como é que foi o processo de construção das estratégias aí?

H7 ROB: Criamos em discussões, não é?

H8 LEI: Discutimos bastante. Primeiro foi isso. Articular o trabalho, comparar o que com quê.

H9 BRE: Essa ideia de comparar, não é?

H10 LEI: É, essa ideia de comparação mesmo.

H11 TAL: E a gente deixou muito claro que não era para dar aula sobre o que é vírus, sobre o que é bactéria.

H12 PESQ: E aí, a pergunta: vocês acham que funcionou? Foi bom? Qual a avaliação que vocês fazem da oficina que vocês fizeram?

H13 TAL: Bom, eu acho que ainda foi muito teórico [*risos*]. Poderia ter sido menos teórico, mas eu acho que o que mais dificultou foi, realmente, que nós éramos muitos, cinco pessoas. Aí, nós tivemos que manter o tempo. São cinquenta minutos, então, dava dez minutos para cada um. Então, nós tínhamos que coordenar tudo isso. Então, e eu acho que, na hora que eles tinham que levantar a plaquinha, ficou um pouco difícil coordenar. Então, a gente, às vezes, tinha que levantar a voz um pouco mais, porque eles demoravam. Às vezes, eles não tinham certeza das respostas.

Durante o tempo em que tiveram para preparar a oficina utilizando as aulas de Estágio Supervisionado, os licenciando discutiram sobre a metodologia. Disseram que a ideia de utilizar comparações estava presente desde as primeiras conversas entre si (H8-H10). Lakoff (1993) e Ratzlaff (2011) afirmam que a analogia e as comparações em geral constituem parte dos processos cognitivos. Sendo assim, quando a ênfase está nas medidas dos objetos, como foi o caso da oficina, é natural que a comparação apareça.

Ao serem perguntados sobre a avaliação que fazem da oficina, os licenciandos não responderam de forma direta, mas as falas anteriores (H1-H3) indicam que a avaliaram positivamente. TAL, no entanto, ressaltou que a oficina foi muito teórica (H13).

Os licenciandos tinham claro que não deveriam focar a oficina em conceitos que os alunos já estudaram na disciplina de Biologia (H11). Isso demonstra que os licenciandos conheciam os conteúdos do 1º ano do Ensino Médio, assim como se vê na fala de ROB no turno C6 da oficina: “Vocês podem citar alguns [*componentes da célula*]? Vocês já devem saber de cor e salteado, não é?”. São os saberes docentes curriculares (GAUTHIER et al., 2013) que acabam facilitando a escolha de quais conceitos devem ser enfatizados em detrimento de outros que os alunos já tenham estudado mais profundamente.

Episódio 3 – Avaliação da oficina de Microcosmo (continuação):

H14 PESQ: E com relação às medidas, que, no caso, são micromedidas... Acho que vocês foram o grupo que mais trabalhou com medidas, não é? Foi bem forte em cima disso. Que estratégias? Como vocês ensinaram essas medidas para eles terem noção do quão pequeno é isso ou aquilo? O que vocês fizeram para ajudar nesse ponto?

H15 TAL: Será que a gente deixou isso claro [*risos*]?

H16 ROB: Na introdução, a gente falou até que ponto que a gente enxerga, não é isso? Até que ponto o microscópio óptico chega, até que ponto o eletrônico, não é? E aí, depois, a gente veio tentando seguir tomando como base a célula animal, que é a mais conhecida, e aí fomos derivando os outros pontos do trabalho, que são vírus, bactéria, espermatozoide e óvulo.

H17 TAL: Tentamos usar as células que eles veem, como hemácias, com mais frequência.

H18 PESQ: Então, por exemplo, vocês falavam 'cinco micrômetros'. Para um adolescente de quatorze anos, o que são cinco micrômetros? Como vocês davam essa noção?

- H19 ROB: A gente pegou o metro... É que era o metro dividido por mil, milímetro; dividido por mil, micrômetro.
- H20 TAL: É. Eu me embolei todo [*risos*].
- H21 PROF: Eles corrigiram, não é?
- H22 PESQ: Vocês tiveram dificuldades para manusear esses submúltiplos do metro?
- H23 TAL: É porque o angstrom tinha que ser por dez.
- H24 ROB: É dez! Aí, TAL não se lembrou disso. Aí, ele falou que era nove, mas eles corrigiram a gente [*risos*].
- H25 PESQ: Eu achei que o leilão [*atividade das plaquinhas*] não deixou de ser uma estratégia para ensinar medidas. Por quê? Porque eles erravam a primeira medida, OK, mas aí vocês falavam a resposta e com base em se era maior ou menor as organelas, eles iam modulando essas medidas. Eles pensavam: ‘se a célula tem esse tamanho, a célula animal, então a organela tem que ser menor’. Então, eles iam tentando administrar isso. Eles só não sabiam se era nanômetro ou micrômetro, mas eles iam trabalhando com isso. Muito bem! Então, eu só posso falar que foi muito legal. Deu tudo certo.

Por fim, encerrando a conversa sobre as oficinas, em resposta à estratégia que teriam utilizado para explicar micromedidas (H14), os licenciandos mostraram não terem elaborado de forma consciente estratégias que visassem objetivamente facilitar o entendimento das medidas do microcosmo. TAL reflexivamente se perguntou (H15): “Será que a gente deixou isso claro [*risos*]?”. A falta de destaque para estratégias que privilegiam o entendimento de medidas extremas, como as analogias quantitativas, é verificada na fala de ROB e TAL (H16 e H17). Os licenciandos afirmaram que a simples exposição de elementos celulares conhecidos, tal como bactérias e hemácias, serviria para familiarizar os alunos com as medidas microscópicas de comprimento. PESQ foi mais incisivo no objetivo de obter respostas mais precisas, perguntando como dariam a noção de cinco micrômetros a um aluno de catorze anos (H18), mas os licenciandos disseram que apresentaram os submúltiplos do metro, considerando essa ação suficiente. Inclusive, TAL reconheceu que se atrapalhou com os valores das medidas durante a oficina. O pesquisador, por fim, num raciocínio súbito sobre a atividade que os licenciandos desenvolveram (H25), afirma que o ‘leilão’ realizado (tentar acertar os tamanhos dos objetos das figuras levantando placas com medidas impressas entregues previamente) não deixa de ser uma estratégia para ensinar micromedidas, uma vez que a sequência de erros e acertos modificava o parâmetro de tamanho do objeto seguinte. Se o aluno aprendeu que a bactéria *Escherichia coli* tem mil nanômetros, perceberá que o vírus bacteriófago necessariamente deve ser um tanto quanto menor, se souber que o vírus é menor que a célula.

6.3.2 Oficinas de Biologia com intervenção pedagógica

A segunda turma de licenciandos de Biologia participou de uma série de três sessões durante as aulas de Estágio Supervisionado que compuseram a intervenção pedagógica ministrada pelo pesquisador (PESQ). Posteriormente, ministraram oficinas com os mesmos temas e na mesma escola que a turma anterior, porém para alunos do 2º ano do Ensino Médio (por questões de disponibilidade de tempo e cooperação dos professores da escola). Também participaram de um momento ulterior de avaliação. A professora da disciplina (PROF) acompanhou as sessões, as oficinas e a avaliação. Os episódios e as falas que as compõem são apresentados, transcritos aqui, de acordo com ‘seleção de material’ de Bogdan e Biklen (1994) e o ‘método para encontrar metáforas’ de Sardinha (2007).

6.3.2.1 Intervenção pedagógica

Participaram da **primeira sessão** da intervenção pedagógica 16 dos 22 licenciandos da disciplina de Estágio Supervisionado. Os alunos chegaram à sala de aula e se acomodaram. A professora pediu que dispusessem as cadeiras em ‘u’. A professora fez alguns comentários. Perguntou o nível do ânimo dos alunos ao voltarem às aulas, que responderam ser mediano. Depois dos avisos, apresentou o pesquisador e falou sobre a intervenção que seria feita com a turma para a constituição de dados da pesquisa. Salientou sobre a importância do momento para o pesquisador e a satisfação em participar de uma pesquisa em Educação.

O pesquisador apresentou-se e falou sobre seu doutorado e os objetivos de sua pesquisa. Explicou as três etapas da pesquisa (Instrução para preparo das oficinas, Aplicação das oficinas na escola e Avaliação das oficinas). Depois, explicou a importância e a necessidade do Termo de Consentimento, que foi entregue e pelos alunos assinado. Sendo assim, o tripé da câmera foi armado no canto da sala (ao lado do quadro-negro, apontada para os alunos), a câmera digital foi posicionada e ligada e o gravador de voz digital foi ligado e colocado sobre a mesa do professor no centro da sala. Em seguida, o pesquisador perguntou se havia dúvidas sobre as questões éticas da pesquisa. A professora ressaltou o anonimato das imagens. Os licenciandos arrumaram sua postura e seus cabelos e perguntaram se já estava gravando. O pesquisador sugeriu o tema das oficinas e que a turma seria dividida em três grupos.

Episódio 1 – Grandezas físicas:

- I1 PESQ: Serão oficinas sobre medidas e medidas têm a ver com grandezas físicas. É aí que eu vou precisar da ajuda de vocês. Grandeza física a gente estuda lá em Física. Pessoal, grandeza física! Eu vou começar com uma pergunta de definição para começar a conversa. O que é uma grandeza física? Por que vocês vão dar uma oficina sobre isso, então a gente tem que ter em mente bem certinho que é isso.
- I2 LUC: São unidades de medida para medir objetos, reações.
- I3 PESQ: Pessoal, já temos um primeiro palpite aí. Que grandeza física é unidade de medida. É isso? LUC já deu um palpite. Ótimo, para, pelo menos, puxar o carro. Grandeza física é uma unidade de medida?
- I4 CAR: Eu acho que sim... [risos].
- I5 PESQ: Unidade de medida! O que é unidade de medida, gente?
- I6 SIM: É algo padronizado. Litro, milímetro...
- I7 PESQ: Algo padronizado.
- I8 LUC: SIM citou uns exemplos aqui: metro, centímetro...
- I9 SIM: Milímetro.
- I10 PESQ: Essas são unidades de medida. Muito bem! E elas são grandezas físicas então? Metro, centímetro, litro...
- I11 NAN: Dá um exemplo de uma grandeza física aí. Define.
- I12 JUV: Aceleração.
- I13 PESQ: A gente tá caminhando nesse sentido ainda. Não fugimos da linha de acertos, digamos assim, tá? Tem a ver com metro, com centímetro, com litro, tem a ver com unidades de medida.
- I14 NAN: A unidade de medida é algo padronizado para medir a grandeza física, mas, em si, não é a grandeza física. A unidade de medida é usada para medir a grandeza.
- I15 PESQ: Muito bem! A unidade de medida é usada para medir a grandeza física. Ela não é a grandeza física, né? A grandeza física, em linhas gerais, olha para você ver como é redundante, é tudo aquilo que pode ser medido.
- I16 NAN: Eu me lembro dessa definição.

A estratégia do pesquisador é não informar ou definir de imediato os conceitos que julga serem importantes. Segue, dessa forma, a sessão sob o Modelo Didático de Formulação de Perguntas (LORENCINI JÚNIOR, 2000). A sequência discursiva do episódio apresenta uma estrutura comunicativa que obedece à sequência IRA (Indagação-Resposta-Avaliação) ou IRF (Indagação-Resposta-Feedback), apresentada por Bozelli (2010, p. 117): “o professor inicia o intercâmbio (I), isso ocorre frequentemente por meio de uma pergunta, a seguir o aluno responde (R) e, posteriormente, o professor faz uma análise avaliativa da resposta do aluno (A) ou um *feedback* (F)”. Sendo assim, o pesquisador pergunta (I1), os licenciandos respondem (I2, I4 e I6) e o pesquisador dá o retorno confirmando a resposta quando certa (I15), protelando a discussão quando há resposta errada (I2 e I4) ou para não dar uma resposta de imediato (I11).

Dessa forma, o pesquisador coletou informações sobre as concepções dos licenciandos sobre os conceitos abordados. Os licenciandos forneceram exemplos corretos de grandezas físicas, todas do Sistema Internacional (SI) (em ordem de aparição): aceleração, tempo, espaço, comprimento, distância, velocidade, energia, tamanho, volume, peso, massa, densidade, força, temperatura, área, pressão, concentração e potência. Apenas JUD mencionou, num

determinado momento, “metro cúbico” como exemplo de grandeza física, reforçando a ideia de que os licenciandos confundem o conceito de grandeza física com o de unidade de medida, o que corrobora os resultados de Perez (2008).

O pesquisador, posteriormente, forneceu os conceitos de grandezas básicas e derivadas (BIPM, 2014) e falou sobre as unidades de medida não pertencentes ao SI (CREASE, 2013). Os licenciandos as exemplificaram citando polegada, jarda e milha. Depois, o pesquisador perguntou sobre os múltiplos e submúltiplos do metro e os licenciandos citaram-nos corretamente em ordem decrescente, porém sem atribuir-lhes valores. A dificuldade em compreender algumas unidades de medida e de transformá-las em outras apareceu quando o pesquisador propôs ao licenciandos um exercício de dez conversões, escrevendo-os no quadro-negro. Os alunos copiaram no caderno e realizaram a atividade em dez minutos. Alguns auxiliaram os colegas próximos. O pesquisador pediu as respostas individualmente para alguns alunos e fez a correção da atividade junto com os alunos:

- a) $0,5 \text{ l} \rightarrow \text{ml} = 500 \text{ ml}$: LUC acertou;
- b) $36 \text{ g} \rightarrow \text{kg} = 0,036 \text{ kg}$: MAR fez uma casa decimal a mais;
- c) $4 \text{ km} \rightarrow \text{mm} = 4\,000\,000 \text{ mm}$: ALI e CAR fizeram em notação científica;
- d) $15 \text{ s} \rightarrow \text{min} = 0,25 \text{ min}$: LUI acertou; CAR e LUC escreveram em fração;
- e) $0,4 \text{ h} \rightarrow \text{min} = 24 \text{ min}$: ANG acertou; SIM escreveu 1,44;
- f) $3 \text{ m}^2 \rightarrow \text{cm}^2 = 30\,000 \text{ cm}^2$: SAM não fez; NAN acertou;
- g) $0,1 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{cm}^2 = \text{ELI não fez}$; BAR acertou;
- h) $8,1 \text{ m}^3 \rightarrow \text{km}^3 = 0,000\,000\,008\,1 \text{ km}^3$: JUD acertou;
- i) $8,1 \text{ m}^3 \rightarrow \text{dm}^3 = 8\,100 \text{ dm}^3$: RIN acertou;
- j) $7 \text{ L} \rightarrow \text{dm}^3 = 7 \text{ dm}^3$: Alguns achavam que m^3 equivalia ao litro.

Percebe-se pelos resultados do exercício que os licenciandos estão mais familiarizados com o metro (comprimento) do que o metro quadrado (área) e o cúbico (volume), que exigem um pouco mais de precaução nas operações de conversão. Assim como TAL, licenciando da outra turma de Biologia, alguns licenciandos tiveram dificuldades na conversões por não estarem habituados a esse tipo de cálculo. Perez (2008) verificou em sua pesquisa que até licenciandos de Matemática possuem insegurança ao ministrar conteúdos sobre unidades de medida para alunos do 6º ano. A inabilidade de alguns, portanto justifica-se.

Alguns licenciandos realizaram as conversões solicitadas pela Regra de Três (SILVA, 2008), uns multiplicando e dividindo por mil (operação aritmética; PONTE *et al.*, 2010) e outros só deslocando a vírgula nas casas decimais (enquadramento de algarismos; SILVA, 2013). Alguns usam duas dessas estratégias. O pesquisador ensinou durante a correção o

deslocamento de vírgula e a Regra de Três e lembrou que em metro quadrado são dois dígitos por casa e em metro cúbico são três (SILVA, 2013).

Na sequência, o pesquisador partiu para o conceito de Notação Científica (NAISSINGER, 2010).

Episódio 2 – Notação científica:

J1 PESQ: Vocês já devem estar acostumados, em outras disciplinas, a trabalhar com a notação científica.

É bom mexer com notação científica com alunos do Ensino Médio?

J2 LUC: Isso é cobrado no Enem, por exemplo.

J3 PESQ: É bom porque é cobrado numa avaliação oficial?

J4 LUC: Mas ele pouco usado no dia a dia.

J5 JUD: Eu acho que ele facilita enxergar.

J6 PESQ: Vocês acham que facilita? Facilita no quê?

J7 ALI: Facilita para a gente, né?

J8 NAN: Facilita quando você tem pouco espaço.

J9 PESQ: Sim. Claro que a notação facilita. Se ela não facilitasse alguma coisa, a gente não ia usar. Não é verdade? Ela facilita em vários sentidos. Primeiro: como é que eu vou escrever um bilhão em número? Um bilhão tem quantos zeros [*Escreve o número no quadro*]? Mil, um milhão, bilhão. Vocês já imaginaram se, toda vez que eu tiver de usar o número um bilhão, eu tiver que ficar escrevendo isso [*aponta para número*]?

J10 JUD: Mas ao mesmo tempo, eu falo por mim, né, eu até hoje não sei, por exemplo, dez a nove é isso. Eu sempre tenho que transformar para saber se é um bilhão, um milhão.

J11 PESQ: A notação científica vai falar para mim que isso aqui [*aponta para o bilhão*] é dez elevado a?

J12 JUD: A oito.

J13 ALUNOS: Oito. [*Logo depois:*] Nove [*falam ao mesmo tempo*].

J14 PESQ: Vamos pensar desde o começo? [*Escrevendo no quadro*] Eu tenho dez a um, que é dez. Dez ao quadrado é cem. Dez ao cubo, mil. Vocês estão percebendo que o número que está em cima da notação é o número de zeros? Então, isso aí é a primeira regrinha. Ela é bem facilzinha. Se for para transformar em notação é só contar o número de zeros. Então aqui [*aponta para bilhão*], eu tenho dez à nona.

J15 NAN: Eu achei que tinha que colocar dez vezes dez a oito.

J16 SIM: Ah, eu também!

J17 PESQ: A gente só vai pôr ‘vezes’ se aqui for outro número diferente de um. Quando é um, não precisa, mas se aqui for dois bilhões [*apaga o número 1 do bilhão e escreve 2*], vai virar dois vezes dez à nona. Então, como a gente já fez um exercício de transformação, nós vamos fazer um exercício de notação científica e, aí depois, intervalo para vocês descansarem o cérebro. Eu acho que com notação científica vocês vão se dar melhor. Vocês têm usado notação científica nas disciplinas?

J18 SIM: Não.

J19 NAN: Ai, em Química a gente usou. Física.

Respondendo sobre a utilização prática da notação científica, LUC afirma que esta é cobrada no Enem (Exame Nacional do Ensino Médio; BRASIL, 2015), mas sem uso no dia a dia (J4). NAN afirmou que a utilizou nas disciplinas acadêmicas de Química e Física (J19), enquanto SIM alegou que não (J18). JUD, ALI e NAN afirmam que a notação “facilita”

enxergar o número (J5), “quando há pouco espaço” (J8). De fato, como afirma Naissinger (2010), sua função é facilitar a escrita e o cálculo.

A licencianda JUD reconhece que possui dificuldade em lidar com a notação científica (J10): “eu falo por mim, né, eu até hoje não sei, por exemplo, dez a nove é isso. Eu sempre tenho que transformar para saber se é um bilhão, um milhão.”. E isso fica mais evidente quando JUD informa incorretamente a ordem de grandeza do bilhão (J12). NAN e SIM se equivocaram quanto ao coeficiente da notação ao pensarem que 10×10^8 seria a notação correta (J15-J16). Por essas colocações, PESQ resolveu lembrar o procedimento de transformação do número em notação científica (J14; APRÍGIO, 2015) e propõe mais uma série de no quadro-negro (J17), os quais a maioria respondeu corretamente. Provavelmente, o conteúdo referente à notação científica é algo que, por já ter sido estudo durante a vida escolar dos alunos na Educação Básica, basta ser lembrado rapidamente para o êxito em seu uso.

Depois de um intervalo de vinte minutos, os licenciandos voltaram à sala e sentaram-se novamente. Antes que o pesquisador explicasse os objetivos das oficinas e separasse os licenciandos em três grupos, uma questão interessante foi levantada.

	Episódio 3 – A primeira estratégia didática sugerida	Estratégia didática
K1	PESQ: Nós temos aqui três grupos que vão ter o mesmo problema: quão grandes são as coisas? A gente pode falar de Júpiter. Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar. Como você ensina para um aluno o quão grande é um planeta? Júpiter é grande, mas é grande quanto?	
K2	JUD: Tantas vezes maior que a Terra.	Analogia de grandeza
K3	PESQ: É. Dá para você falar que é tantas vezes maior que a Terra.	
K4	CAR: Mas eles não vão saber o tamanho da Terra.	
K5	PESQ: Mas e aí, o aluno tem noção do tamanho da Terra? Então já temos um problema. <i>OK?</i>	

O discurso reflexivo é verificado entre os licenciandos e o pesquisador no Episódio 3 quando uma das perguntas-base da oficina é apresentada (K1): “Como você ensina para um aluno o quão grande é um planeta?”. É uma pergunta inicial de cunho semelhante à segunda questão do questionário desta pesquisa, na qual 51,3% dos licenciandos de Biologia (19 de 37) afirmaram utilizar uma analogia de grandeza. Desses, 39,4% empregaram a Terra como objeto base da comparação. Da mesma forma, JUD sugeriu comparar Júpiter à Terra, mas CAR já apresentou um argumento desfavorável ao seu uso bastante importante (K4): “Mas eles não vão saber o tamanho da Terra”. Sua afirmação está de acordo com Gentner (1981) e Dagher (1995) que sempre recomendam que os objetos base das analogias sejam do conhecimento dos alunos.

PESQ concorda com CAR e diz aos alunos que já existe um problema com a estratégia didática sugerida por JUD (K5), o que precisa ser, nalgum momento, resolvido.

Depois disso, o pesquisador cita Dawkins (2001) para mostrar que o cérebro humano não foi feito para lidar com faixas de escala fora de sua percepção visual e temporal. Explica que os licenciandos terão de elaborar estratégias didáticas para que os alunos das oficinas consigam compreender essas medidas extremas: “Vamos pensar em estratégias para que os nossos alunos lá visualizem macromedidas. Vamos achar estratégias para que os alunos entendam essas medidas grandes, *OK?*”. Depois, o pesquisador pediu para que os alunos formassem três grupos e lhes informou os temas de cada oficina. Os alunos se agruparam de acordo com a afinidade que tinham pelo tema escolhido.

Durante o intervalo, os dados astronômicos da Lua foram escritos pelo pesquisador no quadro-negro, tais como distâncias da Terra (perigeu e apogeu), diâmetro equatorial, velocidade orbital, área, volume e temperatura. A partir deles, pediu sugestões de estratégias didáticas aos licenciandos.

	Episódio 4 – Estratégias para tamanho da Lua	Estratégia didática
L1	PESQ: Pessoal, então, na nossa primeira atividade, vamos pensar em estratégias para transformar um número em algo visível. É esse que é o nosso pensamento. E o primeiro exercício que a gente vai fazer é o caso da Lua. Imaginem que nós vamos dar uma aula para os nossos alunos sobre a Lua. Então, você tem que falar alguma coisa relacionada ao tamanho da Lua. A pergunta é: quão grande é a Lua? Como é que vocês explicariam para os nossos alunos esse tamanho imenso? Que estratégia a gente pode usar para mostrar um tamanho grande desse?	
L2	LUC: É, tem que relacionar com alguma coisa que eles já conhecem.	Comparação com o conhecido
L3	PESQ: Muito bem, LUC! Você relacionaria com o quê?	
L4	LUC: Com o tamanho de uma bola de futebol. Tantas vezes maior que uma bola de futebol.	Analogia de grandeza
L5	CAR: Seria legal fazer pegar como parâmetro aquilo que eles tenham noção que seja grande. SAM falou aqui um campo de futebol. Campo de futebol é grande.	
L6	SAM: Sempre na televisão, que a gente vê, eles compararam: “ah, equivale a tantos campos de futebol”.	Analogia de grandeza
L7	PESQ: É. Por que, né? Por que ninguém fala quadra de vôlei? Bom, enfim...	

O pesquisador, em nenhum momento, apresenta a analogia quantitativa como sugestão de estratégia para o ensino das medidas, mas permite que as comparações naturalmente apareçam. LUC, CAR e SAM, tão logo, recomendam que sejam feitas comparações com objetos conhecidos pelos alunos: bola e campo de futebol. LUC justifica que o objeto precisa

ser de conhecimento dos alunos (L2) e SAM, que a comparação com o campo de futebol é bastante utilizada nos programas de televisão. É o que se vê, por exemplo, como objetos-base em Ulianov (2010) e Resende (2015) e nas respostas do questionário desta pesquisa. Por enquanto, a questão do tamanho dos objetos-base sugeridos não é avaliada.

É interessante notar que não é só a internet que funciona como fonte de informações que fazem parte do repertório pedagógico dos licenciandos, como em muitas informações das episódios anteriores, mas a televisão também. A constância de analogias de grandeza que envolvem futebol na televisão foi o que inspirou SAM a contar com esse tipo de analogia como estratégia didática. As expressões empregadas pela mídia brasileira refletem aspectos da cultura brasileira e da experiência dos brasileiros com o futebol (FERREIRA; NASCIMENTO; FLISTER, 2014).

	Episódio 4 – Estratégias para tamanho da Lua (continuação)	Estratégia didática
L8	JUD: Outra coisa também é pensar na relação de escala. Pegar um objeto muito grande e comparar com um pequeno. Sei lá... Pegar uma bola de gude e uma coisa grandona para eles terem noção de proporção.	Analogia de proporção: bolas
L9	PESQ: Então já temos algumas estratégias. LUC falou para compararmos com uma bola. Comparar com uma bola é melhor ou pior do que comparar com um campo de futebol?	
L10	PAU: Eu gostei da bola por causa do formato mesmo, né, porque não é área. Mas eu acho que vai cair no mesmo problema que vai ser um número muito grande de vezes.	Bola como base
L11	PESQ: Bem, LUC falou para a gente fazer isso porque as duas são esféricas, não é? Vamos pensar na Lua como uma esfera. “A Lua é tantas vezes maior do que a bola”, essa é a proposta? Ó, eu vou pôr aqui as estratégias e depois a gente pensa junto se as estratégias funcionam ou não [escreve no quadro-negro: “ <i>tantas vezes maior que uma bola de futebol</i> ”]. Aí, SAM falou da estratégia de comparar com um campo de futebol [escreve no quadro]. A gente pode fazer essa comparação: “a Lua equivale a tantos campos de futebol”?	
L12	CAR: Ah, isso é uma área, né?	
L13	PESQ: É, aí tinha a ver com a área, né? Eu coloquei aqui o valor da área da superfície lunar [aponta para o quadro] que equivale a tantos campos de futebol. É isso?	
L14	NAN: Aí você teria que falar que andaria...	
L15	SAM: Ele caminharia tantas vezes o comprimento do campo indo e voltando de um gol ao outro...	Analogia de grandeza: campos de futebol
L16	NAN: É, você tem que falar que é de uma distância à outra, não? Aí você fala que para caminhar de uma extremidade até a outra da Lua ele teria de andar tantos campos de futebol. Entendeu? Por que, daí, eles teriam uma noção de distância.	
L17	PESQ: Hum, transformar o campo numa unidade de medida...	
L18	NAN: Linear!	
L19	PESQ: Então eu vou pôr assim [escreve no quadro]: “caminhar tantos campos de futebol”. É uma estratégia. Eu acho que não fica legal falar da área porque a gente está falando de tamanho. A gente corre o risco de	

	misturar tamanho com área, que são coisas distintas. Mas vai ter um momento para a área, né?	
--	--	--

JUD sugere o emprego de escalas. Não explicita se a comparação entre “uma bola de gude e uma coisa grandona” (L8) seria entre a Lua e a Terra, mas já apresenta uma noção de analogia de proporção. Considerando os valores da Tabela 1, para representar a proporção entre Terra e Lua, a “coisa grandona” poderia ser uma bola de árvore de Natal de 7,5 cm de diâmetro: $PROPORÇÃO(\text{bola de gude, bola de Natal}) = PROPORÇÃO(\text{Lua, Terra})$.

O pesquisador anotou no quadro-negro, mas não comentou sobre a estratégia de JUD. Preferiu debater com os licenciandos sobre os objetos-base sugeridos por LUC e SAM (L9). Imediatamente, PAU já levanta dois aspectos a serem considerados numa analogia quantitativa: a preferência por objetos-base de formato similar ao do alvo e que não demasiada e relativamente pequenos (L10). PESQ não comenta e se atém à questão do formato (L11). CAR e NAN comentam que, ao se utilizar o campo de futebol como base, poderia ser confundida a grandeza tamanho com a área (L12).

	Episódio 4 – Estratégias para tamanho da Lua (continuação)	Estratégia didática
L20	NAN: Eu fico pensando assim: se tem uma viagem que eu conheço, por exemplo, eu sei que nem todos os alunos vão conhecer os mesmos lugares. Se eu vou daqui a São Paulo, eu gasto quanto tempo? A pessoa vai olhar a estrada, saber o quanto demora, quanto é o ônibus, e associar com o tempo também. Para eu chegar daqui a São Paulo demora de ônibus, sei lá, umas oito horas.	Analogia de grandeza: viagem longa
L21	PESQ: Dez horas [risos].	
L22	NAN: Dez horas?!	
L23	PESQ: Dá de dez a doze horas.	
L24	NAN: Ou então têm essas viagens mais próximas. Quem mora aqui em Viçosa talvez conheça Ervália. “Você teria que ir a Ervália tantas vezes”.	Analogia de grandeza: viagem curta
L25	PESQ: [Escrevendo no quadro] “Comparar com distância...”	
L26	NAN: Uma distância conhecida.	
L27	PESQ: [Continua escrevendo] “...de uma viagem que o aluno tenha feito”. Acho que daqui a São Paulo dá, mais ou menos, mil quilômetros.	
L28	JUV: Setecentos!	
L29	PESQ: Setecentos? Bom, então se formos comparar com uma distância, vai dar um múltiplo dessa distância. Então dá tantas viagens daqui a São Paulo. É uma estratégia. Bom, 3 400 quilômetros não é uma coisa tão grande. Ela cabe no Brasil, não é? De uma ponta à outra ponta, dá o quê? Cinco mil quilômetros?	
L30	JUD: Daqui a Salvador já são dois mil, sei lá.	
L31	PESQ: Bom, então é uma distância que cabe no Brasil. Então não é uma distância, assim, muito estratosférica. Ela é grande, mas nem tanto. Bom, então a gente pode comparar com tantas vezes uma bola de futebol,	

	caminhar tantos campos de futebol, comparar com uma viagem. Que mais estratégias vão mostrar isso?	
--	--	--

NAN sugere, na sequência, uma analogia de grandeza que use uma viagem. Seu primeiro exemplo de base é a viagem à cidade de São Paulo [DISTÂNCIA($5,5 \times$ Viçosa-São Paulo) = DIÂMETRO(Lua)] e, depois, a Ervália [DISTÂNCIA($106 \times$ Viçosa-Ervália) = DIÂMETRO(Lua)]. A análise de NAN sobre a estratégia didática sugerida é precisa (L20 e L24): nem todos os alunos conhecem a base; associa-se a distância ao tempo de viagem para dar noção de quantidade da grandeza; viagens a cidades mais próximas têm mais chances de serem conhecidas pela maioria dos alunos.

	Episódio 4 – Estratégias para tamanho da Lua (continuação)	Estratégia didática
L32	JUD: Comparar duas coisas usuais. Eu tinha pensado em comparar uma bola de gude e, sei lá, um desenho no quadro, tipo uma escala, uma proporção.	Analogia de proporção; modelo em escala
L33	PAU: Se fosse comparar a Lua com a Terra com as bolas.	
L34	PESQ: [<i>Escreve no quadro</i>] “Proporção entre outros dois objetos?”. Isso tem a ver com escala, né? Proporção. Como a gente faria isso? Vamos pensar.	
L35	PROF: Tem uma conhecida, mas eu não me lembro do que ela representa. É da bola de futebol e o campo de futebol. Vocês se lembram disso na Biologia? Ou no átomo? Eu não me lembro se era na Biologia. Mas era nisso que você tá pensando, não é JUD?	Analogia de proporção
L36	JUD: É.	
L37	PESQ: É uma estratégia diferente. Estamos falando de uma proporção, de escalas.	
L38	JUD: É que nem ela tá falando. É comparar o diâmetro da bola de futebol com o comprimento do campo de futebol. Ver a proporção entre a bola e o campo.	Analogia de proporção
L39	PAU: Isso é legal para comparar micro, tipo o tamanho do vírus e o da célula. Acho legal comparar isso.	
L40	JUV: Mas acho que para comparar é legal pegar uma medida já conhecida, que o aluno tenha noção. Por exemplo, vai comparar um vírus com uma célula, você vai ver que proporção de um para o outro é muito grande, mas você não sabe bem o tamanho de uma célula. Você não vê. Então, acho legal assim: a Lua, o volume no caso, comparar com alguma coisa, assim, que seja esférica, mas que seja de dimensão conhecida.	Comparação com objetos conhecidos

JUD retoma a sugestão que havia dado no turno L8 de envolver bolas em proporção (L32) e PAU concorda. PROF sugere uma analogia bem conhecida dos livros didáticos de Química (L35): PROPORÇÃO(pulga, campo de futebol) = PROPORÇÃO(núcleo, átomo) (MONTEIRO; JUSTI, 2000). JUD reconhece a analogia e continua a discursar sobre sua sugestão (L36 e L38). Sendo assim, o livro didático soma-se à internet e à televisão como fontes de analogias para os licenciandos.

PAU comentou que esse tipo de comparação, a analogia de proporção, poderia funcionar bem para mostrar a relação de tamanhos entre vírus e célula. É a captação da estratégia já pensada para outros conceitos. JUV entendeu que vírus e células seriam a base em vez do alvo na analogia e argumento que os objetos-base devem ser grandes, “de dimensão conhecida” (L40). As preocupações de JUV e NAN sobre as analogias refletem as condições de Curtis e Reigeluth (1984) para a efetividade de uma analogia.

	Episódio 4 – Estratégias para tamanho da Lua (continuação)	Estratégia didática
L41	PESQ: Conhecida. Muito bem! Então, vamos supor, se a Lua tivesse o tamanho de uma bola de futebol... Nós já temos dois objetos: a Lua e a bola [<i>escreve no quadro</i>]. Numa proporção a gente tem que ter mais dois objetos. Então, ao que a gente pode comparar o tamanho da Lua? Com o quê?	
L42	CAR: Ah, é melhor comparar a Lua com a Terra.	Analogia de grandeza: Terra
L43	RIN: Mas como ele vai ter noção da Terra?	Dificuldade de noção da Terra
L44	JUD: Mas a Terra eu também acho difícil dimensionar.	
L45	PESQ: Opa, então temos um problema! Eu estou comparando com a Terra, mas o aluno tem noção do tamanho da Terra?	
L46	LUC: Não.	
L47	NAN: Dá para pôr uma bola de gude e a Terra seria algo de outro volume, não sei.	Analogia de proporção
L48	CAR: A bola do Kiko.	
L49	PESQ: A bola do Kiko é aquela bola de vinil, aquela bola de parque de exposição.	
L50	CAR: É.	
L51	PESQ: Uma estratégia é a gente comparar o tamanho entre a Lua e a Terra. Só que a gente tem um problema: o aluno não tem a noção do tamanho da Terra.	
L52	NAN: A gente tem que saber o tamanho real da Terra, fazer a divisão para ver a proporção e pegar objetos reais que tenham essa mesma proporção.	Analogia de proporção
L53	PESQ: Era aí que eu queria chegar! Muito bem, NAN! Se a gente vai comparar com a Terra, a gente tem que saber o tamanho da Terra. Então esse é o diâmetro da Terra [<i>desenha um círculo no quadro-negro</i>] e esse é o diâmetro da Lua [<i>desenha em sobreposição ao círculo anterior, com um quarto do tamanho</i>].	
L54	NAN: Ah, dá, mais ou menos, a proporção entre uma bola de futebol e uma de tênis.	Analogia de proporção
L55	PESQ: Uma de basquete e uma de tênis? Pessoal, qual vai ser a melhor maneira de a gente fazer uma coisa mais precisa?	
L56	CAR: É sabendo o diâmetro da bola.	

Os licenciandos RIN, JUD e LUC concluíram que não seria uma boa estratégia usar uma analogia quantitativa em que se comparasse a Lua com a Terra se os alunos não tiverem ideia, por sua vez, do quão grande é a Terra. Teoricamente, a base Terra é um objeto de conhecimento cotidiano dos alunos, mas o seu tamanho não. Os licenciandos chegam a tal

conclusão sem intervenção de PESQ. A resolução desse impasse seria previamente dar a noção do tamanho terrestre seja por analogia quantitativa ou outra estratégia, mas quanto a isso ninguém se manifestou.

NAN sugeriu outra analogia de proporção para Terra-Lua (L47), mas afirmou não saber quais objetos poderiam representá-la. Depois, ao ver um desenho da Terra e da Lua em escala no quadro negro, concluiu corretamente que os objetos-base que poderiam representar a proporção poderiam ser uma bola de futebol (22 cm) e uma bola de tênis (6,5 cm): [PROPORÇÃO(bola de futebol, bola de tênis) = PROPORÇÃO(Terra, Lua)].

Depois, o pesquisador volta ao problema exposto por RIN de que os alunos podem não ter noção do tamanho da Terra. Afirmou: “A gente consegue imaginar o tamanho da Terra apenas com a nossa experiência”. Recomendou que antes que se utilizasse a Terra como parâmetro de comparação, fosse dada atenção às suas medidas, principalmente à da circunferência.

	Episódio 4 – Estratégias para tamanho da Lua (continuação)	Estratégia didática
L57	PESQ: Bom, aí a gente tem que saber o valor da circunferência. Se você der uma volta ao mundo pelo Equador você vai andar quarenta mil quilômetros. É muita coisa! É uma distância muito longa. Quais são as estratégias para a gente mostrar para o aluno que quarenta mil é uma distância muito longa?	
L58	RIN: Dá vinte idas daqui para Palmas.	Analogia de grandeza
L59	PESQ: Para Palmas? Palmas fica a quantos quilômetros?	
L60	RIN: Dois mil quilômetros.	
L61	PESQ: Então, se vocês forem de ônibus daqui para Palmas, capital do Tocantins, vinte vezes, vinte viagens... Qualquer motorista de ônibus que faça essa linha já deu uma volta na Terra praticamente [risos]. Isso não é tão difícil. Para a gente seria, agora, para alguém que faz sempre essa distância, não. Um caminhoneiro...	
L62	NAN: Aí fica difícil. Se a gente pegar uma distância grande, a gente vai multiplicar por vinte. Vinte é um número fácil de entender, não é? Só que nem todo mundo foi para Palmas, não sabe o quanto demora, o quanto anda. E se a gente pegar uma distância daqui de Viçosa, do início da cidade até o final, que eles conhecem, mas aí você tem que multiplicar por um número muito grande que vai dificultar para eles depois.	Análise da estratégia
L63	PESQ: A gente tem que achar o meio termo, não é? Perfeito, NAN! Se você pega uma distância pequena para comparar, ela acaba multiplicando muitas vezes.	
L64	NAN: O que ele conhece é pequeno.	
L65	PESQ: Muito bem! Se eu falar uma medida de um quilômetro, eu vou ter que multiplicar por quarenta mil, o que perdeu sentido, né? E se eu pegar uma medida muito grande, talvez o aluno não conheça. Então, a gente vai ter que procurar um meio termo.	

É visível que NAN é a licencianda mais interessada na discussão e, portanto, mais participativa. Mais uma vez, NAN faz uma análise rigorosa sobre a estratégia de ensino e conclui que o uso de uma distância menor para comparar a uma distância global é uma ‘faca de dois gumes’ (L62): distâncias grandes são ideias para uma analogia de grandeza, porém nem todos os alunos podem conhecê-las; distâncias mais curtas são de conhecimento da maioria dos alunos, mas o número de vezes pelo qual deveriam ser multiplicadas para se equivalerem à distância maior não facilita a compreensão. Exemplificando essa situação, têm-se:

Se:

Viçosa-Palmas: 1 740 km;

Bairro Nova Viçosa a Bairro Novo Silvestre (Extremos de Viçosa): 12 km;

Circunferência da Terra: 40 075 km.

Logo:

$DISTÂNCIA(23 \times Viçosa-Palmas) = COMPRIMENTO (circunferência da Terra)$ e

$DISTÂNCIA(3\ 340 \times Nova\ Viçosa-Novo\ Silvestre) = COMPRIMENTO (circunferência da Terra)$.

Trata-se, portanto, de uma situação em que a analogia de grandeza ($a = k.b$) não funciona muito bem para dar a ideia de tamanho. A propósito, uma analogia de proporção do tipo $a:b::b:c$ daria melhor ideia da grandeza utilizando-se o tamanho da cidade: $PROPORÇÃO(4\ m, Nova\ Viçosa-Novo\ Silvestre) = PROPORÇÃO(Nova\ Viçosa-Novo\ Silvestre, circunferência da Terra)$.

Depois do levantamento de estratégias didáticas para o tamanho lunar, o pesquisador falou sobre o perigeu e o apogeu da Lua e passou para as estratégias para a distância Lua-Terra.

	Episódio 5 – Estratégias para distância da Lua	Estratégia didática
M1	PESQ: Aí, eu vou falar de distância da Lua. Dá uma média de trezentos e noventa. Vamos arredondar para quatrocentos mil para facilitar a nossa vida? É muito bom trabalhar com números redondos porque facilita tudo, não é? A Lua está a quatrocentos mil quilômetros. Como eu consigo mostrar o quão longe a Lua está da Terra? Ou quão perto?	
M2	CAR: De uma ponta de um campo até o outro.	Analogia de grandeza
M3	PAU: De um gol até o outro gol, tantas vezes.	
M4	PESQ: Vamos lá! Já temos uma estratégia. Posso falar “tantos campos de futebol”? É? Bom, nós temos quatrocentos mil quilômetros. Vocês já pararam para pensar quantos campos de futebol dão? Quanto tem um campo de futebol?	
M5	LUC: Cem metros?	
M6	JUV: Mais ou menos cem.	
M7	PESQ: Mais ou menos cem metros. E aí, a gente tem um campo que tem cem metros e a gente tem uma distância de quatrocentos mil quilômetros. Quantos campos de futebol cabem?	
M8	ALUNOS: [Após calcularem] Quatro milhões de campos de futebol.	
M9	PESQ: Então, é uma analogia boa?	

M10	ALUNOS: Não.	Descarte da analogia
M11	PESQ: Não vai funcionar falar que essa distância é igual a quatro milhões. Você vai transformar um número grande em outro grande.	
M12	PAU: É, eu não tinha noção...	

O emprego do campo de futebol como objeto-base tinha sido bastante sugerido até o momento. Os licenciandos alegaram que é algo do conhecimento geral dos brasileiros e que, portanto, serviria como um bom parâmetro de comparação. Essa insistência com o uso de um objeto relativamente tão pequeno para a analogia de grandeza só terminou quando, finalmente, os cálculos foram feitos (M8). PAU, uma das mais entusiastas do campo de futebol, afirmou com certa decepção na fala (M12): “É, eu não tinha noção...”.

	Episódio 5 – Estratégias para distância da Lua (continuação)	Estratégia didática
M13	PESQ: É, então não deu certo. Não vai dar certo. Vamos pensar em outra?	
M14	PAU: É bom pensar em uma coisa na escala de quilômetro, né.	Objeto-base grande
M15	PESQ: É, já começamos bem. Tem que ser de quilômetro para cima, pelo menos. Prestem atenção! Se for qualquer coisa de um quilômetro vai dar quatrocentos mil. Então vamos pensar em coisas maiores.	
M16	PROF: Geralmente, os nossos alunos, em algum momento, sabem que as cidades extremas do Brasil são o Oiapoque e o Chuí. Daí, assim, talvez isso já esteja registrado na mente deles. Aí a gente tem que levar o mapa para lembrá-los onde é que está e aí você já verifica a distância.	
M17	NAN: Se você falar da distância, você pode falar o que eles já viajaram. Se eu sei que são quatro mil quilômetros daqui até lá, nossa, daqui à minha casa são cento e oitenta. Nossa! Então, assim, é muito mais do que a viagem para a minha casa. Entendeu? Não sei...	Analogia de grandeza: viagem conhecida
M18	PESQ: Bom, então, você tocou num ponto legal. As distâncias terão que ser gradativas. A gente já não pode começar com quatrocentos mil. A gente tem que começar com as distâncias que eles conhecem. Aí eu consigo dar a distância do Brasil. Vai ser difícil ter alguém que já viajou pelo Brasil todo. Eles, sabendo a distância do Brasil, podem saber a do globo.	
M19	PAU: É legal não pegar um único método. Comparando os três, deu para ver a diferença. Quando vai comparando mais coisas, daí você vai tendo a noção.	Analogias múltiplas

PAU percebeu que objetos relativamente pequenos não são bases apropriadas para o funcionamento de uma analogia de grandeza (M14). PROF sugeriu que a distância Oiapoque-Chuí fosse utilizada na comparação (M16), pois os alunos poderiam estar familiarizados com ela. NAN, então, afirma que tal distância pode ser comparada com uma menor, porém conhecida (M17). A licencianda mantém desde o início seu ponto de que o objeto-base deve ser algo de conhecimento do aluno, o que vai ao encontro das premissas de Duarte (2005). Sendo assim, PESQ concorda com NAN e sugere uma gradação dos objetos da base, isto é, que

uma distância menor conhecida previamente seja comparada a distância maior que possa ser utilizada na analogia de grandeza.

PAU, finalmente, sugeriu que sejam utilizadas mais de uma distância para a comparação com a medida da circunferência terrestre (M19): “Quando vai comparando mais coisas, daí você vai tendo a noção”. Assim como Laburú, Arruda e Nardi (2003) afirmam que diferentes abordagens dos conteúdos estimulam a construção das significações, a licencianda recomenda o uso de vários objetos na analogia para que possa contemplar o maior número de alunos. A ideia de PAU se parece com o Modelo das Analogias Múltiplas de Spiro *et al.* (1989), no qual uma série de analogias podem se coadunar sucessivamente e cada uma delas é elaborada a partir de uma anterior. A partir desse embasamento, um esquema da estratégia das analogias múltiplas para a distância entre a Terra e a Lua, com base nos objetos apresentados pelos licenciandos e pela professora do Estágio Supervisionado é representada pela Figura 23.

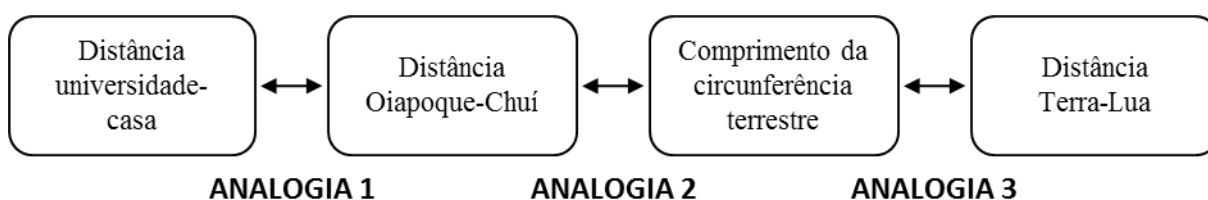


Figura 23. Esquema das analogias múltiplas para distância Terra-Lua.

Por fim, o pesquisador encerrou a sessão, explicando que uma atividade de construção de modelos ficaria para a próxima aula. A professora pediu aos alunos que levassem em conta o público-alvo das oficinas e o tempo das oficinas. Ela sugeriu que os grupos dividissem os alunos das oficinas em pequenos grupos. O pesquisador agradeceu a participação dos alunos e despediu-se. Depois, PAU disse que sempre gostou de mexer com números e que estava gostando das atividades.

A **segunda sessão** aconteceu uma semana depois e contou com todos os 22 licenciandos da turma. A sala na qual essa sessão foi realizada conta com todo tipo de material de papelaria e escritório, que podem ser utilizados pelos licenciandos. O pesquisador, justificando que serviria para melhorar a habilidade dos licenciandos em lidarem com a Regra de Três (SILVA, 2008; PONTE *et al.*, 2010), solicitou aos licenciandos que se dividissem em dois grupos e elaborassem um modelo em escala do Sistema Solar, baseado em Bellini *et al.* (2003), e um de elementos microscópicos. Para tanto, forneceu a cada um uma folha com uma lista dos objetos de cada modelo com suas dimensões reais.

Os licenciandos desenvolveram as atividades em grupo, ao mesmo tempo, o que acarretou numa grande quantidade de falas concorrentes. Além disso, os diálogos entre os participantes de cada equipe foram feitos em um volume menor de som, o que justifica a não transcrição das falas nesse momento.

Durante a confecção dos modelos, os licenciandos do Sistema Solar conversaram bastante entre si e chegaram a fazer algumas perguntas para o pesquisador. Rapidamente, as funções foram distribuídas (recortar, pintar, colar, calcular). Não tiveram problemas com os cálculos das escalas. Os planetas e a Lua foram feitos com cartolina, recortados em círculos e pintados com canetas de hidrográficas coloridas. Desse grupo, os licenciandos que erraram alguns cálculos na sessão anterior não fizeram as contas desta vez e cuidaram de outras tarefas como amarrar o barbante e fazer as marcações. Provavelmente, foi uma forma de fugirem de uma dificuldade que possuem.

O grupo teve dificuldades em escolher com qual unidade de medida trabalhariam, se metro, centímetro ou milímetro, optando por usar notação científica em centímetros. Os licenciandos tiveram dificuldades nos cálculos de Regra de Três para calcular as medidas do modelo, errando-os muitas vezes.

LUC chegou a usar, no caso da distância entre a Terra e a Lua, o termo ‘cabelímetro’, um neologismo para expressar a espessura de um fio de cabelo.

O grupo Microcosmo contou com alguns alunos que não participaram da sessão anterior sobre as possibilidades de representações de grandes e pequenas medidas. Os alunos desse grupo foram os que menos participaram com falas na sessão anterior. Resolveram representar os objetos microscópicos com recortes de cartolina colorida e colá-los no quadro-negro, onde iriam identificá-los com giz. Atrapalharam-se um pouco na conversão de subunidades do metro e não sabiam como transformar nanômetro em micrômetro. O pesquisador lhes informou sobre as unidades. Mais uma vez, houve uma situação em que a dificuldade em lidar com medidas microscópicas foi revelada.

Depois de um bom tempo, perceberam que o maior objeto (ameba de 200 μm) e o menor (aminoácido de 0,1 nm) não permitiam que todos os elementos aparecessem de uma vez numa mesma escala. A ameba ficaria muito grande, pois é dois milhões de vezes maior que um aminoácido, e não caberia no espaço do quadro-negro ou o aminoácido ficaria muito pequeno para ser representado com cartolina. Os alunos permaneceram um bom tempo tentando resolver esse impasse, mas não acharam uma solução. O pesquisador foi chamado, mas não deu a resposta, apenas devolveu a pergunta. JOA sugeriu fazer duas escalas separadas e o pesquisador o corroborou. No entanto, o grupo simplesmente iria separar os objetos em duas escalas, sem

utilizar um elemento que fosse comum às duas escalas. Não chegaram a essa conclusão, cabendo ao pesquisador dar a sugestão. Assim, os licenciandos do grupo recortaram os modelos em papel dos elementos microscópicos com formatos parecidos com os reais.

O pesquisador convidou todos os licenciandos a verem o modelo do Sistema Solar pronto na parte externa do bloco de aulas e fez algumas considerações sobre o uso de modelos em escala (FRANCISCO JÚNIOR, 2010; LANGHI; NARDI, 2012). Depois, os licenciandos se dirigiram ao interior do bloco e sentaram-se. O grupo do Microcosmo terminou de fazer as colagens dos recortes em cartolina no quadro-negro. Os alunos se atrapalharam um pouco em saber se um objeto estava na escala grande ou na pequena. Não sabiam como melhor disponibilizá-los no quadro-negro. Colaram-nos espalhados, não evidenciando quais elementos eram de qual escala. Enquanto isso, a professora sugeriu que o modelo do Sistema Solar fosse, após a aula, colado no saguão do prédio da Biologia para mostrá-lo aos demais alunos¹⁵. Os licenciandos do modelo do Sistema Solar ficaram inicialmente assustados com o que viram, pois não entenderam que se tratava de duas escalas. Fizeram algumas piadas a respeito. O grupo mostrou-se bastante perdido na apresentação das escalas.

Ao final, o pesquisador entregou aos licenciandos uma cópia do artigo de Rigolon (2013) e falou-lhes sobre o conceito de analogias quantitativas.

A **terceira sessão** da intervenção pedagógica foi no mesmo bloco de aulas e contou com catorze dos 22 licenciandos. Nessa última sessão, a professora do Estágio Supervisionado apenas deu alguns recados. Comentou sobre o modelo do Sistema Solar: “Primeiro, obrigado a LUC e JOA que penduraram as coisas no *hall* do DBG. É muito legal. Alguns fizeram comentários, acharam bacana, interessante. É muito legal esse lance da escala para a gente realmente a gente ter noção.”. Depois, citou uma lista de conteúdos de Biologia que são abordados pelos livros didáticos do primeiro ano do Ensino Médio para que os licenciandos soubessem o que os alunos com os quais fariam as oficinas já estudaram. Praticamente, foi uma certificação dos saberes docentes curriculares (TARDIF, 2012) necessários para tanto.

Depois, a professora sugeriu que os licenciandos dividissem os alunos participantes das oficinas em pequenos grupos. O pesquisador lembrou, em seguida, as grandezas físicas que poderiam ser trabalhadas e que poderiam abordar até grandes quantidades de objetos, como o número de estrelas para a Astronomia. Pediu que adaptassem as atividades em função do tempo disponível e que levassem informações interessantes.

¹⁵ Este modelo é o referido por JOR durante a avaliação da turma de Biologia que fez as oficinas sem intervenção pedagógica (F8): “O modelo, eu já tinha visto uma vez na Biologia. Eu já tinha visto, ele estava em cima, assim, na Biologia.”

A sessão estava reservada para a confecção das atividades das oficinas, porém, os licenciandos não conseguiram conectar à internet por *wi-fi*, o que inviabilizava a aquisição das medidas dos objetos que poderiam abordar. Depois que a professora saiu, os alunos pediram para ir a outro bloco da universidade que disponibilizava o sinal de internet para consultar as medidas oficiais.

O pesquisador se disponibilizou a auxiliar os grupos durante a semana, informando-os seu endereço eletrônico e números de telefone celular e residencial. Nenhum licenciando o procurou para este fim durante os outros dias. A professora da disciplina disponibilizou o artigo de Rigolon (2013) em PDF, previamente entregue na forma impressa, no sistema *online* da universidade.

6.3.2.2 Oficina de Grandiosidades da Terra no 2º A e no 2º B

O grupo da Grandiosidades da Terra ministrou sua oficina para a turma do 2º A no primeiro horário (7h00-7h50) e para o 2ºB no segundo horário (7h50-8h40). A professora de Biologia da escola fez apenas a apresentação do pesquisador (PESQ) e da professora do Estágio Supervisionado (PROF) e acompanhou as atividades com bastante atenção.

Os licenciandos iniciaram as atividades pedindo aos alunos que formassem quatro grupos com dez componentes. Os licenciandos explicaram aos alunos separadamente nos grupos o que deveriam fazer. Cada grupo recebeu uma folha com informações e figuras sobre a espécie humana (*Homo sapiens*; 1,7 m de altura, 70 kg, 22,5 km/h de velocidade e força igual a 2,3 vezes o seu peso) e mais uma dessas quatro espécies:

- baleia-azul (*Balaenoptera musculus*): 30 m de comprimento, 180 toneladas e 20 km/h de velocidade;
- besouro-rinoceronte (*Dynastes hercules*): 17 cm de comprimento, 120 g e força igual a 850 vezes o seu peso);
- falcão-peregrino (*Falco peregrinus*): 53 cm de altura, 1,5 kg, 300 km/h de velocidade;
- sequoia-gigante (*Sequoiadendron giganteum*): 84 m de altura, 6 100 toneladas, 1 500 m³ e tronco com 11 m de diâmetro.

Os alunos foram orientados a comparar os valores da espécie e os do humano. Com relação ao tamanho, cada grupo teve de fazer uma proporção da sua espécie com a representação

em desenho de um homem de dez centímetros. Informaram que bastaria fazer uma conta de proporção, uma Regra de Três. Os alunos calcularam as proporções, desenharam os modelos, recortaram-nos e colaram-nos no quadro-negro (Figura 24). A sequoia-gigante não coube no quadro-negro enquanto o besouro-rinoceronte mal podia ser visto. Para as outras grandezas físicas, não fizeram desenhos e, sim, analogias quantitativas. Desenvolveram a atividade muito bem, sem questionamentos ou objeções.

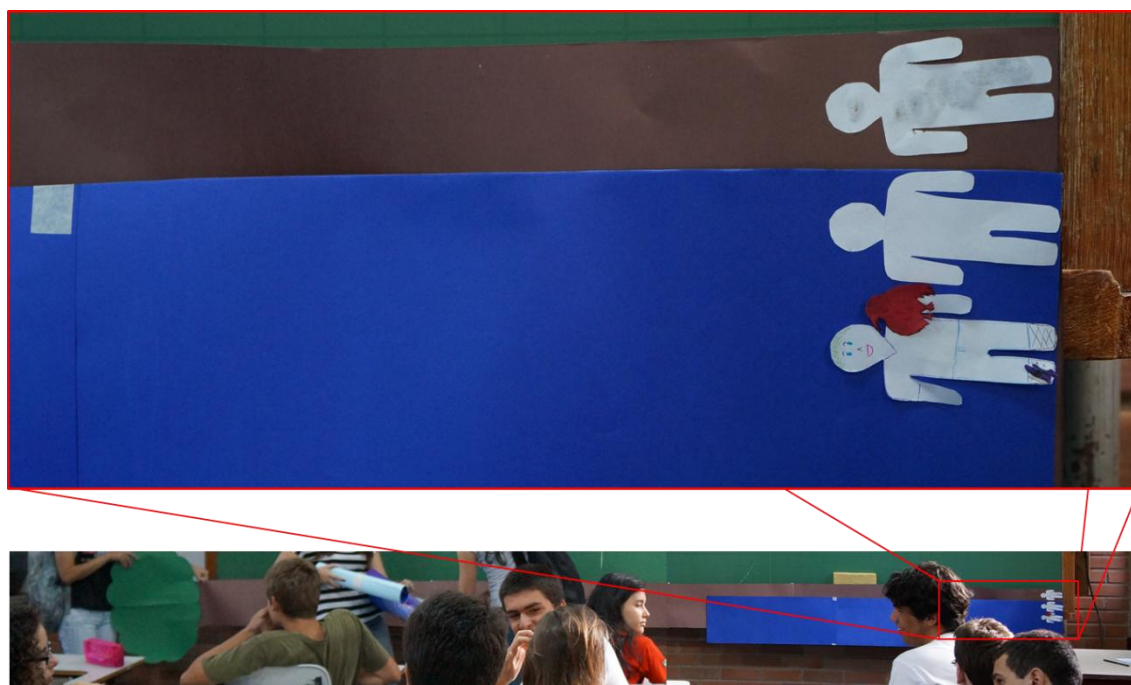


Figura 24. Representação em escala das espécies com detalhe ampliado.

Depois de prontos os modelos, um representante de cada grupo foi à frente da sala reportar aos demais alunos as comparações que o seu grupo fez. Conforme os grupos foram apresentando seus resultados, MAY fez no quadro-negro uma tabela, onde foi colocando as medidas dos desenhos em escala e as analogias quantitativas feitas ao lado.

	Grandiosidades da Terra 2ºA - Episódio 1 (Sequoia-gigante)	Estratégia didática
N1	ALU1: Vocês imaginem o que são oitenta e quatro metros, gente. É tão difícil ver... Tipo, são cinquenta homens de um e setenta. Esse aqui é o nosso homenzinho de um e setenta [<i>mostra desenho do homem de dez centímetros</i>]. Eu sei que é difícil imaginar um homem de um e setenta porque a gente tem aqui um de um e sessenta [<i>aponta para colega; risos</i>]. Essa é uma das árvores mais volumosas. Eu estou falando como se eu entendesse, mas foi a professora que me informou isso. Ela tem mil e quinhentos metros cúbicos. Isso dá quantas caixas?	Modelo em escala Adjetivação Três analogias de grandeza
N2	ALU2: De cem mil dá quinze caixas.	

N3	ALU1: São quinze caixas de cem mil litros. Aquela que você olha para baixo e vê no seu prédio, sabe? É gigante! Isso parece mais uma piscina. Eu me afogaria lá. Eu me afogo numa de mil litros.	
N4	ALU3: No meu prédio, tem duas para, mais ou menos, cem pessoas.	
N5	ALU1: Dariam três “Carandirus” ¹⁶ para chegar ao tamanho dessa árvore. Então, é bem alta.	

Além do modelo comparativo em escala, os licenciandos solicitaram aos grupos que fizessem comparações. Portanto, o grupo da sequoia-gigante fez duas analogias de grandeza para a altura da árvore e uma para o volume: ALTURA(50 homens, 3 edifícios “Carandiru” = ALTURA(sequoia-gigante); VOLUME(15 caixas de 100 000 L). ALU3, entendendo que a caixa d’água poderia não ser um objeto de conhecimento dos demais, explicou que, onde mora, duas caixas servem para aproximadamente cem pessoas.

Considerando a falta de meios para se saber a altura do “Carandiru”, nenhum licenciando corrigiu a analogia de ALU1. Essa é uma das dificuldades de se fazer uma atividade com analogias centrada nos alunos (DUARTE, 2005), pois uma concepção alternativa do domínio base, que nesse caso é a altura do prédio, pode ser incorporada ao domínio alvo.

	Grandiosidades da Terra 2ºA - Episódio 2 (Baleia-azul)	Estratégia didática
N6	ALU4: Nós vamos falar da baleia. Tipo, se a gente fosse comparar o peso de uma baleia com o peso de uma pessoa é como se fosse uma borracha de 2,8 gramas e uma cadeira de sete quilos.	Analogia de proporção
N7	ALU5: A divisão dá 2 571. Assim, para você achar o peso da baleia e do homem tem que multiplicar por 2 571. Então, isso aqui, seria, visualmente, um homem perto de uma baleia [<i>aponta para desenhos colados no quadro-negro; Figura 24</i>].	Modelo em escala
N8	ALU6: A baleia teria essa altura toda aqui e o homem ficaria muito menor. O homem seria esse bonequinho.	

	Grandiosidades da Terra 2ºA - Episódio 3 (Falcão-peregrino)	Estratégia didática
N9	ALU8: Gente, o nosso vai ser rapidinho.	
N10	ALU9: Gente, nós vamos falar da proporção entre o falcão-peregrino e nós. A parte que eu vou falar é a velocidade. Então, o falcão percorre um campo de futebol de dez metros em 1,32 segundos enquanto o homem faz isso em 17,6 segundos. E nesse mesmo tempo em que o homem percorre um campo de futebol, o falcão já percorreu 1 466 metros, o que é equivalente a 3,3 campos de futebol.	Cálculo do tempo e da distância Analogia de grandeza

¹⁶ Carandiru é o apelido dado pela população a um famoso edifício central da cidade, que na verdade possui 40 m de altura.

	Grandiosidades da Terra 2ªA - Episódio 4 (Besouro-rinoceronte)	Estratégia didática
N11	ALU10: Gente, a gente comparou a força de um homem com a força do besouro mais forte do mundo. Se o homem de setenta quilos tivesse a força de um besouro ele conseguiria sustentar cinquenta e nove carros. A altura de um homem com a altura de um besouro: o besouro é dez vezes menor.	Analogia de proporção Analogia de grandeza
N12	RIN: <i>[Finalizando a oficina]</i> Pessoal, cada um trabalhou com uma espécie diferente, mas o objetivo da oficina foi a gente trazer grandiosidades da Terra de um amaneira diferente. A gente sempre imagina que grandiosidade é a Muralha da China, mas a Biologia também tem grandiosidades. Eu adorei o “cinquenta e nove carros”. A gente não tem nem ideia do quanto algumas proporções da Terra são tão gigantes e a ideia de trabalhar com grandeza física para isso é que a gente consiga transpor o que a gente tem de mais palpável que geralmente é o que a gente tem consciência, o tamanho de um homem, de uma borracha, coisas que dá para transpor do nosso cotidiano, de certa forma, esse tipo de grandeza das Ciências Biológicas. Queríamos despertar um pouquinho da curiosidade de vocês em relação a isso porque a gente é meio apaixonada. Então, eu acho que é uma ideia bem interessante de correlacionar <i>[os alunos aplaudem e os licenciandos agradecem e saem da sala]</i> .	Comparação com o conhecido

Os outros três grupos de alunos também apresentaram analogias e falaram sobre o modelo confeccionado e colado no quadro-negro (Figura 24). ALU4 e ALU10 criaram analogias de proporção (N6 e N11): PROPORÇÃO(borracha, cadeira) = PROPORÇÃO(pessoa, baleia-azul) e PROPORÇÃO(homem, 59 carros) = PROPORÇÃO(besouro-rinoceronte, 850 besouros-rinoceronte). O grupo do falcão-peregrino, que deveria dar ênfase à velocidade, apenas comparou-o ao ser humano.

A licencianda RIN encerrou a oficina elogiando a comparação apresentada por ALU10 e comentando sobre a importância de relacionar as medidas com objetos do dia a dia dos alunos (N12).

Para a oficina do 2ºB, os licenciandos repetiram os mesmos procedimentos. Os alunos foram calorosos e desenvolveram as atividades tranquilamente sem objeções. Ao final da atividade, colaram as figuras no quadro-negro e os grupos apresentaram suas comparações para os demais.

	Grandiosidades da Terra 2ºB - Episódio 1 (Sequoia-gigante)	Estratégia didática
O1	ALU11: Essa aqui é uma árvore que se chama sequoia. Ela equivale a sessenta piscinas de vinte e cinco mil litros e o tamanho dela equivale a um prédio de vinte e oito metros ou... desculpa, vinte e oito andares e ALU12 disse que a gente pode comparar com o Morro do Pintinho. Em relação à lagoa, pelo tamanho do Morro do Pintinho. Quando você estiver no nível da lagoa, olhe para o Morro do Pintinho. Dá quantos homens?	Modelo em escala Três analogias de grandeza
O2	ALU12: Cinquenta homens, quarenta e nove homens.	

Tal como o grupo da sequoia-gigante da turma anterior, este também apresentou três analogias de grandeza (O1). Dessa vez, também, houve um objeto do domínio alvo, o Morro do Pintinho, para o qual não se havia meios de conferir suas dimensões. A propósito, da referida lagoa da universidade ao topo do morro são 109 metros de altura, 25 metros a mais que a altura da árvore.

	Grandiosidades da Terra 2ºB - Episódio 2 (Baleia-azul)	Estratégia didática
O3	ALU13: O nosso animal é a baleia-azul, que é o maior animal do mundo. E só para vocês terem uma ideia, essa fita aqui... Teve quanto?	Adjektivização
O4	ALU14: Um e setenta e seis.	
O5	ALU13: Um e setenta e seis junto com aquele homenzinho de dez centímetros. E para falar do peso, temos ALU15. Se ALU15 fosse a baleia [risos] o ser humano seria essa borracha aqui. É a proporção no Reino Animal entre ALU15 e a borracha.	Analogia de proporção
O6	PESQ: Quanto que ALU15 pesa?	
O7	ALU15: Sessenta e quatro.	
O8	ALU13: Gente, e essa fita aí representa a altura da baleia. Então, coloca-a de pé assim porque fica melhor para entender. Ela deitada assim, aquilo seria a altura da baleia. O homem perto da baleia, a baleia estaria deitada, mas seria a altura dela, entendeu. Não o comprimento, mas a altura dela. Entendeu?	Modelo em escala

	Grandiosidades da Terra 2ºB - Episódio 3 (Falcão-peregrino)	Estratégia didática
O9	NAN: Coloca o falcão perto do homem. Coloca perto para eles verem como seria a proporção de tamanho.	Modelo em escala
O10	ALU17: O nosso animal é o falcão-peregrino. Se o homem tivesse dez centímetros, o falcão teria 3,1 centímetros de altura, ou seja, o homem é 3,2 vezes maior que o falcão-peregrino. O falcão faz trezentos quilômetros por hora e o homem faz 22,5, ou seja, quando o falcão tiver feito cento e dez metros, por exemplo, um campo de futebol, o homem estaria em 7,7 metros, que dá sete por cento.	Duas analogias de grandeza Cálculo da distância
O11	SAM: Gente, e a proporção do tamanho?	
O12	ALU17: Então, o homem seria 3,2 vezes maior.	Analogia de grandeza

	Grandiosidades da Terra 2ºB - Episódio 4 (Besouro-rinoceronte)	Estratégia didática
O13	ALU18: O nosso animal é o besouro-rinoceronte que é em proporção o animal mais forte da Terra. O comprimento dele é cerca de dez por cento do comprimento, da altura do ser humano. Se o ser humano fosse tão forte quanto ele, a gente conseguiria carregar, tipo, uns dois caminhões cegonha.	Analogia de grandeza Analogia de proporção
O14	ALU19: O que é um caminhão cegonha?	

As analogias apresentadas por ALU13 e ALU18 não contiveram as medidas dos objetos do domínio base, a borracha e o colega (O5) e os dois caminhões cegonha (O13). Dessa forma, não seria possível, para os licenciandos, verificar se as comparações estavam corretas.

De acordo com Duarte (2005), os modelos de ensino em que os alunos criam as analogias contam com uma fase muito importante, a da avaliação, realizada tanto pelo professor quanto pelos alunos. Em nenhum dos episódios nas duas oficinas de Grandiosidades da Terra os licenciandos deram um *feedback* aos alunos, informando-os se suas analogias estavam corretas ou não.

6.3.2.3 Oficina de Astronomia no 2º D

Os licenciandos foram apresentados aos alunos do 2º D pela professora do Estágio Supervisionado e logo iniciaram as atividades.

	Astronomia 2ºD - Episódio 1	Estratégia didática
P1	LUC: Então, bom dia, gente! O tema escolhido pelo grupo, pela gente, foi “Astronomia: curiosidades sobre a Lua e analogias quantitativas”. O objetivo do trabalho é estabelecer e criar escalas em que o ser humano seja capaz de compreender o quão pequeno ou o quão grande é determinada coisa uma vez que a natureza nos capacitou para compreender os tamanhos aproximados ao tamanhos do corpo humano, o tamanho do nosso corpo, assim. A gente está bem acostumado com a relação de metro, de centímetro, que a gente consegue visualizar ou na ordem da noção do tempo médio que a gente vive, segundo Richard Dawkins, que é um biólogo bem famoso. Uma das estratégias que esse autor utiliza em seus livros para transformar grandes escalas em pequenas é a analogia quantitativa. Compara a proporção das medidas de dois objetos com outros dois objetos. E aí nós escolhemos a Lua. Aí, explicando como vai ser a metodologia do nosso trabalho da nossa aula de hoje. A gente vai dividir vocês em oito grupos com cinco integrantes cada e cada um deverá criar duas analogias quantitativas referentes à Lua. Cada grupo terá autonomia para elaborar as analogias que quiserem. Uma dica: abusem da criatividade. A gente vai entregar uma tabela [<i>Tabela 20</i>], que é a Tabela Inspiradora com algumas medidas de distâncias oficiais e não oficiais que aí a gente vai explicar melhor quando a gente entregar para os grupos. Deixe-me perguntar: aqui pega internet no celular?	Analogias quantitativas criadas pelos alunos
P2	ALU19: Pega.	
P3	LUC: Então, vocês vão poder consultar o celular se vocês quiserem fazer uma pesquisa sobre alguma coisa que a gente não vê ou teria. Então, vocês vão ter autonomia. Aí, antes, a gente vai trazer uns exemplos que a gente preparou para explicar o que é essa tal de analogia quantitativa. Ah, a gente tem o trabalho aqui de PESQ que se vocês quiserem, quem se interessar e quiser passar o <i>e-mail</i> para mim, eu posso passar para vocês o trabalho, para quem se interessar em ler. Chama-se “As analogias quantitativas e a nova classificação pela natureza da relação analógica”.	Sugestão de artigo

Observa-se que no discurso introdutório de LUC há muito do discurso do pesquisador proferido nas sessões da intervenção pedagógica (P1). O peso da analogia quantitativa como estratégia didática fica marcado no título da oficina: “Astronomia: curiosidades sobre a Lua e analogias quantitativas”. Entender-se-ia, por isso, que apenas analogias quantitativas

comporiam a oficina. LUC repetiu o conceito de impossibilidade de compreensão de macro e micromedidas e as ideias de Dawkins (2001) que o pesquisador abordou previamente. Inclusive, o tema da oficina, a Lua, é uma repetição de um objeto do domínio alvo que foi abordado anteriormente. Em outras palavras, os saberes docentes pedagógicos e disciplinares de LUC foram fortemente influenciados/constituídos pela ação do pesquisador. Isso é perceptível quando LUC fala aos alunos que talvez queiram ler um artigo de Rigolon (2013). Sobre situações dessa natureza, Oliveira (1993 *apud* LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003, p. 256) comenta que “é importante que o educador saiba que essa ideia de escolha entre teorias é muito arriscada. Isso pode levar a um consumo superficial da teoria tida como a melhor num determinado momento e à desconsideração de outras abordagens que poderiam ser igualmente enriquecedoras”.

DRI explicou aos alunos o que é diâmetro equatorial e escreveu no quadro-negro as medidas da Lua, do Sol e da Terra.

	Astronomia 2º D - Episódio 1 (continuação)	Estratégia didática
P4	DRI: Então é por isso que a gente pretende utilizar as analogias para conseguir ter uma noção melhor do que seria esse tamanho. Para essa analogia, o que a gente fez? A gente considerou, agora em centímetros, que é uma coisa mais palpável, para melhor percepção, não é? A gente considerou que esse diâmetro equatorial da Terra seria quatro centímetros [<i>escreve no quadro</i>]. E outra coisa: como que agora a gente vai relacionar esse diâmetro da Lua com o Sol? Visualizando esses valores aqui [<i>aponta para quadro</i>], o que a gente pode perceber? Que, aproximando, a Lua é quatro vezes menor que a Terra, não é? Então, se a Lua é quatro vezes menor que a Terra, fazendo uma relação com quatro centímetros, quantos centímetros daria esse diâmetro da Lua? Um centímetro, não é? E o Sol, quantas vezes maior que a Terra o Sol seria? Cem vezes maior que a Terra fazendo essa relação [<i>escreve no quadro</i>]. Então, considerando em centímetros, quantos centímetros teria o Sol? Quatrocentos centímetros, não é? Beleza. Aí agora, sobre a distância, o que a gente fez? A gente também vai determinar em escala para que a gente consiga perceber. Então, a gente determinou que a distância final é dez metros. Então, o Sol vai ficar em uma ponta nesses dez metros. E aí, fazendo uma Regrinha de Três... Todo mundo está acostumado aqui com a Regra de Três? Sim, não é?	Informação das medidas Escala
P5	JUD: Estão meio desacostumados porque estão começando a estudar agora de novo.	
P6	DRI: Estavam lá na vida boa, não é? Aí, a gente fazendo a relação do Sol com a Lua, a gente consegue perceber que a Lua, essa distância é de 0,02 metros, não é? Só que a gente, para medir esses 0,02 metros é meio complicado de achar na régua. Então o que a gente fez? A gente transforma esse metro em centímetros que vai dar [<i>escreve no quadro</i>] 0,000 2 centímetros. Entenderam até aqui? Explicando com número fica meio difícil, não é? Então, para vocês pegarem essa ideia do que é uma analogia, do que é você visualizar aquilo que para a gente, às vezes, é difícil, as meninas vão demonstrar um exemplo para vocês.	Modelo em escala
P7	ANG: Então, gente, ali foi estipulado que o tamanho máximo da escala seria de dez metros. Então a gente vai esticar aqui o barbante que tem dez metros.	

Os licenciandos apresentaram um modelo bidimensional feito de cartolinas recortadas e barbante para representar o sistema Sol-Terra-Lua. O modelo de dez metros não conseguiu

ficar com o barbante estendido por completo, pois a sala de aula era menor. Tentaram colocá-lo na diagonal, mas ainda assim não coube. A solução foi apresentá-lo em L, dobrando o barbante em um ângulo reto.

Com as medidas em escala no quadro-negro e o modelo, conclui-se que não é só a analogia quantitativa a única estratégia da oficina de Astronomia. Há um problema, portanto, no conceito que os licenciandos desse grupo demonstraram ter sobre analogias quantitativas. DRI afirmou que utilizariam “analogias para conseguir ter uma noção melhor do que seria esse tamanho” (P4) e para os alunos “pegarem essa ideia do que é uma analogia” (P6). Em um momento depois, JUD exclamou: “Aí, gente, agora, eu acho que as analogias são uma forma muito legal de a gente perceber o ambiente”.

Depois da apresentação do modelo, os alunos se agruparam em oito grupos de cinco. Os licenciandos disponibilizaram para cada grupo de alunos uma folha de papel, denominada “Tabela Inspiradora”, contendo informações sobre várias medidas de objetos conhecidos e desconhecidos pelos alunos (Tabela 20). Nessa folha, também havia esquemas de conversão de unidade de quilômetro quadrado (km^2) em hectare (ha), tonelada (t) para quilograma (kg) e atmosfera física (atm) em newton por metro quadrado (N/m^2). Entregaram também uma folha com informações sobre as medidas da Lua retirados da internet. Depois de explicado, pediram aos alunos que elaborassem analogias quantitativas para as medidas da Lua, podendo ou não utilizar as medidas informadas na Tabela Inspiradora.

	Astronomia 2º D - Episódio 2	Estratégia didática
P8	JUD: Já se formaram os grupos? Então olha só, a gente tem dois materiais aqui. Um material trás algumas informações sobre a Lua como a sua densidade, a sua massa, a temperatura, a área de superfície, quando ela foi descoberta e a outra tabela é outra folha que é uma tabela que se chama “Tabela Inspiradora” porque nela a gente trouxe algumas distâncias conhecidas. Por exemplo, quem já ouviu falar que vai ser construída aqui em Viçosa um mineroduto? Alguém já ouviu falar [<i>alguns alunos levantaram a mão</i>]? Pois é, é bom que vocês expliquem para os seus colegas aí o que é um mineroduto.	Sugestão de objetos-base
P9	ALU20: Eu só ouvi dizer que teve altas tretas [<i>risos</i>].	
P10	JUD: Por exemplo, olha, a gente foi lá, pesquisou e viu que o tamanho do campo do mineroduto, que vai sair transportando minério de Congonhas até o Espírito Santo, tem quatrocentos quilômetros de extensão. Então, a gente falou assim “ai, a gente podia trabalhar com algumas medidas conhecidas como um campo de futebol, o tamanho da bola de futebol”, mas a gente pensou “não, vamos tentar trabalhar com coisas diferentes”. Por isso que é a “Tabela Inspiradora”. A gente buscou esses tipos de medidas como a extensão do mineroduto, o tamanho da favela da Rocinha. Quantos mil habitantes têm na favela da Rocinha, não é? Então, assim, são informações diferentes, não é? Porque aí a ideia é que vocês usem as medidas daqui ou vocês pesquisem aí também. Nem precisa pesquisar porque, às vezes, vocês querem saber de alguma coisa que vocês já têm em mente, não é? Façam os cálculos em relação às medidas da Lua, beleza? É para três analogias. Vocês vão ter a tabela, que pode ser utilizada ou não e vocês vão relacionar com as medidas da Lua fazendo	Justificativa dos objetos-base

	três analogias. Aí vocês ficam livres para construir essas analogias, beleza? Vocês entenderam mais ou menos?	
P11	LUC: Por exemplo, a distância é igual à extensão do mineroduto.	Analogia de grandeza
P12	JUD: Isso! Eu não terminei de concluir sobre o mineroduto.	
P13	LUC: Por exemplo, daqui até à Lua, seriam quantos minerodutos construídos? Assim, a distância daqui até a Lua dá um número de minerodutos que são construídos ou quantos habitantes dá na área da Lua, por exemplo. Quantas favelas da Rocinha, por exemplo, cabem na Lua. Algumas analogias só para a gente ter uma ideia melhor.	Analogia de grandeza
P14	JUD: Por exemplo, aí tem o tamanho da Terra e o tamanho da Lua. Aqui tem, por exemplo, uma bola de tênis e uma bola de basquete. Será que elas se equivalem em relação ao tamanho da Lua e o tamanho da Terra? Então, vocês vão tentar criar essas relações e, aí depois, cada grupo apresenta rapidinho um para o outro o que fez no final da aula. Tudo bem? Aí, a gente vai acompanhar os grupos para ajudar aí quanto às analogias.	Analogia de proporção

Tabela 20. ‘Tabela Inspiradora’: medidas de objetos diversos escolhidos pelos licenciandos de Biologia da oficina sobre Astronomia.

Objeto	Grandeza	Medida
Maior latifúndio do Brasil	Área	12 713 819 ha
Mineroduto <i>Ferrous</i> (MG-ES)	Extensão	400 km
Rio Amazonas	Extensão	6 992,06 km
Favela da Rocinha, RJ	População	70 mil habitantes
Favela da Rocinha, RJ	Área	143,72 ha
Fóssil hominídeo mais antigo (<i>Sahelanthropus tchadensis</i>)	Anos	7 milhões
Avião comercial	Velocidade	900 km/h
Som	Velocidade	340 m/s
Piscina olímpica	Volume	2 500 m ³
Viçosa	Área	299,397 km ²
Viçosa	População	73 333 habitantes
Viçosa (em 8 fev. 2014)	Temperatura	32 °C (máxima)
Viçosa-Belo Horizonte	Distância	230 km
Transposição do rio São Francisco	Extensão	700 km
Represa da Usina Hidrelétrica de Belo Monte	Área	516 km ²
Desperdício de alimento no Brasil (em média por ano)	Massa	1,3 t
Camada de pré-sal	Profundidade	7 000 m
Oceano sobre a camada de pré-sal	Pressão	200 atm
Terra	Diâmetro	12 742 km
Bola de tênis oficial	Diâmetro	23 cm
Bola de basquete oficial	Diâmetro	6,5 cm
Raio da destruição da bomba atômica	Comprimento	2 km

Fonte: Licenciandos ANG, BAR, DRI, JUD, LUC, MAR e SIM.

Segundo Sardinha (2007), as metáforas refletem as experiências acumuladas das pessoas. Ainda de acordo o autor, as metáforas são culturais. Por sua semelhança com as metáforas, as analogias também mostram as experiências e a cultura de quem as utiliza. Os objetos do domínio base acabam sendo expressões dos saberes disciplinares do educador. Tardif (2012) também afirma que os saberes docentes provêm, dentre várias fontes, da cultura pessoal. A Tabela Inspiradora (Tabela 20) construída pelo grupo da Astronomia conta com vários

objetos envolvidos em embates político-sociais que estavam em voga naquele momento da história regional e nacional: latifúndio, mineroduto, favela, transposição do rio São Francisco, Usina Hidrelétrica de Belo Monte e camada pré-sal. Por LUC e JUD serem ativistas de movimentos político-sociais universitários, suas experiências militantes emergiram nos objetos base sugeridos. JUD falou sobre o mineroduto que estava para ser construído e que iria passar pelo município (P8) e LUC completou que os alunos poderiam utilizar sua extensão como comparativo à distância Terra-Lua (P11). Os licenciandos também sugeriram que a favela da Rocinha, no Rio de Janeiro, fosse empregada como base para uma analogia de grandeza com a área da Lua.

JUD argumentou que a favela e o mineroduto poderiam ser alternativas para as bases das analogias, em vez da bola e do campo de futebol (P10), tão utilizados pelas analogias da mídia brasileira (FERREIRA; NASCIMENTO; FLISTER, 2014). No entanto, não justificou o porquê desse uso “diferenciado”. A questão didática a ser analisada, sobretudo, é se os objetos sugeridos são apropriados para uma analogia quantitativa. As citadas bolas de tênis e de basquete provavelmente são do conhecimento prático dos alunos, mas a maioria dos objetos certamente não. Segundo Curtis e Reigeluth (1984), tais objetos mais complexos deveriam ser explicados antes de usados numa analogia. A extensão do rio Amazonas, por exemplo, mereceria ser informada junto a uma estratégia didática para dar a noção de seus quase sete mil quilômetros aos alunos.

Depois de dez minutos da atividade, os alunos foram solicitados a apresentar as analogias desenvolvidas pelos grupos.

	Astronomia 2º D - Episódio 3	Estratégia didática
Q1	ALU21 [<i>do Grupo 1</i>]: Então, entre a Terra e Lua há 961... há 961 minerodutos de distância. Um avião comercial demoraria cerca de 1 624 horas ou 69 dias para viajar da Terra para a Lua e o diâmetro da Lua tem cerca de 2 316 000 ALU22 [<i>risos</i>].	Duas analogias de grandeza Cálculo do tempo gasto
Q2	JUD: Tem que levantar para a gente ter uma noção, não é?	
Q3	ALU21: Levante aí [<i>risos</i>].	
Q4	JUD: Qual é a sua altura?	
Q5	ALU22: Um metro e meio.	
Q6	ALU23 [<i>do Grupo 2</i>]: Haveria 923 cidades como Viçosa na superfície da Lua. São necessárias, aproximadamente, quatro mil bombas atômicas para destruir a superfície da Lua. São necessárias 961 minerodutos para se chegar até à Lua.	Três analogias de grandeza
Q7	ALU24[<i>do Grupo 3</i>]: É... Nós vamos falar a distância da Lua em litros de Brahma [<i>risos</i>].	Analogia de grandeza
Q8	17-19 JUD: E dá quantos?	

Q9	ALU24: 132 551 724 [risos]. Quantidades de favelas da Rocinha que cabem na Lua: 26 392 594,8 [risos]. A distância equatorial da Lua é 15,107 82 vezes a distância entre Viçosa e Belo Horizonte [risos].	Três analogias de grandeza
Q10	ALU25 [do Grupo 4]: A distância... A distância da Lua para a Terra, adotando ALU26 como referência, dá sete bilhões... 7 289 142 ALU26 [risos]. Caberiam, como eles já falaram, na Lua 26 392 594,8 Rocinhas.	Duas análogas de grandeza

A quantidade de minerodutos necessários para se equivaler à distância Terra-Lua foi demasiada grande (Q1 e Q6). O mineroduto já não é um objeto muito conhecido e o coeficiente de multiplicação também não ajudou à compreensão da medida. O tempo que o avião gastaria para percorrer essa distância está incorreto (deveriam ser 427,1 horas ou 17,8 dias), assim como o número de cidades equivalentes à área da superfície lunar (deveriam ser 126 688 cidades) e o número de bombas para destruir a superfície da Lua (um raio de 2 km dá uma área de 12,56 km²; logo deveriam ser mais de três milhões de bombas). Os licenciandos não verificaram se as analogias feitas pelos alunos estavam corretas ou não.

O aluno ALU24, representante do terceiro grupo, desenvolveu sua parte de uma forma demasiadamente jocosa e pela qual não foi coibido pelos licenciandos (Q7 e Q9). O objeto escolhido para a analogia quantitativa foi uma garrafa de cerveja, que não é ideal para tal propósito por ser relativa e extremamente pequeno em relação à distância Terra-Lua e por seu conteúdo não ser legalmente condizente com a idade dos alunos e o ambiente escolar. Lembrando que as analogias mostram experiências pessoais de quem as faz (SARDINHA, 2007), uma garrafa de cerveja como objeto analogados pode sugerir um panorama preocupante. No mais, considerando uma garrafa de 25 cm de altura, a analogia está incorreta (deveriam ser mais 1,5 trilhões de cascos).

	Astronomia 2º D - Episódio 3 (continuação)	Estratégia didática
Q11	ALU26 [do Grupo 5]: Cabem nove vírgula [risos]... Cabem 9,18 vezes dez elevado a vinte pessoas na... 9,18 vezes dez a vinte pessoas de peso médio de oitenta quilos têm o peso igual à Lua. O volume da Lua é igual também a 2,4 vezes dez elevado a treze bolas de basquete e, por ano, na Lua, é produzido exatamente zero vezes a quantidade de lixo que é produzido no Brasil [risos].	Notação científica Três analogias de grandeza
Q12	ALU27 [do Grupo 6]: A distância entre a Terra e a Lua, o som demora cerca de quatro horas para atravessar e o volume da Lua corresponde a 8,8 vezes dez a quinze piscinas olímpicas e cabem 126 658 Viçosas na área da Lua.	Cálculo do tempo gasto Duas analogias de grandeza
Q13	ALU28 [do Grupo 7]: Cabem na Lua 26 392 590 favelas da Rocinha, aproximadamente.	Analogia de grandeza

Q14	ALU20 [<i>do Grupo 8</i>]: A área... A área da Lua é equivalente a 333 campos de futebol. A população da Lua é de setenta mil habitantes a menos do que a comunidade da Rocinha [<i>risos</i>]. A temperatura máxima da Lua é cerca de 3,5 vezes maior do que a de Viçosa.	Analogia de grandeza
Q15	JUD: Gente, olha só! Eu quero que vocês me falem qual analogia que vocês se lembram do outro grupo? Uma analogia que vocês lembram, assim, que gravou na cabeça [<i>todos falam ao mesmo tempo e o soa o sinal do fim da aula</i>]. Olha só! Rapidinho, gente! Só para... Gente, rapidinho... Olha só! Um número que ficou na minha cabeça que foi o 68 dias. Vocês perceberam que fazer analogia com coisas muito pequenas não muda muita coisa? Fica 9,18 vezes dez a vinte. É um monte de zero que a gente não tem nem noção do que é, assim, né. Então, às vezes, quando a gente vai construir analogias, a gente tem que pensar muito bem o número que a gente vai relacionar porque a gente consegue ter noção do que é nove vírgula dezoito vezes dez a vinte pessoas de oitenta quilos na Lua? Não que não tenha sido legal. Foi legal também, mas, assim, é que quando a gente for fazer analogias, tentar sempre buscar números pequenos. Sessenta e oito, quatro horas, dá para a gente ter noção, beleza?	Quantidade de algarismos não funciona Objetos devem ser maiores

ALU26 utilizou notações científicas em suas respostas (Q11) em função da grande coeficiente multiplicativo dos objetos-base (pessoas e bolas de basquete). Desde o grupo anterior, as respostas fornecidas partiram para um tom de gracejo acompanhada de risadas: ALU26 informou que o volume de lixo produzido na Lua é zero e ALU20, que a população lunar é nula. Os gracejos não foram inibidos pelos licenciandos. No mais, os grupos 7 e 8 (Q13 e Q14) não calcularam as equivalências da área da Lua. O que se vê, nas falas dos últimos quatro alunos representantes, já é algum cansaço em relação à dinâmica da atividade e certa falta de empatia para com os licenciandos e os objetivos da oficina.

Devido à falta de tempo, JUD tentou retomar algumas comparações, mas não conseguiu (Q15). Disse que “68 dias” foi uma medida marcante para si, mas, no entanto, tal número não foi citado pelos alunos em nenhum momento [talvez os errôneos “69 dias” citados por ALU21 (Q1)]. Tentou chamar a atenção dos alunos para os seus poréns com relação às “coisas muito pequenas” e ao “monte de zero” dos números que apareceram nas analogias quantitativas. A licencianda finaliza a oficina entendendo que o objetivo de dar uma noção melhor às medidas astronômicas não foi alcançado: “Não que não tenha sido legal. Foi legal também, mas, [...]”.

6.3.2.4 Oficina de Microcosmo no 2º C

Por último, o grupo que abordou conceitos do Microcosmo desenvolveu sua oficina na turma 2º C. Antes de começar a oficina, os licenciando conversaram com a direção da escola

sobre a possibilidade de ministrá-la no pátio central. O pátio tem uma depressão em forma circular no centro, ladeada por escadas, onde os alunos costumam passar sentados no intervalo das aulas. O círculo serviria para fazer uma grande representação de uma célula eucariótica. O pedido foi negado e justificado pela péssima acústica do lugar, que não favoreceria a oficina e poderia atrapalhar as demais turmas. Portanto, os licenciandos desse grupo optaram por deixar, de antemão, objetos dentro do círculo que representavam estruturas celulares e foram devidamente identificados com folhas de sulfite escritas com caneta hidrográfica.

Na sala de aula, os licenciandos pediram aos alunos que montassem um modelo de célula no quadro-negro. Cada grupo recebeu uma folha contendo uma tabela com medidas médias das organelas celulares e foram-lhes designadas duas organelas para serem desenhadas e recortadas na proporção de uma representação de célula de um metro de diâmetro aproximadamente. Os grupos assim fizeram e colaram as organelas no quadro-negro dentro de um círculo previamente desenhado por um licenciando (Figura 25).

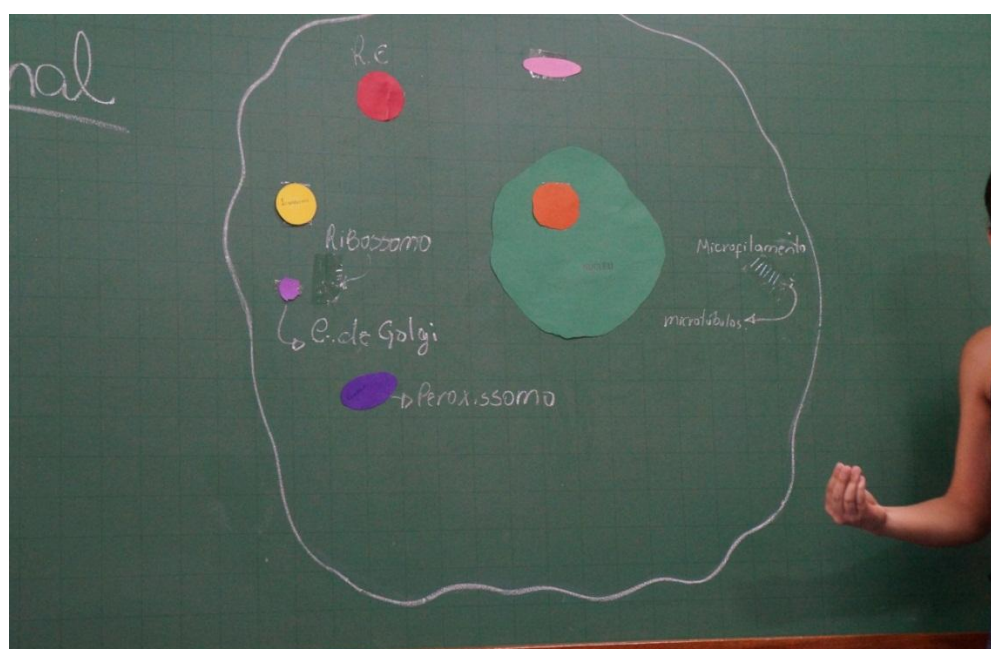


Figura 25. Modelo da célula animal em escala no quadro-negro.

Em seguida, os licenciandos explicaram o porquê da atividade. Os licenciandos já possuíam os valores das medidas em escala das organelas celulares para correção.

	Microcosmo 2°C - Episódio 1	Estratégia didática
P1	ELI: Toda vez que a gente desenha uma célula no quadro, a gente não leva em consideração essas medidas [aponta para o quadro-negro]. Só para vocês verem a diferença entre a mitocôndria, o retículo endoplasmático,	Modelo em escala

	lisossomo, peroxissomo, complexo de Golgi, ribossomo, microtúbulo, microfilamento e, aqui, um pontinho pequenininho, mal dá para ver ele...	
P2	ALU29: Eu não estou vendo nada.	
P3	ELI: É um pontinho bem pequeno. Se alguém quiser chegar aqui para ver. Olha só a diferença do tamanho. Quando a gente vai desenhar, a gente desenha tudo do mesmo tamanho, não é? Geralmente.	Modelo em escala
P4	PAU: O que a gente queria representar nessa célula aqui? Como os meninos falaram, muitas das vezes, as dimensões reais, a gente não tem muita noção, não é? Aqui, por exemplo, a membrana plasmática a gente desenhou aqui, mas vocês estão com a tabela aí. Falem para mim, qual é o valor que está aí na tabela? Membrana plasmática. No tamanho relacionado aqui com a célula do meio.	
P5	ALU31: Ah, 0,03 centímetros.	
P6	PAU: 0,03 centímetros! O que a gente representou aqui não estaria na mesma proporção dessa célula aqui, das organelas [<i>aponta para representação no quadro-negro</i>]. Seria bem menor. Fala a analogia da bolsinha [<i>direcionando-se a ELI</i>], pega sua bolsinha.	Modelo fora de escala
P7	ELI: [<i>Pegando um estojo</i>] Para vocês terem uma noção do quanto que a membrana é fina, se a membrana tiver a espessura dessa bolsinha, a célula tem 277 metros. O Mineirão, vocês conhecem o Mineirão? Ele tem cento e cinco metros. A célula é maior do que o Mineirão se a membrana tivesse sete centímetros [<i>mostra o estojo novamente</i>]. Ela é bem fininha.	Analogia de proporção Adjetivação
P8	PAU: E aí, a gente pode pensar em outras coisas. Aí na tabela, a gente colocou o tamanho de um leucócito e também o tamanho de um vírus HIV. A gente, quando vê nos livros o desenho de um vírus, eu desenharia um vírus aqui no quadro, se estivesse dando uma aula para vocês, desenharia grande para ser didático, não é? Mas se a gente for calcular o tamanho de um vírus comparando com o leucócito, a gente poderia, para ter uma real dimensão da diferença de tamanho, o leucócito seria comparado a um prédio de cinco andares com uma formiga.	Analogia de proporção
P9	ELI: Um centímetro!	
P10	PAU: Um centímetro. Não, espera aí. Cadê a... Ai, perdi. Não é um prédio de cinco andares, não. São cento e sessenta metros. Eu falei de dezesseis metros. Seriam quatro Cristos Redtores. O Cristo tem quarenta metros de altura. O diâmetro do leucócito seria de quatro Cristos Redtores empilhados um em cima do outro. E o vírus seria do tamanho de uma formiga de um centímetro. Então, a gente tem a noção do tanto de vírus que poderiam entrar no leucócito, não é?	Correção da analogia de proporção
P11	NAY: Quando a gente desenha na célula, geralmente, com cinco vírus a gente lota uma célula. Nos desenhos que a gente já viu nos livros, tem uns cinco, seis, no máximo, seis vírus dentro de uma célula. E olha o tanto de Cristo Redtor para uma formiga. Será que cabem só quatro formigas lá dentro?	

O modelo da célula animal feito com giz e recortes de papel colados no quadro-negro é um exemplo de muitos objetos microscópicos que não conseguem ser representados com seus detalhes na mesma escala de sua totalidade. ELI mostrou que o ribossomo, na célula de um metro, é apenas um pontinho que mal podia ser visualizado (P1), como confirmou ALU31. Essa característica é abordada por PAU ao explicar que determinadas estruturas celulares ainda não conseguiriam ser representadas fielmente à escala naquela proporção, pois são muito pequenas.

O modelo, então, deveria ser maior. PAU solicita a ELI que exponha uma analogia de proporção previamente elaborada, pois o risco de giz ainda estaria muito espesso para representar a espessura da membrana celular: PROPORÇÃO(bolsinha, estádio Mineirão) < PROPORÇÃO(membrana celular, célula).

Mais uma vez, um elemento futebolístico é utilizado como objeto do domínio base, reforçando a presença do futebol na cultura local (FERREIRA; NASCIMENTO; FLISTER, 2014). O Estádio Governador Magalhães Pinto, popularmente conhecido como Mineirão, fica em Belo Horizonte, capital de Minas Gerais. É o maior estádio do Estado, com 272 metros de comprimento. Muitos licenciandos, de Biologia e de Física, da universidade mineira o referenciaram em suas estratégias didáticas apresentadas no questionário. No entanto, cerca de 10% das justificativas se referenciavam ao fato de que nem todos os alunos conhecem determinado estádio pessoalmente. Sobre o Maracanã como base, o licenciando BMG12, no questionário, afirmou: “Acho que ficou vago se a referência era só o gramado do estádio ou o Maracanã como um todo, [...]”. Vaga também foi a afirmação de ELI sobre o tamanho do Mineirão. A licencianda se refere ao estádio como um todo (272 m), mas apresenta a medida de comprimento do campo (105 m). Portanto, a falta desse esclarecimento pode desenvolver concepções alternativas tanto do domínio alvo (proporção entre membrana celular e célula) como do domínio base (medidas do Mineirão).

PAU apresenta mais um exemplo de analogia de proporção (P8) e logo em seguida corrige o objeto base: PROPORÇÃO(formiga, 4 × estátua do Cristo Redentor) = PROPORÇÃO(vírus, leucócito). O mesmo problema com a analogia do Mineirão reaparece. A estátua do Cristo Redentor, no Rio de Janeiro, tem trinta metros de altura, sem contar os oito metros do seu pedestal, que totalizariam 38 metros. Portanto, a altura de 40 m informada pela licenciando está incorreta. Há a questão ainda de os alunos não conhecerem a estátua.

A licencianda afirmou (P8): “A gente, quando vê nos livros o desenho de um vírus, eu desenharia um vírus aqui no quadro, se estivesse dando uma aula para vocês, desenharia grande para ser didático, não é?”. ELI, de modo parecido, havia dito (P1): “Toda vez que a gente desenha uma célula no quadro, a gente não leva em consideração essas medidas”. É possível perceber que, segundo as licenciandas, muitas vezes as dimensões dos objetos são negligenciadas em suas representações para que sejam didáticas. Afinal de contas, não seria prático ensinar reprodução viral com célula e vírus na mesma escala. No entanto, sobretudo, informar sobre a não utilização da escala, seria uma questão a ser, ao menos, citada pelos professores em suas aulas.

Depois da apresentação do modelo celular, os alunos, divididos em grupos, receberam os papéis com analogias quantitativas quase prontas. Essas analogias continham três elementos, cabendo aos alunos completarem o quarto elemento com algum objeto conhecido que obedecesse à proporção solicitada. É uma atividade de proporção do tipo “problema do valor omissso” (LESH; POST; BEHR,1988), no qual há uma relação $a/b = c/d$, um dos valores não é informado. Os licenciandos, assim, instigam os alunos a desenvolverem analogias de proporção ($a/b = c/d$) em vez de analogias de grandeza ($a = k.b$). Cada papel continha uma frase diferente que obedecia a seguinte estrutura: “Se a espessura da membrana plasmática, que tem 0,009 micrômetros, fosse seu caderno, que tem (?) centímetros, a célula deveria ser do tamanho de (?), com (?) metros.”.

Os alunos desenvolveram a atividade sem dificuldades e sem solicitar ajuda com as contas. Ao concluí-la, um representante de cada grupo apresentou aos colegas as seguintes analogias:

- ALU32 (Grupo 1): PROPORÇÃO(caderno, 18 piscinas olímpicas) = PROPORÇÃO(membrana plasmática, célula);
- ALU33 (Grupo 2): PROPORÇÃO(bola de futebol, mindinho) = PROPORÇÃO(núcleo, nucléolo);
- ALU34 (Grupo 3): PROPORÇÃO(bola de futebol, lixeira) = PROPORÇÃO(lisossomo, célula);
- ALU36 (Grupo 4): PROPORÇÃO(sala de aula, três cabeças de ALU38) = PROPORÇÃO(célula, peroxissomo);
- ALU38 (Grupo 5): PROPORÇÃO(estátua do Cristo Redentor, $235 \times$ ALU39) = PROPORÇÃO(mitocôndria, célula).

As analogias foram corrigidas pelos licenciandos que já contavam com o gabarito das contas. Por fim, PAU sugeriu que fosse feita uma última analogia de proporção.

	Microcosmo 2°C - Episódio 2	Estratégia didática
P12	PAU: Sobrou mais uma aqui, gente. Vamos fazer para vocês pensarem, para a gente pensar junto. A que poderíamos comparar uma célula caso o peroxissomo, que tem três micrômetros, tivesse o tamanho de uma laranja de oito centímetros? Se o peroxissomo de três micrômetros fosse de oito centímetros, o que seria a célula? <i>[Pausa para os alunos calcularem]</i> O peroxissomo tem três micrômetros. Ele seria de oito centímetros. A célula tem trinta micrômetros. É facilzinho calcular. Quem fala aí para mim?	Analogia de proporção
P13	DEI: O grupo que terminar primeiro um prêmio <i>[risos]</i> .	
P14	PAU: Qual seria o tamanho da célula?	
P15	ALU40: 0,8 metros.	

P16	PAU. Oitenta centímetros. Com o que a gente poderia... Qual objeto?	Escolha de objeto-base
P17	ALU36: Três cabeças de ALU38 [risos].	
P18	PAU: Então, se a gente tivesse o peroxissomo do tamanho de uma laranja, a célula seria... O que seria?	Desconsideração proposital
P19	ALU36: Três cabeças.	
P20	PAU: Mais o quê, sem ser a cabeça dele?	Alternativa de objeto-base
P21	ALU36: A régua.	
P22	PAU: É, a régua da minha mão.	Confirmação
P23	ALU41: O ventilador.	
P24	ELI: O ventilador.	Confirmação
P25	FAB: Gente, para finalizar a nossa oficina, a gente quer convidar vocês a irem ali para fora. A gente fez a representação de algumas organelas nesse anfiteatro que tem aqui embaixo. Então, antes de vocês descerem, gente, eu queria que vocês ficassem aqui em cima mesmo para dar uma olhada lá para baixo para ver o tamanho das organelas em relação à célula. Então, o anfiteatro é a célula.	Modelo em escala

Mais uma vez, o ALU36 utilizou um colega de sala, ALU38, como objeto do domínio base (P17). PAU propositalmente ignora a resposta do aluno e repete, dirigindo-se ao coletivo, a pergunta sobre o objeto (P18). O aluno insiste na resposta, o que faz a licencianda desconsiderar sua resposta, sem aprová-la ou não, e perguntar-lhe, diretamente, por outra base (P20). Então, outros alunos respondem e, dessa vez, são corroborados pelas licenciandas (P21-P24).

Sabe-se que os alunos, ao elaborarem suas próprias analogias, utilizam análogos por eles conhecidos, objetos comuns de seus cotidianos (RAVIOLO *et al.*, 2004) e de sua esfera cultural (SARDINHA, 2007). Nos turnos N1, O5, Q10 e P17, por exemplo, o emprego de um colega de sala como objeto do domínio base da analogia veio seguido de risadas. Não é do escopo desta pesquisa, mas o fato de os alunos utilizarem o corpo de colegas de turma como objeto-base mostra como a relação do adolescente com o corpo (o próprio e o dos outros) é importante para essa faixa etária. Alunos do segundo ano do Ensino Médio estão geralmente na faixa etária entre 15 e 16 anos, fase da adolescência em que a atenção para o corpo humano e as relações sociais ganha bastante atenção. O estudo de Oliveira *et al.* (2015), por exemplo, aponta que a maior frequência de vitimização de *bullying* em alunos do 9º do Brasil foi relacionada à aparência do corpo. Tais comparações feitas pelos alunos, em vista disso, devem ser inibidas pelos professores.

Como dito anteriormente, os licenciandos montaram antes da oficina um modelo no pátio da escola. Como última atividade da oficina (P25), os alunos saíram da sala e direcionaram-se para o corredor do qual é possível avistar, do andar de cima, completamente,

o pátio central da escola. Como já havia batido o sinal do término da aula, os licenciandos apenas mostraram a representação da célula, mas não deram nenhuma explicação. Os licenciandos iriam recolher os objetos da representação, que eram da escola, para os lugares originais, mas a professora de Biologia pediu para que a representação permanecesse para que outras turmas também a vissem, inclusive turmas do período vespertino.

6.3.2.5 Avaliação das oficinas de Biologia com intervenção pedagógica

O último dia de aula da disciplina de Estágio Supervisionado foi também a última sessão da pesquisa com os licenciandos. A professora, tradicionalmente, oferece um café da manhã aos alunos no jardim de sua casa. Os alunos chegaram às 9h00 e, em clima de descontração, compartilharam a ocasião. Depois de, aproximadamente, uma hora, os alunos se reuniram em círculo com bancos no gramado e fizeram uma avaliação sobre as oficinas que haviam ministrado na semana anterior. O pesquisador teve o primeiro horário desse espaço para fazer suas perguntas e ouvir as avaliações dos alunos, que falaram livremente, sem interrupções.

O grupo Grandiosidades da Terra foi o primeiro a relatar suas atividades.

Episódio 1 – Avaliação da oficina Grandiosidades da Terra:

- Q1 RIN: Muitas analogias muito interessantes surgiram e acho que, pelo menos para mim, foi um pouco surpreendente porque a gente chega com uma coisa planejada e os meninos imaginam algo completamente diferente. Aí, foi bem positivo, muito divertido assim. E os meninos mesmo, pelo menos um dos grupos que a gente trabalhou, que eu fiquei com a sequoia, falou que era uma maneira diferente de enxergar, que nunca tinha parado para pensar que todas as vezes que alguém falava de número para ele, eles não tinham ideia o que isso significava. Então, imaginar por esse ponto de vista ficaria para eles um pouco mais palpável em compreender o quão grande aquilo é ou quão forte aquele animal é.
- Q2 CAR: Aí a gente falava assim: “pensa como vocês explicariam aquilo para sua avó ou quantas vezes aquilo maior numa escala em que ela realmente consiga observar”. Porque você fala “mil vezes mais”, mas você não tem noção do quanto que é mil vezes mais. Agora você fala assim: “vó, a diferença do meu peso para uma baleia é como se eu fosse um grão de arroz num pacote inteiro”. Aí ela já entende mais que é muito diferente. Então, eles viram a utilidade de fazer essas analogias utilizando essas proporções. E é isso que eu achei o mais importante: é ver a utilidade do que você está trabalhando. Eles ficaram fascinados na hora que fizeram aquelas imagens de cartolina.
- Q3 NAN: Mas no início, eu pensei assim que nem seria tão útil esse objetivo em si de a oficina contribuir para o colégio em alguma área que eles estavam precisando. Talvez fosse mais útil em um colégio em que os alunos têm dificuldade em fazer a Regra de Três, em proporção, em contas, em Física e em tudo mais, não é? A gente viu que os alunos lá realmente não têm dificuldades em fazer conta. Alguns errinhos que você não presta atenção são normais. Mas na hora de explicar, eu falei assim: “ai, como você explica o quão rápido é o falcão em relação ao homem atravessando um campo de futebol?”. Aí, a menina falou assim: “ah, é a razão entre as velocidades”. Tipo assim: “e o que é essa razão?”, não é? Então, eles só sabem explicar o que é ensinado, tipo assim, o que eles deveriam saber explicar numa prova de vestibular, num Enem, eu não sei, essa coisa teórica. Mas e aí, como

vocês explicaria isso para a sua avó, para sua mãe? Então, com razão ela não ia entender nada. Ela não vai saber o que é razão. Então, para eles, foi muito útil para quebrar essa coisa do tradicional, do estudar para passar, para eles poderem abrir o pensamento, para pensar, não é? Achei que foi muito legal. Surpreendeu-me.

Q4 PAU: Mesmo os que fazem mais bagunça, que ficam conversando, você vê que, dentro das bobeirinhas deles, eles estão fazendo o que a gente pede. Igual àquela analogia lá que eles começaram a brincar sobre a cabeça do menino, mas era analogia [risos].

Q5 CAR: Uma menina lá falou: “eu não ligo, eu posso ser a baleia” [risos]. Mas eu acho que isso é muito da cultura da escola.

RIN classificou a oficina como positiva e divertida e afirmou ter se surpreendido com as analogias apresentadas pelos alunos, pois não eram as mesmas que esperava encontrar (Q1). Sua avaliação baseou-se também na fala de um aluno que lhe alegou “que era uma maneira diferente de enxergar, que nunca tinha parado para pensar que todas as vezes que alguém falava de número para ele”.

CAR falou sobre a estratégia que usou para que os alunos incorporassem a didática da atividade (Q2), visando a facilitação da aprendizagem: “pensa como vocês explicariam aquilo para sua avó”. E com esse pensamento, CAR argumenta que seria melhor uma analogia de proporção do que uma de grandeza, cujo coeficiente de multiplicação (k em $a = k.b$) é muito grande: “‘mil vezes mais’, mas você não tem noção do quanto que é mil vezes mais. Agora você fala assim: ‘vó, a diferença do meu peso para uma baleia é como se eu fosse um grão de arroz num pacote inteiro’”. CAR relatou que compreendeu a utilidade das analogias quantitativas depois que percebeu que os alunos também a tinham compreendido.

NAN pensava que a oficina seria inútil aos alunos com relação aos conteúdos das disciplinas do Ensino Médio e das provas de vestibular (Q3). Como o algoritmo das analogias quantitativas baseia-se, comumente, no algoritmo do produto cruzado (Regra de Três; LESH; POST; BEHR, 1988), NAN supôs que essa estratégia seria mais útil em escolas com alunos que apresentassem menos habilidades para resolver problemas matemáticos. No entanto, a licencianda percebeu que poderia ser uma atividade, não direcionada para ajudá-los em avaliações oficiais, como Enem e vestibulares, mas para estimulá-los a “abrir o pensamento”.

PAU e CAR falaram sobre o uso de partes do corpo dos colegas como objetos do domínio base das analogias. PAU entendeu que, ainda sim, serviu para estimular os alunos mais bagunceiros e conversadores. CAR, concordando com Sardinha (2007), afirmou que aquilo “é da cultura da escola”.

Episódio 1 – Avaliação da oficina Grandiosidades da Terra (continuação):

Q6 PESQ: Uma perguntinha: vocês elaboraram a atividade ou vocês a acharam em algum lugar? Como vocês chegaram nisso? Saiu da cabeça de vocês?

- Q7 CAR: A gente elaborou. Foi assim uma montanha-russa. A gente pensou em fazer algo temático, tipo a Amazônia, e colocar todas as grandiosidades. Aí, a gente viu assim: “não vai dar”. E o tempo correndo. Aí a gente pensou em fazer uma escala de tempo com os animais, aí não deu. Isso em um dia! Aí a gente falou assim: “então vamos pegar os mais da Natureza”. Aí a gente foi e todo mundo já com as continhas prontas, com algumas opções que eles poderiam utilizar dentro da sala.
- Q8 SAM: Foi uma manhã inteira só para decidir quanto que o homem iria medir. Porque a gente teve que fazer todas as contas. “Não, se a gente colocar o homem com cinco centímetros”. Aí a gente: “nossa, mas o besouro vai sumir, não vai aparecer. O besouro vai ser um alfinete. Ah, então vamos colocar o homem de vinte centímetros. Nossa, a árvore não vai caber na sala”. Aí a gente meio que ficava fazendo essas contas.
- Q9 CAR: É. A gente pensava 'é melhor pensar no maior ou no menor?' para poder decidir depois as outras proporções. Aí depois, a gente resolveu tudo pela internet mesmo.
- Q10 PESQ: Então, está bem. Deu alguma coisa errada do que vocês planejaram ou diferente?
- Q11 SAM: Não deu, na hora aconteceu tudo certo, mas estava todo mundo muito inseguro. Uma crítica que eu tenho é que eu achei pouquíssimo tempo para elaborar uma oficina sendo no colégio que foi, sabe? Aí, estava todo mundo muito inseguro, mas chegou lá na hora, graças a Deus, deu tudo certo.

Segundo CAR, as atividades de confecção do modelo em escala e as analogias quantitativas foram criadas pelas licenciandas do grupo. Foi uma série de sugestões e pré-avaliações que as fizeram optar por essas estratégias didáticas em razão de outras (Q6). As licenciandas fizeram um exercício de previsão dos resultados para que o modelo tivesse a melhor escala para visualização: SAM: “foi uma manhã inteira só para decidir quanto que o homem iria medir”; CAR: “é melhor pensar no maior ou no menor?”.

SAM, por fim, comentou que a insegurança foi um fator que as atrapalhou. Essa insegurança, segundo a licencianda, seria atribuída ao pouco tempo disponível que tiveram para elaborar as oficinas. Perez (2008) também registrou insegurança nos licenciandos do Estágio Supervisionado dos cursos de Matemática e Pedagogia.

Na sequência, o grupo da oficina sobre Astronomia relatou suas atividades e as avaliaram. Também disseram que mudaram de ideia várias vezes antes de chegar às escolhidas para a oficina.

Episódio 2 – Avaliação do Grupo de Astronomia:

- R1 MAR: A gente levou uma bola enorme para casa para a gente poder mostrar porque... Acabou que a gente fez algo parecido a princípio do que a gente fez lá no Labore [*sala onde aconteceu a montagem do modelo do Sistema Solar da segunda sessão da intervenção pedagógica*], mas depois a gente resolveu colocar as continhas lá para eles fazerem. A gente arranhou uma bola desse tamanho e uma miçanguinhas pequenininhas para ser a Lua e a Terra, mas acabou que não deu tempo e a gente não fez. A gente selecionou algumas medidas tipo o tamanho da Rocinha, o número de habitantes da Rocinha. O que tinha mais lá?
- R2 LUC: A questão do mineroduto.
- R3 MAR: Mineroduto. Acabou que eles usaram outras coisas além do que a gente tinha levado também. A gente falou que eles podiam usar a internet. Na hora, a professora ficou meio assim [*risos*], mas acho que deu tudo certo.

R4 JUD: As meninas levaram exemplos para mostrar a construção de analogias nessas proporções, que foi aí aquela que a gente fez na aula do Sol, do tamanho do Sol e da distância que daria da Terra para exemplificar e falar o que era analogia e distribuímos uma folha com um texto com curiosidades sobre a Lua, dimensões da Lua, outra tabela com outras dimensões. Só que era parecido com grandiosidades da Terra, que eram coisas... A área alagada do Belo Monte, não sei o que, a extensão do mineroduto.

R5 PROF: Fala o nome da tabela porque eu achei superlegal.

R6 JUD: Tabela inspiradora [*risos*]. A ideia era também trabalhar, fazer, construir as analogias com medidas diferentes também, que nem RIN falou, tem que fazer com mais exemplos. Em vez de usar só estádio de futebol, não sei quantos campos de futebol, não sei o que, fazer com coisas diferentes assim. E a ideia era até fazer uma minidiscussão sobre essas coisas. Acabou que não deu tempo. A ideia também era até fazer uma discussão final sobre o uso das analogias. Porque tiveram algumas analogias que ficaram um número tão grande que não fazia sentido ser usada. Teve: “ah, não sei quantas milhões de vezes isso, não sei o que”. Então, a ideia era também fazer uma discussão sobre a melhor forma de usar as analogias, só que não deu tempo. Eu tentei fazer uma conclusão lá no final da aula, só que já tinha batido o sinal. Aí não rolou, assim.

R7 MAR: A única coisa que a gente não mudou foi a ideia de fazer em torno da Lua mesmo. Acho que foi a única ideia que foi a primeira a surgir e ficou até o final.

R8 JUD: A gente ficou com medo de queimar o filme porque a gente não estava se sentindo preparados. Foi tudo de última hora, mas acaba que no rebolado ali, em seis pessoas, foi mole.

Os licenciandos do grupo de Astronomia cogitaram repetir a atividade de construção do modelo do Sistema Solar, feita na segunda sessão da intervenção pedagógica, mas MAR afirmou que não houve tempo para prepará-la (R1). MAR informou que levaram uma lista de objetos que poderiam servir como base, mas que os alunos poderiam escolher outros (R3). PROF aprovou a utilização da chamada Tabela Inspiradora. JUD informou que as bases sugeridas eram melhores do que campos de futebol.

JUD reconheceu que a falta de tempo prejudicou o que seria uma importante e necessária discussão com os alunos sobre o porquê da escolha daqueles objetos “diferentes” para a base das analogias e como algumas analogias feitas não eram funcionais, pois utilizaram objetos muito pequenos (R6). Nenhum dos licenciandos do grupo falou sobre o modelo Sol-Terra-Lua e o problema de seu comprimento.

Episódio 2 – Avaliação do Grupo de Astronomia (continuação):

R9 PESQ: Muito bem. Mais alguma coisa?

R10 LUC: Uma coisa que eu queria colocar, assim, era a questão, tipo assim, sempre que der para relacionar alguma crítica, alguma coisa que a gente está vivendo no momento, isso é importante, assim, de colocar alguma coisa mais politizada mesmo na aula. É isso que eu sinto muita falta, assim. Às vezes, a gente fala sobre os planetas, não sei o que, só fala sobre algumas informações que parecem curiosidades, mas que, está beleza, é curiosidade e tal, mas e aí, o que isso no dia a dia vai significar para mim? Aí essa foi uma inquietação nossa também de estar colocando algumas coisas, por exemplo, meio que interdisciplinarmente ali, colocar, por exemplo, a questão do mineroduto. Vamos colocar aqui que daí dá para falar um pouquinho sobre ele também. Aproveitar essa brecha e falar sobre uma coisa que está acontecendo na cidade aqui que é importante o pessoal saber e quase ninguém sabe. Ou sobre a Rocinha então, mas a gente não teve tempo de

contextualizar muito isso, de pensar mais elaboradamente como que a gente podia ter atendido esse objetivo, entendeu? De trazer alguma coisa que está acontecendo no momento, nesse momento.

LUC finalizou a avaliação do grupo sobre a oficina reiterando a sua opinião sobre a necessidade de introduzir nas atividades escolares questões sócio-políticas (R10). O licenciando alegou que só as curiosidades planetárias por si só teriam significados questionáveis quando se pensa em aplicá-los no cotidiano dos alunos. Disse também que a oficina foi uma oportunidade para falar um pouco sobre um problema municipal do momento, que era a construção de um mineroduto. Assim, como JUD, LUC argumentou que não houve tempo para tanto e nem para elaborar uma forma de incluir tais temáticas na oficina. Esses dois licenciandos se dispuseram da racionalidade crítica para a influência de suas ações docentes no contexto social daquela escola e daqueles alunos, como recomenda Contreras (2002).

O terceiro grupo, Microcosmo, finalizou a conversa avaliativa das oficinas. ELI e PAU relataram as atividades e contaram aos demais o motivo de não poderem ter realizado a montagem de um modelo grande da célula no pátio da escola.

Episódio 3 – Avaliação do Grupo Microcosmo:

- S1 ELI: O que mais me impressionou, que eu comentei com o pessoal, foi a atividade daqueles meninos. Nossa, você fala com eles assim e eles perguntam por que é que tem que fazer. Eles já vão fazendo já.
- S2 FAB: Qual foi da cabeça, que eles falaram que a cabeça era...
- S3 ELI: Ah, uma analogia que eles fizeram lá que, eu não lembro mais o que era. Aí a gente falou assim: “se tal organela tem tantos centímetros”...
- S4 DEI: “Qual seria a outra?”
- S5 ELI: É. “Outra organela teria quantos centímetros?” Aí, eles fizeram que ia dar três cabeças do menino lá [*risos*].
- S6 DEI: O outro falou que seria o tamanho de uma piscina olímpica.
- S7 ELI: É, uma piscina olímpica. Teve uma menina lá: “ah, tantos ALU39”. O nome do menino era ALU39 [*risos*].
- S8 DEI: Ah, é, ALU39!
- S9 DEI: Também a questão da insegurança também. A gente ficou bem inseguro.
- S10 FAB: E as discussões também. Eu acho que a gente discutiu bastante até realmente decidir.
- S11 PAU: Voltando à analogia, o que ficou legal também foi lá no anfiteatro a comparação do tamanho da célula e a membrana. Era o barbante em volta ali do anfiteatro.
- S12 JOA: Não dava nem para ver direito. Era só um barbantino.
- S13 PROF: Vocês tomaram o cuidado de, lá na sala, falar que o contorno que vocês fizeram no quadro não representava a membrana.
- S14 DEI: Ah, é.

Os licenciandos desse grupo comentaram sobre a analogia que foi feita na oficina utilizando a cabeça de um aluno (S2-S5) e a que usou o corpo de outro aluno (S7-S8). Disseram também que se sentiram inseguros para conduzir a oficina (S9) e que demoraram bastante para discutir em grupo as atividades (S10).

PAU salientou a dificuldade de se incluir a membrana celular nos modelos, pois é relativamente muito pequena. No modelo do pátio, era “um barbantino”. PROF achou interessante os licenciandos terem ressaltado que a espessura do risco no quadro não representava a espessura em escala da membrana (S13).

Episódio 3 – Avaliação do Grupo Microcosmo (continuação):

S15 PESQ: A professora gostou muito da diferença entre a célula eucariótica e a procariótica.

S16 ELI: Ah, muito legal.

S18 DEI: Que é o tamanho da mitocôndria.

S19 ELI: Muito legal.

S20 PAU: Ela queria até deixar lá para o primeiro ano ver.

S21 PAU: Ela comentou com a professora de Matemática lá, que é amiga minha, que foi muito legal.

S22 PESQ: É isso que eu estou falando. É interessante ver a reação da professora, gente. Essas ideias são novidades, assim. Não são novidades. A gente usa, mas não para para pensar a respeito da importância, não é? E a hora em que ela via essas proporções, ela: “nossa!”.

S23 PROF: Mas, PESQ, a analogia é novidade para a maior parte dos professores que estão na atividade.

S24 DEI: Sim.

S25 PROF: Eu fui ver que eu usava analogia sem saber que eu estava usando analogia. E fui estudar alguma coisa sobre analogias pela primeira vez quando eu fui fazer o concurso para professor temporário. Então, é muita novidade. Então, assim, é muito legal saber que vocês estão saindo da graduação de vocês com noções boas.

S26 DEI: A gente ficava surpreso conforme a gente ia vendo.

Durante a oficina, o pesquisador conversou com a professora de Biologia do 2º ano e ela comentou que tinha achado as ideias muito interessantes. Ela não tinha ideia, por exemplo, que a célula eucariótica era tão maior que a procariótica (S15). A admiração da professora pelas atividades foi tamanha que pediu aos licenciandos que deixassem o modelo da célula montado no pátio para que os alunos de outra série pudessem vê-lo (S20) e chegou a comentar com outra professora que achou “muito legal” (S21).

Sobre isso, o pesquisador alegou que as analogias quantitativas e os modelos em escala são utilizados pelos professores, mas sem planejamento prévio (S22). PROF reforçou a afirmação de PESQ ao alegar que usava analogia sem saber que a estava usando. Essa situação também foi verificada por Oliva Martínez *et al.* (2003) e Duarte (2005). O pesquisador fez algumas considerações finais, até mesmo como uma reflexão pessoal sobre as atividades e sobre si.

CONCLUSÕES

“Felix qui potuit rerum cognoscere causas.”
“Feliz daquele que pôde conhecer as causas das coisas.”
Virgílio, *Georgica* (29 a.C.)

Muitas pesquisas desde a década de 1980, segundo Duarte (2005), vêm mostrando como o uso didático da analogia colabora para a percepção, a criatividade, a imaginação e a resolução de problemas tanto para os professores, quanto para os alunos. Para a autora, as aulas de Ciências, Biologia, Química, Física e outras disciplinas da Educação Básica e até do ensino Superior são mais atraentes e inteligíveis quando os professores adotam analogias e metáforas como estratégias explicativas.

O emprego didático da analogia no ensino de Ciências, devido ao seu potencial pedagógico, é defendido por diversos pesquisadores da Educação no Brasil (FERRAZ; TERRAZZAN, 2003; NAGEM *et al.*, 2003; BOZELLI, 2010; BERNARDINO; RODRIGUES; BELLINI, 2013) e no mundo (ZEITOUN, 1984; DUIT, 1991; GLYNN *et al.*, 1994; TREAGUST; HARRISON; VENVILLE, 1998; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2005; OLIVA MARTÍNEZ, 2008). Nagem, Carvalhaes e Dias (2001) advertem, entretanto, que as analogias, se mal-empregadas, podem sugerir ou reforçar falsas associações e levar os alunos a desenvolver erros conceituais. Por isso, entendendo a importância da avaliação docente sobre a prática (SCHÖN, 1997), os autores desenvolveram o MECA (Modelo de Ensino Com Analogias), que estimula o professor à reflexão.

Para as analogias que comparam formas e/ou funções entre os objetos análogos de Curtis e Reigeluth, (1984), os modelos de ensino já foram devidamente estruturados, vêm sendo utilizados em pesquisas educacionais e aos poucos vêm fazendo parte das atividades das disciplinas pedagógicas nos cursos de licenciatura. No entanto, Rigolon (2013) propôs uma nova classificação para as analogias, na qual estão inseridas as comparações entre números, medidas de grandeza e proporções (analogias quantitativas) para as quais não foi estabelecido nenhum método estruturado de ensino, tal como os citados.

Para colaborar com a utilização didática das analogias quantitativas, esta pesquisa objetivou verificar o uso que licenciandos de Biologia e de Física de universidades públicas fazem dessas estratégias de ensino. Para tanto, os dados foram constituídos por meio de questionário e por observações em oficinas desenvolvidas durante as disciplinas de Estágio Supervisionado. Pelo questionário é possível conhecer o que os licenciandos dizem fazer (ou que fariam) em situações de ensino e, pelas observações das oficinas, o que de fato fazem. Em

outras palavras, foi um modo de conhecer o arcabouço metodológico pedagógico dos licenciandos na teoria e na prática.

A metodologia de pesquisa foi modulada de forma que apenas as turmas de Biologia tiveram suas oficinas presencialmente observadas e, oportunamente, seguidas de um momento de autoavaliação. Uma delas teve uma intervenção pedagógica por parte do pesquisador de modo a estimular a reflexão sobre as estratégias didáticas utilizadas e o uso sistemático das analogias quantitativas. Para facilitar a exposição das conclusões, a turma de Biologia com intervenção pedagógica é doravante denominada CI (Com Intervenção Pedagógica) e as que não tiveram, SI (Sem Intervenção Pedagógica).

Traçando uma correlação entre o planejado (“o que eu faria”) com o concreto (“o que eu faço”) das turmas de Biologia e Física é possível identificar certos saberes docentes desses licenciandos que são mobilizados para o ensino de macro e micromedidas e se fazem na prática o que disseram que fariam hipoteticamente.

Os resultados são condizentes, em linhas gerais, com outras pesquisas sobre analogias em diversas áreas de ensino, como em Física (BOZELLI, 2010), Química (GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 2002), Biologia (FERRAZ; TERRAZZAN, 2003), ao evidenciar o extenso uso de analogia no ensino de conceitos científicos.

No questionário, verificou-se uma preferência dos licenciandos dos dois cursos pelo uso de analogias quantitativas (RIGOLON, 2013) como estratégia didática para medidas astronômicas em detrimento ao uso de modelos em escala (MÓL, 1999) e do cálculo do tempo gasto para percorrer tal distância (OBSERVATÓRIO NACIONAL, 2013). No entanto, constatou-se nas oficinas sem intervenção pedagógica (SI) que a utilização dos modelos em escala é a estratégia predileta. Talvez, quando solicitados a elaborar uma oficina sobre Astronomia, os licenciandos SI não reconheçam as analogias como uma estratégia didática pedagogicamente formalizada ou não têm consciência de seu uso. Esse resultado lembra os de Oliva Martínez *et al.* (2003, p. 6) que constataram que os professores, mesmo fazendo uso intenso de analogias, têm, no fundo, certo preconceito quanto à objetividade do que estão usando e até desconfiam de sua validade.

Esses licenciandos utilizaram modelos concretos (cartolinas, barbantes e bexigas) e, com mais ênfase, modelos virtuais (simuladores e vídeos) como constatado também em Langhi e Nardi (2012). Pela facilidade atual de uso de projetores multimídia em sala e de busca na internet, esses licenciandos preferem pesquisar os modelos na internet e projetá-los nas oficinas. A exibição dos modelos é uma estratégia centrada no professor/licenciando e demanda um

tempo curto enquanto a confecção do modelo, por ser mais prática, é centrada no aluno e demanda, portanto, um tempo maior.

As analogias, quantitativas ou qualitativas, não são formalmente ensinadas nos curso de formação inicial de professores. Portanto, o conhecimento que os licenciandos possuem sobre seu uso é o que encontram na mídia (FERREIRA; NASCIMENTO; FLISTER, 2014), na internet (FREITAS, 2012) e na literatura (SHULMAN, 1986 *apud* BOZELLI, 2010). Os licenciandos acabaram incorporando-o ao seu repertório pedagógico fora do âmbito de educação formal, seja pelas pesquisas que fazem para atender às situações práticas de ensino requisitadas pelo curso de formação docente ou de outras situações anteriores à sua graduação (saberes pré-formativos). Mesmo sem instrução quanto ao uso de analogias quantitativas, os licenciandos SI utilizam algumas analogias em suas oficinas:

- Replicam analogias consagradas nos meios de comunicação, como as analogias futebolísticas, por exemplo (FERREIRA; NASCIMENTO; FLISTER, 2014);
- Replicam analogias que apareceram nos artigos que consultaram, como, por exemplo, “modelo do carro de corrida menor que um grão de areia” (IMPRESSORA..., 2012);
ou
- Optam pela instintiva comparação do objeto alvo por um objeto de mesma natureza [similitude literal (GENTNER, 1983; CENTNER, 1989)], como, por exemplo, comparar Marte com a Terra.

A turma de Biologia CI utilizou também modelos em escala em suas oficinas, mas com ênfase igual à utilização das analogias quantitativas. As duas estratégias didáticas podem ser sinérgicas, isto é, favorecerem-se para facilitar o entendimento das medidas. Uma situação exemplificadora foi a que aconteceu durante a intervenção pedagógica, quando uma licencianda elaborou uma analogia de proporção depois que viu um desenho no quadro-negro. Analisando-se os turnos de L47 a L54 é possível verificar como o uso de um modelo em escala (desenho) pode não só dar a ideia de tamanho dos objetos, mas, em decorrência disso, auxiliar o licenciando/professor a elaborar uma analogia quantitativa. O uso de mais de uma estratégia didática fornece diferentes abordagens dos conteúdos e, assim, estimulam a construção de outras significações (LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003).

No questionário, dentre os licenciandos que responderam que utilizariam analogias quantitativas, a maioria, dos dois cursos, afirmou que empregaria analogias de grandeza para explicar a distância Terra-Marte, o diâmetro de Júpiter e a velocidade da Lua. Uma quantidade bem menor de licenciandos afirmou sua preferência por analogias de proporção para explicar as duas primeiras medidas e nenhum as utilizou para a velocidade lunar. Essa proporção de

respostas repetiu-se nas oficinas de Física e Biologia SI. A analogia entre o vulcão Monte Olimpo e a montanha Everest, na oficina de Física, e a entre o óvulo e uma ponta de caneta, na de Biologia SI, são exemplos de analogia de grandeza.

Isso se mostra um problema do ponto de vista didático, pois, muitas vezes, os objetos do domínio base da analogia de grandeza são relativa e demasiadamente pequenos para facilitar o entendimento. Por exemplo, no questionário, BMG7 disse que “dividiria o diâmetro de Júpiter pelo da laranja” e assim “falaria quantas vezes é maior Júpiter é maior que a laranja”. Sabendo que o diâmetro de Júpiter equivale a 1,6 bilhões de laranjas, a funcionalidade didática da analogia se perde. O mesmo vale, por exemplo, para a analogia “hádron equivale a um fio de cabelo dividido por dez mil” da oficina de Física.

Os licenciandos de Biologia CI elaboraram e aplicaram atividades em que os alunos criaram analogias quantitativas nas três oficinas. Essa condição não lhes foi solicitada pelo pesquisador. A caracterização das atividades docentes como “oficinas”, em vez de “aulas” provavelmente incumbiu subjetivamente os licenciandos a oferecerem atividades mais práticas e menos exposições discursivas. Os licenciandos fizeram algo parecido com o Modelo das Analogias Produzidas pelos Alunos de Wong (1993a). Por ele, os alunos, em vez de serem receptores das analogias vindas do professor, são instigados a criar, a aplicar, a avaliar e/ou a alterar a analogia produzida. Isso foi bem interessante, ao se considerar que, segundo Ferraz e Terrazzan (2003), raramente os professores dão oportunidade aos alunos para sugerirem as suas próprias analogias.

Nessas atividades, a mesma preferência que os licenciandos demonstraram ter pelas analogias de grandeza em relação às de proporção foi observada nos alunos. Nas atividades de elaboração de analogias, durante as oficinas de Biologia CI, muitos alunos apresentaram analogias de grandeza com objetos muito pequenos (*e.g.*, distância Terra-Lua equivale a 2 316 000 alunos). Os únicos licenciandos que deram atenção a essa condição afirmaram que gostariam de ter tido mais tempo para falar aos alunos que um número grande de objetos-base não ajuda no entendimento das medidas. Em outras oficinas, tais analogias eram apresentadas pelos alunos sem nenhum comentário ou correção por parte dos licenciandos.

O emprego majoritário de analogias de grandeza mostra que muitas de suas estratégias de ensino são desprovidas de reflexão (SCHÖN, 2000). Por exemplo, no questionário, o licenciando BMG16 sugeriu verificar quantos campos de futebol enfileirados equivaleriam à distância Terra-Marte. Nesse caso, a constante k , de $x = k.y$, é demasiada grande ($1,4 \times 10^6$) para que a analogia fosse didática. O mesmo aconteceu na questão da comparação da potência elétrica, na qual a maioria escolheu 9 000 lâmpadas como análogo, e na última questão, sobre

número de pessoal, onde muitos compararam com objetos de pouca capacidade (ônibus e sala de aula, por exemplo). Certamente, esses licenciados não exerceram, nesses casos, uma reflexão que os fizesse perceber a insuficiência pedagógica das analogias sugeridas.

Tal condição foi verificada durante as sessões da intervenção pedagógica com a turma de Biologia. Quando o pesquisador solicitou estratégias para explicar a distância Terra-Lua, a analogia com o comprimento de um campo de futebol apareceu e manteve-se como opção plausível durante muito tempo. Nenhum dos licenciandos, demonstrou possuir conhecimentos para, por si sós, concluir que o campo de futebol não seria adequado para compor uma analogia de grandeza didática. Apenas quando o pesquisador solicitou os cálculos, é que, finalmente, os licenciandos concluíram que não seria “uma boa analogia”. Com certa decepção na fala, uma licencianda disse o que era aparente naquela situação: “É, eu não tinha noção...”. Após uma série de perguntas reflexivas sobre quais objetos, então, poderiam ser utilizados como base das analogias de grandeza, a mesma licencianda sugeriu que fossem utilizadas mais de uma distância para a comparação com macromedidas: Sua ideia se pareceu com o Modelo das Analogias Múltiplas de Spiro *et al.* (1989, no qual uma série de analogias podem se coadunar sucessivamente e cada uma delas é elaborada a partir de uma anterior. Esse modelo resolve, em parte, o problema dos objetos-base pequenos para as analogias de grandeza.

A preferência dos licenciandos pelas analogias de grandeza às analogias de proporção justifica-se de acordo com alguns resultados:

- Karplus, Pulos e Stage (1983) afirmam que os adolescentes preferem resolver problemas de proporção com relações de primeira ordem ($x = k.y$) do que de segunda ordem ($x/y = x'/y'$). Provavelmente, portanto, os licenciandos estejam mais familiarizados com relações de primeira ordem, mais simples, do que de segunda ordem (LESH; POST; BEHR, 1988), com mais elementos. Isso explica a grande preferência por analogias de grandeza ($a = k.b$) do que analogias de proporção ($a/b = c/d$) (RIGOLON, 2013) nas três primeiras questões do questionário desta pesquisa sobre medidas astronômicas.
- Uma taxa considerável de licenciandos errou as questões 8 e 9, constituídas com base no *Miller Analogy Test (MAT)*, que compara quatro elementos por inferência lógica (GRUBER, 1972). Essas são questões de estrutura similar ao das analogias de proporção ($a:b::c:d$).
- A analogia de proporção envolve cálculos de proporção. Segundo Lesh, Post e Behr (1988) e Ponte *et al.* (2010), o algoritmo do produto cruzado, mais conhecido como Regra de Três, é a estratégia mais utilizada para se resolver problemas de proporção. Como alguns licenciandos demonstraram dificuldades em executar cálculos de Regra de Três durante as

atividades da intervenção pedagógica, pode-se compreender que os cálculos do tipo $a = k.b$ das analogias de grandeza sejam mais interessantes.

As analogias de proporção só tiveram mais destaque como estratégia didática nas oficinas de Biologia CI. Nas três oficinas, os licenciandos apresentaram analogias de proporção e solicitaram aos alunos a elaboração de mais analogias de proporção. Portanto, ao que parece, o uso de analogias de proporção, não como recurso didático complementar, mas como estratégia didática principal, deve ser abordado nos curso de formação de professores.

Também foi possível perceber a grande influência da vivência desses licenciandos na elaboração de suas analogias quantitativas. Tardif (2012) afirma que os saberes docentes advêm de diversas fontes, como a cultura pessoal e escolar. Sendo assim, as analogias, que são parte dos saberes docentes, também mostram as experiências e a cultura de quem as utiliza (SARDINHA, 2007). No questionário e nas oficinas, essa cultura foi evidenciada quando os licenciandos sugeriram objetos análogos de seu próprio conhecimento cotidiano. Eles empregaram a distância entre cidades que vivem ou conhecem para comparar à de Terra e Marte e objetos de seu cotidiano para mostrar a proporção entre Terra e Júpiter. Para comparar a velocidade lunar, os objetos de estudo de cada área foram os mais utilizados: animais na Biologia e som e veículos na Física. Pela Análise de Discurso, verificou-se outros aspectos das experiências dos licenciandos e dos alunos nas analogias quantitativas produzidas: licenciandos envolvidos com movimentos universitários político-sociais sugeriram uma lista de objetos-base relacionados a embates políticos de esfera regional (*e.g.*, mineroduto) e nacional (*e.g.*, hidrelétrica); alguns alunos mais caçadores empregaram garrafas de cerveja como análogo, o que é um tanto quanto preocupante na adolescência; grande parcela dos alunos empregou outros colegas de sala como base de analogias, algo que possivelmente tenda ao *bullying*. Sardinha (2007, p. 32), sobre esse aspecto, afirma que as analogias e metáforas obedecem à cultura de quem as utiliza, ou seja, “elas não dependem da vontade do indivíduo”.

Outra faceta que mostra a influência cultural nas analogias dos licenciandos foi a grande quantidade de análogos pertencentes ao mundo do futebol e do automobilismo, dois dos esportes mais populares no Brasil, tanto no questionário quanto nas oficinas. Mais do que isso, os próprios licenciandos que os utilizaram acabaram por reconhecer que essa é uma estratégia extremamente atraente no âmbito nacional. A maioria dos licenciandos pesquisados classificou como positiva a estratégia de uma revista brasileira ao comparar a área de um fungo com a de 47 Maracanãs. Tais resultados corroboram o estudo de Jones *et al.* (2013), que mostra a influência dos esportes para comparar medidas em escolas dos EUA e de Taiwan.

Com relação às diferenças entre os licenciandos do curso de Biologia e os de Física, alguns apontamentos podem ser tecidos. No geral, seus desempenhos foram similares e, mesmo com número amostral diferentes (37 biólogos e 21 físicos), as frequências relativas (%) tiveram pouca discrepância no questionário. Inclusive, os resultados assim o foram até mesmo nas questões de Astronomia, uma área que, apesar de ser também ensinada por licenciados de Biologia na Educação Básica (BRASIL, 1997), é (ou deveria ser) mais estudada na licenciatura em Física. Possivelmente, a aprendizagem sobre Astronomia, nesses dois cursos de Física pesquisados, seja tão defasada quanto aos dois de Biologia, assim como afirmam também várias pesquisas citadas por Langhi e Nardi (2012).

Quanto à variedade de objetos análogos, os licenciandos de Física foram menos criativos, isto é, apresentaram proporcionalmente menos objetos-base diferentes, do que os de Biologia. Os objetos empregados nas analogias como análogos foram quase sempre os mesmos. Na Questão 8, por exemplo, que solicitou dois análogos para a proporção Sol-Terra, a maioria dos licenciandos de Física sugeriu, em vez de dois objetos, duas medidas proporcionais em escalas métricas (*e.g.*, metro:centímetro), enquanto os da Biologia preferiram utilizar organismos vivos (*e.g.*, óvulo:espermatozoide; elefante:formiga). Estaria aí, mais uma vez, a influência da natureza dos cursos, reflexo respectivo das Ciências Exatas e das Ciências Biológicas. É uma surpresa obter esse resultado, pois, sendo da Física, “considerada uma disciplina ‘abstrata’” (BOZELLI; NARDI, 2007, p. 1), poderiam estar mais habituados a lidarem com analogias.

Algumas estratégias didáticas tidas como recursos auxiliares, em menor quantidade, foram também apresentadas pelos licenciandos. A gradação (apresentação dos objetos e/ou das unidades de medida em ordem gradual). Os licenciandos das oficinas de Física mostraram preferência por enfatizar o número de zeros de um número (*e.g.*, “dez a onze metros. Um número enorme, onze zeros.”), seja antes ou depois da vírgula. Os licenciandos de ambos os cursos utilizaram-se de adjetivações (*e.g.*, enorme, gigantesco, pequeno), diminutivos (*e.g.*, “Plutãozinho”), pseudonumerais (*e.g.*, zilhões), pseudomedidas (*e.g.*, “cabelímetro”) e metonímias (“daria para alimentar 2,2 bilhões de pessoas. Então, são dois continentes africanos”). São estratégias que sozinhas não permitem ter ideia da dimensão dos objetos, mas que podem enriquecer a descrição das medidas, como acompanhantes de analogias quantitativas e modelos em escala.

O papel da formação docente é reconhecer esses saberes e proporcionar mecanismos para construção de outros saberes. Basicamente, para usar analogias quantitativas como

estratégias didáticas, os licenciandos mobilizaram principalmente três saberes (TARDIF, 2012):

- Saber das Ciências da Educação: o uso de modelos, animações, simulações e projeções são formulados em disciplinas pedagógicas dos cursos de licenciatura; as analogias quantitativas, como já dito, em situações não formais de ensino, pela literatura consultada principalmente na internet.
- Saber disciplinar: os conhecimentos sobre os conceitos que se quer ensinar, definidos e selecionados pelas instituições universitárias, faculdades e cursos distintos. Os licenciandos de Física dessa pesquisa contam com uma disciplina de Astronomia na grade curricular do curso de Física, o que basicamente lhes dá um importante suporte teórico, mas os de Biologia não.
- Saber curricular: os saberes disciplinares transformados num *corpus* ensinado nos programas escolares. Os licenciandos tinham que inteirar-se conteúdos do currículo dos alunos para elaborarem suas atividades com analogias;
- Outros saberes docentes não foram constatados nas oficinas até porque se trata de uma situação de ensino fora do cotidiano escolar. Os licenciandos, professores da escola e alunos não se conheciam e o tempo que dividiram foi pequeno para que todos os saberes dos licenciandos fossem conhecidos.

Muitos licenciados das turmas de Biologia relataram certa insegurança para desenvolver as atividades das oficinas. Alguns alegaram que o tempo para preparo das atividades foi pequeno e outros que os conteúdos abordados, como Astronomia, por exemplo, não são de seu domínio pleno. A insegurança de licenciandos no Estágio Supervisionado é verificada em outros cursos também por Perez (2008). Também foi constatada insegurança por parte dos licenciandos em pesquisas sobre o ensino de micromedidas (MENESES; FERREIRA; NASCIMENTO, 2010), números grandes (LIVI, 1990) e notação científica (NAISSINGER, 2010). Como esses jovens futuros professores possuem pouca vivência docente, são menos experientes e mais inseguros. Quanto mais tempo de docência o sujeito tem, maior é o seu arcabouço de saberes ao longo de sua trajetória (TARDIF, 2012), o que influencia fortemente o uso de analogias.

Portanto, o que difere a prática de ensino com analogias de um professor experiente (TARDIF, 2012) da de um licenciando ou um professor recém-formado são os saberes práticos. O professor experiente, se reflexivo (SCHÖN, 2000), consegue, no decorrer dos anos de suas experiências docentes, descobrir quais cuidados devem ser tomados para usar a analogia em

suas explicações. Ele vai percebendo que certas abordagens analógicas e a escolha dos certos objetos analogados pode ajudá-lo a ser mais didático ou dificultar sua tarefa de ensino.

Por sua vez, o licenciando conta com seus saberes pedagógicos muito incipientes, provenientes: de uma formação inicial de professores, na maioria dos casos, precária, com baixo aproveitamento de sua carga horária prática, principalmente no Estágio Supervisionado (PICONEZ, 2003); de saberes pré-formativos (LANGHI; NARDI, 2012; BRANCO, 2015); ou das poucas experiências que teve como professor nas Práticas de ensino e nos Estágios Supervisionados. Ele não conta com o benefício da aprendizagem por tentativa-e-erro que a experiência fornece, tendo que recorrer à preparação de suas aulas apenas com seu restrito reservatório de saberes (GAUTHIER *et al.*, 2013) e a reflexões prévias. O professor/licenciando que vai além de uma mera atuação técnica, reflete sobre suas ações na escola: “se eu utilizar tal analogia, os alunos aprenderão (melhor)?”.

Tomando por base (que sustenta toda a motivação desta pesquisa) de que o cérebro não é capacitado para lidar com faixas de medida além de as do cotidiano (metros, segundos, quilos, *etc.*) (DAWKINS, 2001; PRIMACK; ABRAMS, 2008), capacitar os futuros professores para tornar essas medidas mais perceptíveis aos alunos é uma tarefa necessária para os cursos de formação inicial de professores. As analogias quantitativas, entre outras formas de abstração do conhecimento, são importantes estratégias disponíveis que devem ser bem utilizadas para promover o ensino de Ciências.

REFERÊNCIAS

“*Quasi nanos Gigantum humeris insidentes.*”
 “Como anões sobre ombros de Gigantes.”
 João de Salisbúria, *Metalogicon* (1159)

ABDOUNUR, O. J. **Matemática e música**: pensamento analógico na construção de significados. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. (Coleção ensaios transversais).

ABREU, A. S. **A arte de argumentar**: gerenciando razão e emoção. 8. ed. Cotia: Ateliê Editorial, 2005. 144 p.

ABREU, A. P. M.; BEUST, A. C. A proporcionalidade e algumas aplicações. **Disc. Scientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 9, n. 1, p. 83-99, 2008.

AGRELLO, D. A.; GARG, R. Mulheres na física: poder e preconceito nos países em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n.1, São Paulo, abr. 2009.

ALMEIDA, M. J. P. M. Entrevista e representação na memória do ensino de Ciências: uma relação com a concepção de linguagem. *In*: NARDI, R. (Org.). **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil**: alguns recortes. São Paulo: Escrituras, 2007. 117-130 p.

ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, F. As analogias e metáforas no Ensino de Ciências à luz da Epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio**: Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, n. 2, dez. 2002.

ÂNGELO, P.; DUARTE, M. C. Analogias nos manuais escolares de Ciências da Natureza do 6º ano de escolaridade. *In*: CASTRO, R. *et al* (Org.). **Manuais Escolares**: Estatuto, Funções e História. Braga: Universidade do Minho, pp. 71-80, 1998.

APPIA, A. «**O Homem É a Medida de Todas as Coisas**» (Protágoras): Prefácio para um Novo Livro [1923], seguido do “Prefácio” de 1921. Tradução de Eugénia Vasques. Amadora: Escola Superior de Teatro e Cinema, 2013.

APRÍGIO, J. **Módulo 1 de Matemática CIS**. Serra Talhada: Centro de Isoladas de Serra Talhada, 2015.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. 8. ed. Florianópolis, Ed. Da UFSC, 2012.

BARBOSA, B. O maior ser vivo. **Veja**, n. 1662, pp. 80-81, 16 ago. 2000.

BARCELOS, A. M. F. Reflexões e experiências da formação inicial e continuada de professores de inglês na UFV. *In*: BRAÚNA, R. C. A.; BARCELOS, A. M. F. (Editoras). **Demandas contemporâneas na formação de professores**. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 239 p. (Série Científica).

BARROS, A. T.; JUNQUEIRA, R. D. A elaboração do projeto de pesquisa. *In*: DUARTE, J.; BARROS, A. (Orgs.). **Métodos e técnicas de pesquisa em Comunicação**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Ed. rev. e ampliada. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011. 280 p.

BELLINI, L. M. Avaliação do conceito de evolução nos livros didáticos. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 17, n. 33, jan./abr. 2006.

BERNARDINO, M. A. D.; RODRIGUES, M. A.; BELLINI, L. M. Análise crítica das analogias do livro didático público de Química do estado do Paraná. **Ciência & Educação**, v.19, n. 1, Bauru, 2013.

BIPM - BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES. **The International System of Units (SI)**. 8. ed. ampl. Organisation Intergouvernementale de la Convention du Mètre, 2014. Disponível em: <http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2015.

BLACK, M. Metaphor. **Models and metaphor**. Ithaca: Cornell University Press, 1962.

BLUTEAU, R. **Vocabulário português e latino**. Coimbra: Collegio das Artes da Companhia de Jesu, 1712.

BOGDAM, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em Educação**. Tradução: Maria João Álvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Ed. porto, 1994. 335 p. (Coleção Ciências da Educação).

BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, pp. 207-226, 1997.

BOZELLI, F. C. **Analogias e metáforas no Ensino de Física**: o discurso do professor e o discurso do aluno. 2005. 234 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2005.

_____. **Saberes docentes mobilizados em contextos interativos discursivos de Ensino de Física envolvendo analogias**. 258 f. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2010.

BOZELLI, F. C.; NARDI, R. Analogias no ensino de Física: alguns exemplos em Mecânica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Abrapec, 2007. p. 1-11.

BRANCO, A. C. **O processo de escolha de estudantes universitários pelo curso de licenciatura em Ciências Biológicas e a escassez de professores de Biologia no Ensino Médio**: possíveis relações. 2015. 226 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**/Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.

_____. Ministério da Educação e da Cultura – Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC-SEMTEC, 2002.

_____. **Lei nº 10.861**, de 14 de abril de 2004.

_____. **Portaria normativa nº 40**, de 12 de dezembro de 2007.

_____. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/superior-sinaes>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

BRETON, P. **A argumentação na comunicação**, 2. ed. Tradução de Viviane Ribeiro. Bauru: Edusc, 2003.

BRITTO, V. S. O prisma clássico e moderno de metáfora. **Cadernos do CNLF: Ensino de Literatura**, v. 12, n. 6, pp. 118-132, 2008.

BROWN, D.; CLEMENT, J. Overcoming Misconceptions via Analogical Reasoning: Abstract Transfer versus Explanatory Model Construction. **Instrucional Science**, n. 18, 1989, pp. 237-261.

BULLOUGH JUNIOR, R. V. Exploring personal teaching metaphors in preservice teacher education. **Journal of Teacher Education**, v. 42, n. 1, pp. 43-51, 1991.

BURGAN, A. Conheça a lagosta-boxeadora: um dos animais mais violentos do planeta. **SuperCaliBiologicistic: o estudo da vida**. Disponível em: <<https://supercalibiologicistic.wordpress.com/2014/07/07/conheca-a-lagosta-boxeadora-um-dos-animais-mais-violentos-do-planeta/>>. Publicado em: 7 jul. 2014. Aceso em: 8 set. 2015.

BURIOLLA, M. A. F. **Estágio Supervisionado**, 3. ed. São Paulo: Cortez, 2001. 176 p.

CACHAPUZ, A.; OLIVEIRA, M. T. Metaphorical Language, Science Teaching and the Initial Teacher Training in Portugal. What's Missing? *In: CONFERENCE TEACHER EDUCATION IN EUROPE*, Glasgow, 1990. **Proceedings...** Glasgow, Escócia: Jordanhill College, 1990.

CAMPOS, E. Kuhn e o conceito de anomalia: aplicação ao estudo da oxidação de Lipoproteínas. **Química: Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, n. 92, pp. 42-45, 2004.

CAMPOS, S. L. B. A natureza divina em Tomás de Aquino: A via da Analogia. **Filosofante**, 2 nov. 2008, 41 p. Disponível em: <http://filosofante.org/filosofante/not_arquivos/pdf/Via_Analogia.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2015.

CAPELA, R. J. Fundamentos ontológicos de Fernando Pessoa. **Revista Estudos Filosóficos**, São João del-Rei, n. 2, pp. 131-147, 2009.

CEARÁ. Secretaria da Educação do Estado do Ceará. **Apostila de PTPS - e-Jovem: Chegando Junto ao Mercado de Trabalho**. Disponível em: <http://ead.seduc.ce.gov.br/file.php/1/projeto-emn/doc/Apostila_PTPS_Unidade_4.pdf>. Publicado em: 2013. Acesso em: 18 fev. 2015.

CENTNER, D. The mechanisms of analogical learning. *In*: VOSNIADOU, S.; ORTONY, A. **Similarity and Analogical reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, p. 199-241.

CHARMAZ, K.; MITCHELL, R. G. **Grounded theory in ethnography**. Atkinson, 2001.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais**. 11. Ed. São Paulo: Cortez, 2010. 164 p. (Biblioteca da educação. Série 1. Escola, v. 16).

CICHON, A. C. 10 fatos um tanto desagradáveis sobre o corpo humano. **HypeScience**. Disponível em: <<http://hypescience.com/10-fatos-um-tanto-desagradaveis-sobre-o-corpo-humano/>>. Publicado: 18 jul. 2013. Acesso em: 8 set. 2015.

CONTRERAS, J. **A autonomia do professor**. São Paulo: Cortez, 2002.

CORCIONE D. Fazendo oficina. *In*: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. **VER – SUS Brasil: cadernos de textos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

CREASE, R. P. **A medida do mundo: a busca por um sistema universal de pesos e medidas**. Tradução de George Schlesinger. Rio de Janeiro: Zahar, 2013.

CURTIS, R. V. When is a science analogy like a social studies analogy? A comparison of text analogies across two disciplines. **Instructional Science**, v. 17, pp. 169-177, 1988.

CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. **Instructional Science**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v. 13, p. 99-117, 1984.

DAGHER, Z. R. Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education. **Science Education**, v. 79, n. 3, pp. 295-312, 1995.

DARWIN, C. **A origem das espécies**. Tradução de John Green. São Paulo: Martin Claret, 2005. 629 p. (Coleção A Obra-prima de Cada Autor).

DAWKINS, R. **Desvendando o arco-íris**. Tradução de Rosaura Eichenberg. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

_____. **O relojoeiro cego: a teoria da evolução contra o desígnio divino**. Tradução de Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

_____. **O capelão do diabo: ensaios escolhidos**. Tradução de Rejane Rubino. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

DELIZOICOV, N. C. **O movimento do sangue no corpo humano: história e ensino.** 2002. 275 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

DENCKER, A. F. M.; VIÁ, S. C. **Pesquisa empírica em ciências humanas (com ênfase em comunicação).** São Paulo: Futura, 2001. 190 p.

DIAS, A. O fundo da garrafa. **Bolsa de mulher.** Disponível em: <<http://www.bolsademulher.com/estilo/o-fundo-da-garrafa>>. Acesso em: 9 set. 2015.

DUARTE, M. C. Analogias na educação em Ciências: contributos e desafios. **Investigações em Ensino de Ciências.** Porto Alegre: v. 10, n. 1, 2005.

DUARTE, M. S. *et al.* Perspectivas para além da racionalidade técnica na formação de professores das ciências. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, Florianópolis, 2009. Anais...* Florianópolis: Abrapec, 2009.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education.** Nova Iorque: v. 75, p. 649-672, 1991.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências,** v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.

ENGELSTEIN, M. Ação da membrana plasmática e efeitos do diabetes. *In: REVISTA NOVA ESCOLA. Gente que Educa.* Disponível em: <<http://www.gentequeeduca.org.br/planos-de-aula/acao-da-membrana-plasmatica-e-efeitos-do-diabetes>>. Acesso em: 6 set. 2015.

ESTUDO explica por que cachorros espirram tanta água enquanto bebem. **G1: Ciência e Saúde.** Disponível em: <<http://glo.bo/1yVF3WL>>. Publicado em: 26 nov. 2014. Acesso em: 9 set. 2015.

EVANS, L. Ceasa recebe até 70 mil pessoas por dia, que equivale à população de Ouro Preto. **Jornal Estado de Minas.** Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/agropecuario/2015/07/20/interna_agropecuario,670250/ceasa-recebe-ate-70-mil-pessoas-por-dia-que-equivale-a-populacao-de-ouro-preto.shtml>. Publicado em: 20 jul. 2007. Acesso em: 6 set. 2015.

FABIÃO, L. S.; DUARTE, M. C. As analogias no ensino de Química: um estudo no tema Equilíbrio Químico com alunos/futuros professores de Ciências. *In: NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. (Org.). Analogias, Leituras e Modelos no Ensino de Ciência: a sala de aula em estudo.* São Paulo: Escrituras, 2006. (Educação para a ciência, 6).

FARIAS, M. E.; BANDEIRA, K. S. O uso das analogias no Ensino de Ciências e de Biologia. **Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente,** v. 2, n. 3, pp. 60-71, dez. 2009.

FARIAS, M. E.; GODINHO, J. D.; PROCHNOW, T. R. O uso de analogias na prática docente dos estagiários em Ciências. *In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO E CARIBENHO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS DO INTERNATIONAL COUNCIL OF ASSOCIATIONS FOR SCIENCE EDUCATION (ICASE)*, 4, Londrina, 18-21 set. 2011. **Anais...** Londrina, UEL, 2011.

FÁVERO, M. L. A. Universidade e estágio curricular: subsídios para discussão. *In: ALVES, N. (Org.). Formação de Professores: pensar e fazer*, 11. ed. São Paulo: Cortez, 2011. (Coleção Questões de nossa Época, 30).

FERREIRA, L. C.; NASCIMENTO, T. C.; FLISTER, C. V. Futebol e metáfora na mídia. **Revista (Con)Textos Linguísticos**, Vitória, v. 8, n. 10.1, p. 231-244, 2014.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, L. M. V. **Metodologia científica para iniciantes em pesquisa**. 4. ed. Vitória: Incaper, 2012.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de Biologia no Ensino Médio. **Revista da ABRAPEC**. Belo Horizonte: UFMG, v.1, n. 3, p. 124-135, 2001.

_____. Construção do conhecimento e ensino de ciências: papel do raciocínio analógico. **Revista Educação**. Santa Maria: UFSM, v. 27, n. 1, p. 39-54, 2002.

_____. Uso espontâneo de analogias por professores de Biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.

FERRY, A. S. **Analogias e contra-analogias: uma estratégia didática auxiliar para o ensino de modelos atômicos**. 2008. 260 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3 ed. Tradução de Joice Elias Costa. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405 p. (Métodos de Pesquisa).

FONSECA JÚNIOR, W. C. Análise de conteúdo. *In: DUARTE, J.; BARROS, A. (Orgs.). Métodos e técnicas de pesquisa em Comunicação*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

FOSSILE, D. Um passeio pelos estudos da metáfora. **Revista de Letras**, Curitiba, n. 13, pp. 1-15, 2011.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E. **Analogias e situações problematizadoras em aulas de Ciências**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2010. 310 p.

FRASSON, M. V.; CAMPOS, L. M. L. A opção pela licenciatura e pela profissão de professor: razões reveladas pelas vozes de licenciandos em Ciências Biológicas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS*, 8, Campinas, 5-9 dez. 2011. **Anais...** Campinas: Abrapec, 2011.

FREITAS, L. P. S. R. **O uso de analogias no Ensino de Química: uma análise das concepções de licenciandos do curso de Química da UFRPE**. 2011. 182 f. Dissertação

(Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

FREITAS, H. A. **Saberes docentes pedagógicos computacionais**. 2012. 116 f. Dissertação 9Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y Analogías en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de Modelo Didáctico Analógico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 2, 2001, pp. 231-242.

GALLAS, M. R. **Energia nuclear: fissão, fusão, aplicações**. Porto Alegre: UFRGS, s.d. 37 eslaides, colorido. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~marcia/FN_aula3.pdf>. Acesso em: 9 set. 2015.

GARBI, G. G. **A Rainha das Ciências: um passeio histórico pelo maravilhoso mundo da Matemática**. 3. ed. ver. e ampl. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2009.

GARCIA, G. Cientistas dizem ter disparado laser de 2 quatrilhões de watts, o mais potente do mundo. **INFO online**. Disponível em: <<http://info.abril.com.br/noticias/ciencia/2015/07/cientistas-afirmam-ter-disparado-o-feixe-de-laser-mais-poderoso-do-mundo.shtml>>. Publicado em: 28 jul. 2015. Aceso em: 9 set. 2015.

GAUTHIER, C. *et al.* Por uma teoria da Pedagogia, 3. ed. Tradução de Francisco Pereira. Ijuí: Unijuí, 2013. 480 p. (Coleção Fronteiras da Educação).

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Tradução de Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2009. 198 p. (Coleção Pesquisa qualitativa).

GENTNER, D. Generative analogies as mental models. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE COGNITIVE SCIENCE SOCIETY*, 3, BERKELEY, 1981. **Proceedings...** Berkeley, p. 97-100, 1981.

GEORGALIS, S. How Big, How Far, How Fast. **The Universe**. Estados Unidos: Flight 33 Productions, temp. 7, ep. 1, 45 min., 29 abr. 2012.

_____. Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. **Cognitive Science**, n. 7, p. 155-170, 1983.

GILBERT, S.W. An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 26, n. 4, pp. 315-327, 1989.

GLYNN, S. M. The Teaching with analogies Model. *In: Childrens comprehension of text*. Newark: International Reading Association, p. 185-204, 1989.

_____. Explaing science concepts: a teaching-with-analogies model. *In: GLYNN, S. M.; YEANY, R. H.; BRITTON, B. K. The psychology of learning science*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, p. 219-240, 1991.

GLYNN, S. M. *et al.* Teaching Science with Analogies: a resource for teachers and textbook writers. **Instrumental Resource**, 7. Atlanta: National Reading Research Center, University of Georgia, 1994.

GONZÁLEZ GONZÁLEZ, B. M. **Las analogías en el proceso enseñanza – aprendizaje de las ciencias de la naturaleza**. 2002. 650 f. Tese (Doutorado em Didática das Ciências Experimentais). Universidad de La Laguna, La Laguna, 2002.

_____. El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. **Revista Iberoamericana de Educación**. OEI, n. 37, dez. 2005.

GREVE nas universidades federais empurra ano letivo para 2013. **G1**. Disponível em: <<http://glo.bo/QI4oiQ>>. Publicado em: 13 set. 2012. Acesso em: 9 fev. 2015.

GRUBER, E. C. **Preparation for the Miller Analogies Test**. New York: Simon and Schuster, 1972.

GUIMARÃES, H. S.; LESSA, A. C. **Figuras de Linguagem: teoria e prática**, 14. ed. São Paulo: Atual, 1988. (Tópicos de Linguagem: Gramática).

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Science Analogies: avoid misconceptions with this systematic approach. **The Science Teacher**, 61, 40-43, 1994.

_____. Teaching and learning with analogies: friend or foe? *In*: AUBUSSON, P. J.; HARRISON, A. G.; RITCHIE, S. M. (Eds.) **Metaphor and analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006. (Science & Technology Education Library, v. 30).

HOFFMANN, M.B.; SCHEID, N.M.J. Analogias como ferramenta didática no ensino de Biologia. Ensaio **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2007.

HOUAISS, A. **Houaiss eletrônico**, v. 3.0. Rio de Janeiro: Objetiva, jun. 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/10Q>>. Acesso em: 6 set. 2015.

IMBERNÓN, F. **Formação docente e profissional: formar-se para a mudança e a incerteza**, 9. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 128 p. [Coleção questões da nossa época, 14].

IMPRESSORA 3D cria carro de Fórmula 1 do tamanho de grão de areia. **G1: Ciências e Saúde**. Disponível em: <<http://glo.bo/H3KWLv>>. Publicado em: 30 mar. 2012. Acesso em: 16 jan. 2016.

IÑIGUEZ, L. (Coord.). **Manual de Análise do Discurso em ciências Sociais**. Tradução de Vera Lúcia Joscelyne. Petrópolis: Vozes, 2004.

JOLY, C. A. [mar. 2013]. *In*: ANDRADE, R. O. Entre desafios, conceitos e ameaças. **Revista Pesquisa Fapesp**, mar. 2013.

JONES, M. G. *et al.* Teacher's concepts of spatial scale: an international comparison. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 14, pp. 2462-2482, 2013.

JORGE, W. Analogia no Ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n. 3, pp. 196-202, dez. 1990.

KAHN, F. **Der Mensch als Industriepalast**. Cromolitografia. Stuttgart: National Library of Medicine, 1926.

KARPLUS, R.; PULOS, S.; STAGE, E. K. Early adolescents' proportional reasoning on 'rate' problems. **Educational Studies Mathematics**, n. 14, pp. 219-233, 1983.

KENSKI, V. M. A vivência escolar dos estágios e a prática de pesquisa em estágios supervisionados. *In*: FAZENDA, I. *et al.* **A Prática de Ensino e o Estágio Supervisionado**, 9. ed. Campinas: Papirus, 2003. 39-51 pp. (Coleção magistério: Formação e trabalho pedagógico).

KRAPAS, S. *et al.* Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, pp. 185-205, 1997.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1978.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, pp. 247-260, 2003.

LAKOFF, G. The Contemporary Theory of Metaphor. *In*: ORTONY, A. (Ed.), **Metaphor and Thought**, 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

LAKOFF, G.; JOHNSON, M. **Metaphors we live by**. Chicago: University of Chicago Press, 2003. 256 p.

LAURINDO, A. No Brasil 200 mil morrem ao ano por conta do fumo. **Cruzeiro do Sul**. Disponível em: <<http://www.cruzeirosul.inf.br/materia/476448/no-brasil-200-mil-morrem-ao-ano-por-conta-do-fumo>>. Publicado em: 31 mai. 2013. Acesso em: 28 out. 2015.

LAWSON, A. E. The importance of analogy: a prelude to the special issue. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 10, pp.1291-1307, 1993.

LESH, R.; POST, T.; BEHR, M. Proportional Reasoning. *In*: HIEBERT, J.; BEHR, M. (Eds.) **Number Concepts and Operations in the Middle Grades**. Reston: Lawrence Erlbaum & National Council of Teachers of Mathematics, pp. 93-118, 1988.

LESSA, V. E. A compreensão do conceito de número fracionário: significado medida. *In*: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE MATEMÁTICA, 13, Recife, 26-30 jun. 2011. **Anais...** Recife: IACME, 2011.

LIMA, E.; MACHADO, L. A evasão discente nos cursos de licenciatura da Universidade Federal de Minas Gerais. **Educação Unisinos**, v. 18, n. 3, p. 121-129, 2014.

LIPPE, E. M. O.; BASTOS, F. Formação inicial de professores de Biologia: fatores que influenciam o interesse pela carreira do magistério. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE

PESQUISA NO ENSINO DE CIÊNCIAS, 6, 26 nov.-2 dez. 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, UFSC, 2007.

LIVI, R. P. Como estimar dimensões e grandezas físicas: pequenos e grandes números. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis: CBEF, v. 7, n. 2, pp. 128-132, ago. 1990.

LOPES, A. C. B.; ALVES, G. S.; SILVA, N. O. **Educação sexual e transversalidade**. Belém: EdUFPA, 2008. (Obras completas Educimat; v.30).

LORENCINI JÚNIOR, A. **O professor e as perguntas na construção do discurso em sala de aula**. 2000. 243 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LUCAS, L. B. **Axiologia relacional pedagógica e a formação inicial de professores de Biologia**. 2014. 285 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

MACHADO N. J. A alegoria em Matemática. **Estudos avançados**, v. 5, n. 13, pp. 79-100, 1991.

MAIA, G. Desvendando os fascínios do raio. **O setor elétrico**, n. 58, nov. 2010.

MAINGUENEAU, D. **Termos-chave da análise do discurso**. Belo Horizonte: UFMG, 1998.

MANHÃES, E. Análise do discurso. *In*: DUARTE, J.; BARROS, A. (Orgs.). **Métodos e técnicas de pesquisa em Comunicação**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARCELOS, M. F. **Analogias e Metáforas da Árvore da Vida, de Charles Darwin, na Prática Escolar**. 2006. 202 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

MARTON, F. Descoberto o maior objeto do universo. **Superinteressante**. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/descoberto-o-maior-objeto-do-universo>>. Publicado em: 5 ago. 2015. Acesso em: 8 set. 2015.

MATA, M. M. S.; LIMA, A. A. Analogias como um instrumento didático para melhoria do ensino-aprendizagem de Química: um olhar no livro didático. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 65, Recife, 2013. **Anais...** Recife: SBPC, 2013.

MEC-SEB – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DA CULTURA – SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC-SEB, 2006.

MENDIAS-LAURO, M. A razão áurea e os padrões harmônicos na natureza, artes e arquitetura. **Exacta**. São Paulo: Universidade Nove de Julho, n. 3, pp. 35-48, 2005.

MENESES, A. S.; FERREIRA; O. M. F.; NASCIMENTO; L. M. M. Avaliação de uma sequência didática sobre células para o Ensino Fundamental: contribuições de licenciandos

para a aproximação escola-universidade. *In*: COLÓQUIO INTERNACIONAL "EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE", 6, São Cristóvão, 20-22 set. 2012. **Anais...** São Cristóvão, 2012.

MENNA, S. H. **Máquinas, gênios e homens na construção do conhecimento**: uma interpretação heurística do método indutivo de Francis Bacon. 2011. 401 f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Universidade Estadual de Campinas, 2011.

MINEIRÃO vai fornecer energia suficiente para iluminar 900 casas. **BHAZ**: Belo Horizonte de A a Z. Disponível em: <<http://www.bhaz.com.br/mineirao-vai-fornecer-energia-suficiente-para-iluminar-900-casas/>>. Publicado em: 16 mai. 2013. Acesso em: 9 fev. 2015.

MIRANDA, R. Prefeitura da Barra de São Miguel é multada em R\$ 200 mil. **Aqui Acontece**. Disponível em: <<http://aquiacontece.com.br/noticia/2015/04/16/prefeitura-da-barra-de-sao-miguel-e-multada-em-r-200-mil>>. Publicado em: 16 abr. 2015. Acesso em: 9 jun. 2015.

MÓL, G. S. **O uso de analogias no Ensino de Química**. 1999. 225 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de Química brasileiros destinados ao Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, pp. 67-91, 2000.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MOREIRA, A. F. B. A formação de professores e o aluno das camadas populares: subsídios para debate. *In*: ALVES, N. (Org.). **Formação de Professores**: pensar e fazer, 11. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 108 p. (Coleção Questões de nossa Época, 30).

MOZZER, N. B. **O ato criativo de comparar: um estudo das analogias elaboradas por alunos e professores de Ciências**. 2008. 201 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MURACHCO, F. Y. A noção de analogia no Timeu de Platão e na tradução de Cícero. **Hypnos**, n. 12, p. 77-48, 2004.

NAGEM, R. L.; CARVALHAES, D. O.; DIAS, J. A. Y. T. Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. **Revista Portuguesa de Educação**. Braga: Universidade do Minho, v. 14, n. 1, pp. 197-213, 2001.

NAGEM, R. L. *et al.* Analogias e metáforas no cotidiano do professor. *In*: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 26, 2003. Poços de Caldas. **Minicursos...** Poços de Caldas: ANPEd, 5-8 out. 2003.

NAISSINGER, M. A. **Notação científica**: uma abordagem contextualizada. 2010. 48 f. Monografia (Especialização em Matemática, Mídias Digitais e Didática) – universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2010.

NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. (Org.). **Analogias, leituras e modelos no ensino de ciência: a sala de aula em estudo**. São Paulo: Escrituras, 2006. (Educação para a ciência, 6).

NEWTON, L. D. the occurrence of analogies in elementary school science book. **Instructional Science**, v. 31, pp. 353-375, 2003.

NÓBREGA, R. B. *et al.* Oficinas de produção em ensino de Ciências e de Biologia: uma proposta metodológica de formação inicial de professores. *In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO A DOCÊNCIA/UFPB*, 12. 2009, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa, UFPB, 2-4 dez. 2009.

NUNES, C. M. F. Saberes docentes e formação de professores: um breve panorama da pesquisa brasileira. **Educação & Sociedade**, ano 22, n. 74, pp. 27-42, abr. 2001.

NUNES, R. R.; FERRAZ, D. F.; JUSTINA, L. A. Estudos relativos a analogias no ensino de ciências. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA NO ENSINO DE CIÊNCIAS*, 6, 26 nov.-2 dez. 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, UFSC, 2007.

OBSERVATÓRIO NACIONAL. A escala do universo: comparando distâncias. *In: Ead: Astrofísica Geral 2013*. Disponível em: <http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap4-distancia/distancia.html>. Acesso em: 6 mai. 2015.

OLIVA MARTÍNEZ, J. El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, n. 3, p. 363-384, 2004.

_____. Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 5, n. 1, ene. 2008, pp. 15-28.

OLIVA MARTÍNEZ, J. *et al.* Cambiando las concepciones e creencias del profesorado de ciencias en torno al uso de analogías. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 4, n. 1, 2001.

_____. Cambiando las concepciones y creencias del profesorado de ciencias en torno al uso de analogías. **Revista Iberoamericana de Educación** (versión electrónica), 1-15, 2003.

OLIVEIRA, A. J. Conheça o jequitibá-rosa 'Patriarca', a árvore mais velha do Brasil. **Revista Galileu**. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Biologia/noticia/2015/01/conheca-o-jequitiba-rosa-patriarca-arvore-mais-velha-do-brasil.html>>. Publicado em: 12 jan. 2015. Acesso em: 8 set. 2015.

OLIVEIRA, E. F. **Analogias e Metáforas como Recursos Didáticos para o Ensino da Matemática**. 2005. 126 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

OLIVEIRA, F. **Grammatica da linguagem portuguesa**. Lisboa: Casa d'Germão Galharde, 1536.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. 232 p.

OLIVEIRA, E. A. G.; LEITE, C. III Ensino de Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental: análise de livros e documentos oficiais. *In: Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, 3. Curitiba, 2014. **Anais...** Curitiba: UTFPR, 2014.

OLIVEIRA, T. M. A.; MOZZER, N. B. Investigando as concepções sobre analogias de futuros professores de Química. *In: SIMPÓSIO MINEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA*, 3, 18-20 set. 2015, Juiz de Fora. **Resumos...** Juiz de Fora, UFJF, 2015.

OLIVEIRA *et al.* Causas do *bullying*: resultados da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, v. 23, n. 2, 2015.

ORICCHIO, L. Temperatura no reator é 10 vezes maior que a do Sol. **Estadão**. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,temperatura-no-reator-e-10-vezes-maior-que-a-do-sol-imp-,986454>>. Publicado em: 20 jan. 2013. Acesso em: 8 set. 2015.

ORLANDI, E. L. P. Prefácio. *In: PÊCHEUX, M. O discurso: estrutura e acontecimento*. 4 ed. Tradução de Eni Puccinelli Orlando. Campinas: Pontes, 2006.

ORLANDO, T. C *et al.* Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**. São Paulo: SBBq, n. 1, 2009.

PACHECO, J. A. B. **Formação de professores: teoria e práxis**. Portugal: Appacdm, 1995.

PEDROSO, C. V.; AMORIM, M. A. L.; TERRAZZAN, E. A. Uso de analogias em livros didáticos de biologia: um estudo comparativo. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 6, Florianópolis, 2007. **Anais...** Florianópolis: Abrapec, 26 nov.-2 dez. 2007.

PENIN Y SANTOS, S. **Harmônicas em geração distribuída**. 2011. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

PERELMAN, C. **Analogia e Metáfora**. Lisboa: Imprensa Nacional/Casa da Moeda, v. 11, 1987.

_____. Analogía y metáfora en ciencia, poesía y filosofía. **Revista de Estudios Sociales**, n. 44, p. 198-205, dic. 2012.

PERELMAN, C.; OLBRECHTS-TYTECA, L. **Tratado da argumentação: a nova retórica**. Tradução de Maria Ermantina Galvão. São Paulo: Martins Fontes, 2005. 653 p.

PEREZ, M. **Grandezas e medidas: representações sociais de professores do Ensino Fundamental**. 2008. 201 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

PERUZZO, C. M. K. Observação participante e pesquisa-ação. *In: DUARTE, J.; BARROS, A. (Orgs.). Métodos e técnicas de pesquisa em Comunicação*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

PESSANHA, J. A. M. Aristóteles: vida e obra. *In*: ARISTÓTELES. **Tópicos dos argumentos sofisticos**. Seleção de Textos de José Américo Motta Pessanha. Tradução de Leonel Vallandro e Gerd Bornheim. São Paulo: Nova Cultural, 1987. (Os Pensadores).

PICONEZ, S. C. B. A Prática de Ensino e o Estágio Supervisionado: a aproximação da realidade escolar e a prática da reflexão. *In*: FAZENDA, I. *et al.* **A Prática de Ensino e o Estágio Supervisionado**, 9. ed. Campinas: Papyrus, 2003. 15-38 pp. (Coleção magistério: Formação e trabalho pedagógico).

PIMENTA, S. G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. *In*: PIMENTA, S. G. (Org.). **Saberes pedagógicos e atividade docente**. São Paulo: Cortez, 2006.

PINTO, J. P. A. **A viola caipira de Tião Carreiro**. 2008. 371 f. Dissertação (Mestrado em Música) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PONTE, J. P. *et al.* **O desenvolvimento do conceito de proporcionalidade directa pela exploração de regularidades**: tarefas para o 1.º e o 2.º Ciclos do Ensino Básico, Materiais de Apoio ao Professor. Lisboa: Universidade de Lisboa e Universidade da Beira Interior, set. 2010.

QUEIRÓS, A. J. V. Os bastidores da caverna de Platão (entrelinhas de uma alegoria). **O que nos faz pensar**, n. 24, pp. 95-115, out. 2008.

RAGAZZI, J. 21 Imagens que farão você repensar sua existência. **Tudo Interessante**: curiosidades, imagens e vídeos interessantes. Disponível em: <<http://www.tudointeressante.com.br/2014/11/21-imagens-que-farao-voce-repensar-sua-existencia.html>>. Publicado em: 20 nov. 2014. Acesso em: 8 set. 2015.

RANG, H. P.; DALE, M. M. **Farmacologia**. 6. ed. Tradução de Raimundo Rodrigues Santos *et al.* Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

RANGEL, A. C. S. **Educação Matemática e a construção do número pela criança**: uma experiência em diferentes contextos sócio-econômicos. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992.

RATZLAFF, F. Language Threads: Similar Metaphors and Notions across Languages. *In*: **Policy Science**, v. 12, n. 3, p. 17-27, 2011.

RESENDE, N. Quadrilha teria desmatado 30 campos de futebol por ano na Mata Atlântica do Paraná. **Paraná Portal**. Disponível em: <<http://www.paranaportal.com.br/blog/2015/06/12/quadrilha-teria-desmatado-30-campos-de-futebol-por-ano-na-mata-atlantica-do-parana/>> Publicado em; 12 jun. 2015. Acesso em: 10 set. 2015.

RESENDE, V. M.; RAMALHO, V. **Análise do discurso crítica**. São Paulo: Contexto, 2006. 158 p.

RESENDE FILHO, E. P. A interpretação de Pierre Aubenque dos usos filosóficos da analogia em Platão. **O que nos faz pensar**, n. 24, out. 2008.

RICOEUR, P. **A metáfora viva**. São Paulo: Loyola, 2000.

RIGOLON, R. G. **O conceito e o uso de analogias como recurso didático por licenciandos de Biologia**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Educação para as Ciências e o Ensino de Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

_____. As analogias quantitativas e a nova classificação pela natureza da relação analógica. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 9, Águas de Lindoia, 2013. **Anais...** Águas de Lindoia: Abrapec, 10-14 nov. 2013.

RIGOLON, R. G.; NARDI, R. Analogia quantitativa de área na formação de licenciandos em Biologia e Física. *In: CONGRESO INTERNACIONAL DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA*, General Roca, Argentina, 9-11 oct. 2014. **Anales...** ADBiA, 2014.

RIGOLON, R. G.; OBARA, A. A utilização de analogias por licenciandos de Biologia. *In: ENCONTRO PARANAENSE DE PSICOPEDAGOGIA – ABPPPR*, 2, Maringá, 2007. **Anais...** Maringá: ABPPPR, 2007.

_____. O conceito de analogias por licenciandos de Biologia. **Revista Teoria e Prática da Educação**, v. 13, n. 3, p. 19-31, set./dez. 2010.

_____. Distinção entre analogia e metáfora para aplicação do modelo Teaching with analogies por licenciandos de Biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 481-498, 2011.

RODRIGUES, A. E. A. **Sistemas de numeração**: evolução histórica, fundamentos e sugestões para o ensino. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado Profissional de Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2013.

RODRIGUES, L. P. Analogias, modelos e metáforas na produção do conhecimento em Ciências Sociais. **Pensamento Plural**, Pelotas, v. 1, pp. 11-28, jul./dez. 2007.

ROSA, S.; PIMENTEL, N.; TERRAZZAN, E. A. O uso de analogias em um livro didático destinado ao ensino de Química de grau médio. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 6, Florianópolis, 2007. **Anais...** Florianópolis: Abrapec, 26 nov.-2 dez. 2007.

SALGADO, J. C. Analogia. **Revista Brasileira de Estudos Políticos**, Belo Horizonte, v. 91, p. 45-76, 2005.

SALIH, M. A Proposed Model of Self-Generated Analogical Reasoning for the Concept of Translation in Protein Synthesis. **Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia**, v. 31, n. 2, 2008. pp. 164-177.

SANTANA, I. C. H. **Ensino de Biologia por analogias**: possibilidades desde a formação de formadores. 2014. 224 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SANTOS, F. D. Paris! Vamos desinvestir nos combustíveis fósseis? **Público**. Disponível em: <<http://www.publico.pt/ecosfera/noticia/paris-vamos-desinvestir-nos-combustiveis-fosseis-1698371?frm=ult>>. Publicado em: 9 jun. 2015. Acesso em: 9 jun. 2015.

SANTOS, I. P. Histórico da Matemática na Perspectiva do Pensamento Analógico. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA MATEMÁTICA*, 9, Aracaju, 2011. **Anais...** Aracaju: SBHM, 2011. p. 1-8.

SANTOS, D. B.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Utilização do Modelo Didático Analógico (MDA) no ensino de Ciências: uma experiência sobre a estrutura da Terra. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.8, n. 2, pp. 20-27, 2013.

SANTOS, S. C. S.; TERÁN, A. F.; NAGEM, R. L. Analogias e metáforas por professores de Ciências de escolas municipais de Manaus-AM, Brasil. *In: SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA*, 3, Manaus, 2013. **Anais...** Manaus, 2013.

SANTOS, S. C. S.; TERÁN, A. F.; SILVA-FORSBERG, M. C. Analogias em livros didáticos de Biologia no ensino de Zoologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, pp. 591-603, 2011.

SARDINHA, T. B. **Metáfora**. São Paulo: Parábola, 2007. 168 p. (Lingua[gem], 24).

SERWAY, R. A.; JEWETT JUNIOR, J. W. Introdução e vetores. *In: Princípios da Física: vol. I – Mecânica Clássica*. Tradução de André Koch Torres Assis. São Paulo: Thompson Learning, 2007.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000. 256 p.

SILVA, E. A. **Pensamento proporcional e Regra de Três: estratégias utilizadas por alunos do Ensino Fundamental na resolução de problemas**. 2008. 208 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2008.

SILVA, C. P. **Grandezas, funções e escalas: uma relação entre a Física e a Matemática**. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SILVA, E. RC está entre as 15 cidades paulistas que mais emitem CO₂. **Jornal Cidade**. Disponível em: <<http://www.jornalcidade.net/rio-claro/destaque-foto/rc-esta-entre-15-cidades-paulistas-que-mais-emitem-co2/>>. Publicado em: 31 out. 2014. Acesso em: 9 jun. 2015.

SILVA, M. **Complexidade da formação de professores: saberes teóricos e saberes práticos**. São Paulo: Editora UNESP e Cultura Acadêmica, 2009. 114 p.

SILVA, M. J. F. **Sobre a introdução do conceito de número fracionário**. 1997. 238 f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1997.

SILVA, C. A. S.; MARTINS, M. I. Analogias e metáforas nos livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, pp. 255-287, ago. 2010.

SILVA, M. B. P. M.; SOUZA, S. R.; SILVA, R. L. Analisando as ideias dos licenciandos(as) de Química sobre algumas analogias apresentadas nos livros didáticos de Química do Ensino

Médio. *In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO*, 13, 2013. Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 9-13 dez. 2013.

SILVA, T. P. *et al.* Analisando a formação e a prática em Educação Ambiental dos professores de Ciências Naturais de uma escola pública do município de Soledade-PB. *In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA/UEPB*, 2012. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UEPB, 2012.

SILVEIRA, J. F. P. **Três noções numéricas básicas**: número, numeral e algarismo. Disponível em: <<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa7a.html>>. Publicado em: 20 mai. 2001. Acesso em: 5 jun. 2015.

SOARES, M. A. S.; NEHRING, C. M. Proporcionalidade: uma análise de livros didáticos do Ensino Fundamental. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DE MATEMÁTICA*, 6, 16-18 out. 2013. Canoas. **Anais...** Canoas: Ulbra, 2013.

SOUZA, J. R. L. M., SANTOS, E. D., NAGEM, R.L. Uma proposta de classificação de analogias para o ensino nas Ciências da Saúde. *In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS*, 9, 9-12 sep. 2013. Girona. **Anales...** Girona, 2013.

SPINILLO, A. G. As relações de primeira-ordem em tarefas de proporção: uma outra explicação quanto às dificuldades das crianças. **Psicologia**: Teoria e Pesquisa, Brasília, v. 9, n. 2, pp. 349-364, 1993.

SPIRO, R. *et al.* Multiple Analogies for Complex Concepts: Antidotes for Analogy-Induced Misconception in Advanced Knowledge Acquisition. *In: VOSNIADOU, S.; ORTONY, A.* (Eds.). **Similarity and Analogical Reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, pp. 498-531.

STRAUSS, A. L. **Qualitative analysis for social scientists**. Nova Iorque, Cambridge University Press, 1987. P. 336 p.

SUCUPIRA, L. Volume de informação digital supera a quantidade de grãos de areia do planeta. **Sobre duas rodas**: motoblog. Disponível em: <<http://www.luissucupira.com.br/volume-de-informacao-digital-armazenada-supera-a-quantidade-de-graos-de-areia-do-planeta/>>. Publicado em: 14 fev. 2011. Acesso em: 7 set. 2015.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 14. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

TAYLOR, R. The universe as you've never seen it before: photographer creates incredible pictures of what it would look like if planets were closer. **Daily Mail**. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2345679/Photographer-Ron-Miller-creates-incredible-pictures-look-like-planets-closer.html>>. Criado em: 21 jun. 2013. Acesso em: 15 out. 2015.

TERENCE, A. C. F.; ESCRIVÃO FILHO, E. Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 26, Fortaleza, 2006. **Anais...** Fortaleza: Abepro, 2006.

THIELE, R. B.; TREAGUST, D. F. Analogies in Senior High School Chemistry Textbooks: a critical analysis. *In: RESEARCH CONFERENCE IN CHEMISTRY AND PHYSICS EDUCATION. Paper...* Dortmund, jun. 1992.

_____. The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. **Instructional Science**, v. 22, pp. 61-74, 1994.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 12. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

TORQUATO, G. A gravidez semana a semana: tudo sobre o desenvolvimento do bebê. *In: Ler Saúde*. Disponível em: <<http://www.lersaude.com.br/a-gravidez-semana-a-semana-tudo-sobre-o-desenvolvimento-do-bebe/>>. Publicado em: 21 mar. 2013. Acesso em: 6 set. 2015.

TREAGUST, D. F. *et al.* **The FAR guide for teaching and learning science with analogies**. Perth: Curtin University of Tecnology, 1995.

TREAGUST, D. F.; HARRISON, A. G.; VENVILLE, G. J. Teaching Science Effectively With analogies: An Approach for Preservice and Inservice Teacher Education. **Journal of Science Teacher Education**, v. 9, n. 2, pp. 85-101, 1998.

ULIANOV, P. Y. Explicando a variação do raio do próton nos experimentos com hidrogênio muônico. **Vixra**. Disponível em: <<http://vixra.org/pdf/1302.0085v1.pdf>>. Publicado em: ago. 2010. Acesso em: 6 set. 2015.

VASCONCELOS, S. D.; LIMA, K. E. C. O professor de Biologia em formação: reflexão com base no perfil socioeconômico e perspectivas de licenciandos de uma universidade pública. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 323-340, 2010.

VIEIRA, J. H.; BROCANELI, P. F. Lâmpadas Moser. *In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC*, 63, 10-15 jul. 2011, Goiânia. **Anais...** SBPC: Goiânia, 2011.

VILAS BOAS, A. V. O.; SILVANY NETO; A. M. Elaboração e validação de questionário de avaliação da qualidade científica de pesquisas epidemiológicas. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 36, n. 2, p. 432-464, abr./jun. 2012.

VOSNIADOU, S.; ORTONY, A. Similarity and analogical reasoning: a synthesis. *In: S. Vosniadou, S; Ortony, A. (Eds.). Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, pp. 199-241.

WILBERS, J.; DUIT, R. On the micro-structure of analogical reasoning: the case of understanding chaotic systems. *In BEHRENDT, H. et al. (Eds.). Research in Science Education: Past, Present and Future*. The Netherlands: Kluwer Academic, 2001. p. 205-210.

WONG, E. D. Self-Generated Analogies as a Tool for Constructing and Evaluating Explanations of Scientific Phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 4, pp. 367-380, 1993.

_____. Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 10, pp. 1259-1272, 1993b.

ZAMBOM, L. B.; PICCINI, I. P.; TERRAZZAN, E. A. Comparando a utilização de analogias em livros didáticos para a educação em ciências. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 7, Florianópolis, 2009. **Anais...** Florianópolis: Abrapec, 2009.

ZEITOUN, H. Teaching scientific analogies: a proposed model. **Research in Science and Technological Education**. Londres: Taylor & Francis, v. 2, p. 107-125, 1984.

APÊNDICES

“Nunc vos existimate facta an dicta pluris sint.”
“Avaliai agora se valem mais os fatos ou as palavras.”
Salústio, *Bellum Iugurthinum* (c. 112 a.C.)

- I) Questionário impresso;
- II) Questionário projetado;
- III) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- IV) Medidas para atividades de modelagem da intervenção pedagógica;
- V) Transcrição das respostas dos questionários.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE BAURU – FACULDADE DE CIÊNCIAS
Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência

Questionário da Pesquisa sobre Medidas – Prof. Rafael Rigolon e Prof. Roberto Nardi

PARTE 1 – INFORMAÇÕES PESSOAIS (*)

Nome: _____

Curso: _____ Período: _____

Data de nascimento: ____/____/____

1) Já está lecionando? () Sim () Não

PARTE 2 – QUESTIONÁRIO

Questão 1: _____

Questão 2: _____

Questão 3: _____

(*) Todas as informações fornecidas neste documento serão utilizadas apenas para fins e pesquisa e seu nome será mantido em sigilo.

Questão 4: _____

Questão 5: _____

Questão 6: _____

Questão 7a: _____ **Questão 7b:** _____

Questão 7c: _____ **Questão 7 d:** _____

Questão 8:
_____ :

Questão 9: _____

Rascunho para contas (caso necessário)

Questão 10: _____



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE
MESQUITA FILHO” CAMPUS DE BAURU
Faculdade de Ciências
Grupo de Pesquisa “Ensino de Ciências”

Pesquisa sobre medidas

Prof. Rafael Gustavo Rigolon
Prof. Roberto Nardi

Instruções para preenchimento do questionário

- ▶ Preencham a Parte I – Informações Pessoais;
- ▶ Escrevam com caneta (podem rasurar quando precisar);
- ▶ As onze questões aparecerão nesta projeção;
- ▶ Só se passará para a próxima pergunta quando todos tiverem respondido a atual;
- ▶ **As questões carecem de ser respondidas individualmente, sem consulta aos colegas, tendo em vista não alterar as concepções individuais;**
- ▶ Respondam silenciosamente;
- ▶ Sejam sinceros.

▶ **Obrigado pela colaboração!** O Ensino de Ciências agradece.

QUESTÃO 1

Marte, quando mais próximo da Terra, está a **60 milhões de km.**

Como você explicaria o quão grande é essa distância para alunos do Ensino Médio?



QUESTÃO 2

Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar.

Tem um diâmetro aproximado de **143 000 km.**

Como você explicaria a alunos do Ensino Médio o tamanho de Júpiter?

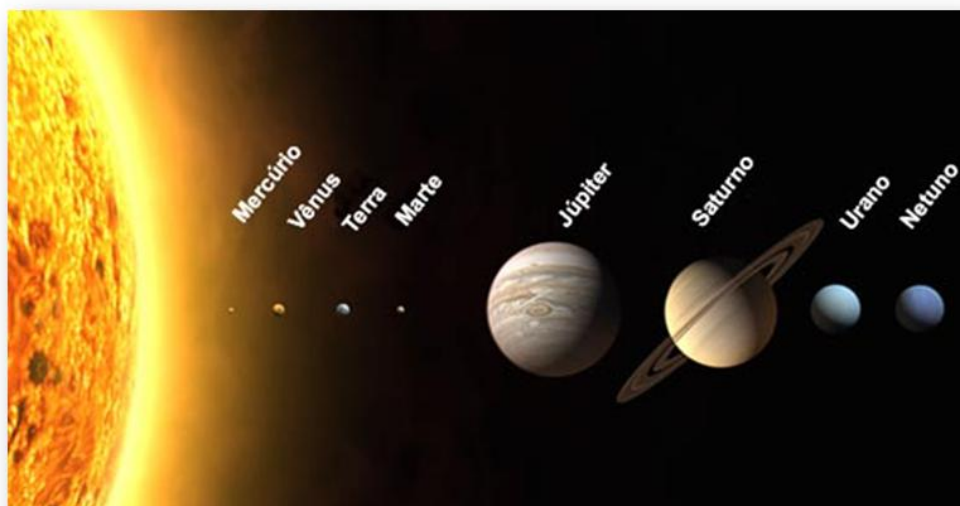
QUESTÃO 3

A velocidade orbital média da Lua é de **1.022 km/s**.

Como você explicaria o quão veloz é a Lua, a alunos do Ensino Médio, sem citar esse valor?

QUESTÃO 4

Que significado equivocado se poderia ter a partir da interpretação desta figura?



QUESTÃO 5



Que avaliação você faz da estratégia da revista em comparar a área do fungo com a de 47 Maracanãs?



QUESTÃO 6

O Mineirão é o primeiro estádio da Copa a ganhar um sistema de energia solar. Segundo a Cemig, as placas fotovoltaicas do estádio em capacidade para produzir 1,42 megawatt, o equivalente a iluminação de aproximadamente [...].

- a) 9.000 lâmpadas
- b) 900 casas;
- c) 200 escolas;
- d) 1 bairro;
- e) metade da cidade de Arealva/Teixeiras.

Considerando que todas as alternativas estão, relativamente, corretas, qual você escolheria para explicar a alunos do Ensino Médio quanto vale 1,42 megawatt? Por quê?



QUESTÃO 7

Miller Analogy Test

Usado em processos de admissão em Universidades do EUA

Exemplo:

CIMA está para BAIXO assim como CÉU está para TERRA

CIMA : BAIXO :: CÉU : TERRA

7a) MARTELO: _____ :: CHAVE DE FENDA : PARAFUSO

7b) SANGUE : ARTÉRIAS :: CARROS : _____

7c) DOCE : AMARGO :: _____ : IRRITADO

7d) _____ : OCEANO :: CASA : EDIFÍCIO

QUESTÃO 8

Diâmetro aproximado:

SOL: $1,3 \times 10^9$ m

TERRA: $1,3 \times 10^7$ m

SOL : TERRA :: _____ : _____

QUESTÃO 10

No Brasil 200 mil morrem ao ano por conta do fumo

Campanha terá manifestações no mundo todo; mas em Sorocaba nenhuma atividade está programada sobre a data

200 mil pessoas é o equivalente a _____.

QUESTÃO 9

Domínio na Terra:

DINOSSAUROS:

Do Período Jurássico ao Cretáceo: 135 milhões de anos.

HUMANOS:

Período Pleistoceno: últimos 0,2 milhões de anos.

Se, em uma reta, a existência humana equivalesse a **dois milímetros**, quanto mediria a predominância dos dinossauros na Terra?

Muito obrigado pela participação!

Prof. Rafael Gustavo Rigolon
Prof. Roberto Nardi

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Anuência do entrevistado)

(De acordo com a Resolução número 196/96 sobre Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde - Brasília - DF).

Eu, _____, portador do RG nº. _____, declaro para os devidos fins e a quem possa interessar que concordo em participar voluntariamente da Pesquisa sobre estratégias de ensino de macro e micromedidas, coordenada pelo Prof. Me. Rafael Gustavo Rigolon, sob orientação do Prof. Dr. Roberto Nardi, do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências, Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, *Campus* de Bauru. Dessa forma, autorizo o uso ético das informações prestadas e coletadas pelo pesquisador do referido projeto, bem como com a publicação de dados derivados desta coleta, tendo conhecimento que minha identidade será mantida em sigilo.

Por ser verdade, dato e assino em duas vias de igual teor.

Viçosa/MG, ____ de _____ de 2015.

MEDIDAS PARA ATIVIDADES DE MODELAGEM DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

ATIVIDADE DE MODELAGEM DO SISTEMA SOLAR

Corpo celeste	Distância média do Sol	Distância do Sol (escala reduzida)	Diâmetro	Diâmetro (escala reduzida)
Sol	-		1 392 684 km	
Mercúrio	0,387 ua		4 879 km	
Vênus	0,723 ua		12 104 km	
Terra	1 ua		12 756 km	
Lua	0,0025 ua*		3 475 km	
Marte	1,524 ua		6 794 km	
Ceres (cinturão de asteroides)	2,766 ua		975 km	
Júpiter	5,203 ua		142 984 km	
Saturno	9,539 ua		120 536 km	
Urano	19,182 ua		51 118 km	
Netuno	30,058 ua		49 572 km	
Plutão (cinturão de Kuiper)	39,586 ua		2 306 km	
Éris (disco disperso)	67,841 ua		2 340 km	
Nuvem de Oort	50 000 ua		50 000 ua	
<i>Proxima Centauri</i>	4,22 ly		0,15 r _☉	
<i>VY Canis Majoris</i>	4 900 ly		2 100 r _☉	
GRB 090423	30 bilhões ly		-	
Universo	-		93 bilhões ly	

* Distância da Terra.

ua (unidade astronômica) = 149 597 870, 7 km

ly (*light-year*: anos-luz) = 9 460 730 472 580,8 km = 63 241,1 ua

r_☉ (raio solar) = 696 000 000 km

ATIVIDADE DE MODELAGEM DO MICROCOSMO

Elemento	Tamanho médio	Escala
Ameba (Ø)	200 µm	
Ovócito II (Ø)	120 µm	
Adipócito branco (tamanho)	100 µm	
Fio de cabelo (espessura)	60 µm	
Pólen (Ø)	30 µm	
Hemácia (Ø)	7 µm	
Espermatozoide (comprimento, Ø)	60 µm (cabeça: 4 µm)	
Leucócito (Ø)	16 µm	
Diatomácea (Ø)	10-100 µm	
Lactobacilo (Ø)	5 µm	
HIV (Ø)	1 nm	
Mitocôndria (tamanho)	0,7 µm	
Proteína (Ø)	10 nm	
DNA (largura)	2,3 nm	
Aminoácido (Ø)	0,1 nm	

TRANSCRIÇÃO DAS RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS

As respostas foram transcritas *ipsis litteris*. Os termos avaliativos com significação comum são anotados em itálico (BARDIN, 2011). As rasuras legíveis foram transcritas em texto tachado (~~exemplo~~).

QUESTÃO 1) Marte, quando mais próximo da Terra, está a 60 milhões de km. Como você explicaria o quão grande é essa distância para alunos do Ensino Médio?

BMG1) Não respondeu.

BMG2) Cálculo do tempo gasto (carro): “Pediria a eles que *imaginassem uma viagem de carro*; se esse carro estivesse viajando constantemente a 80 km/h sem nunca parar ele demoraria x (\rightarrow 85 anos para chegar) anos para chegar.”

BMG3) Sem estratégia (sem competência): “Não tenho noção de distância”

BMG4) Analogia de unidade (quantidade [dinheiro]): “Explicaria que é uma distância muito grande, não sendo possível usar formas de medidas convencionais. Mas como acredito que eles saibam o quanto é grande a quantia de *1 milhão de reais*, poderia fazer a analogia falando que a distância é tão grande, referente a *60 vezes o milhão*.”

BMG5) Cálculo do tempo gasto (carro): “Faria comparação com a duração da viagem de carro até a cidade vizinha que todos já visitaram. Por exemplo: se vocês gastarem uma hora de carro até a cidade mais próxima, que fica a 60 km, *vocês gastariam 1 milhão de vezes mais dentro do carro viajando*. Podemos converter essa escala em dias - ou anos - para que os alunos percebessem a dimensão.”

BMG6) Analogia de grandeza (comprimento terrestre [entre polos]): “Talvez comparar distâncias entre pontos conhecidos em nosso planeta, como por exemplo, distância *entre um polo e outro da Terra*. Conhecendo essa distância poderia calcular quantas vezes o percurso deveria ser realizado para equivaler a 60 milhões de km.”

BMG7) Analogia de grandeza (distância [Brasil-Japão]): Eu pesquisaria a distância de um determinado ponto a outro, exemplo, ir do *Brasil ao Japão*, e com essa distância eu ~~f~~ dividiria 60 ~~km~~ milhões de km por essa distância, me dando o número de idas e voltas do Brasil ao Japão, com isso eu explicaria a distância de Marte pela quantidade de ida e volta ao Japão.”

BMG8) Analogia de grandeza (distância [viagem]): “Eu usaria a comparação. Perguntaria a um aluno qual a *viagem mais longa* que ele já tenha feito. Estimaria a distância percorrida pelo aluno. Então dividiria os 60 milhões de km pela quilometragem da viagem e expressaria a distância entre Terra e Marte em nº de viagens necessárias àquele destino proposto pelo aluno.”

BMG9) Analogia de grandeza (comprimento terrestre [circunferência], Distância [pontos conhecidos]), Cálculo do tempo gasto (avião): “Ensino médio é um nível que já possui noção de distância, números, etc. Fazer uma analogia como quantas *voltas ao mundo* podiam ser dadas ou quantas viagens *a um local conhecido* seria mais palpável. Outra possibilidade é falar *quanto tempo um avião levaria* para fazer essa viagem.”

BMG10) Analogia de grandeza (distância [pontos conhecidos]): “Procuraria alguma *distância mais conhecida* pelos alunos para poder explicá-los. Algo assim, utilizar algo ~~para~~ conhecido ou pelo menos mais fácil de imaginar. Ex: 60 x a distância de *tal a tal lugar*...”

BMG11) Analogia de grandeza (distância [escola-mercado, viagem]): “Escolheria um referencial correspondente a 1 km em um bairro conhecido pelos alunos e falaria que a distância de Marte à Terra corresponde a essa distância multiplicada por 60 milhões de vezes. Ex: A distância da *escola* ao “*mercado x*” é cerca de 1 km. Imagine essa distância multiplicada 60 milhões de vezes! Complementaria com outros exemplos, de distâncias de viagens dado pelos alunos.”

BMG12) Analogia de grandeza (comprimento terrestre [circunferência]): “Explicaria com base na *circunferência da Terra*, de quantas “voltas” no planeta teríamos que dar para percorrer 60 milhões de km.”

BMG13) Sem estratégia (incompreensibilidade): “Mesmo sendo a distância mais próxima para nosso referencial ainda é algo muito distante é *difícil conseguir um parâmetro de comparação*. Pensem que é algo muito grande, além de qualquer distância que eles já percorreram em sua mais longa viagem.”

BMG14) Analogia de proporção (distância [cidades conhecidas]), Escala (quadro-negro): “Responderia fazendo um analogia com uma escala métrica menor. Talvez a distância entre duas cidades longes uma da outra e uma terceira mais próxima (*cidades de conhecimento dos alunos*) ou então, calculando em escala essa distância em relação ao *tamanho do quadro negro e comparando as distâncias Terra-Lua, Terra-Marte, Lua-Marte.*”

BMG15) Analogia de grandeza (comprimento [campo de futebol]), Analogia de proporção (comprimento e distância [objetos]): “Para tentar trazer facilitar a visualização por parte dos alunos, eu tentaria fazer analogias, utilizando “objetos” com que eles estejam mais familiarizados, tais como um *campo de futebol* (quantos campos seriam necessários) ou com *objetos* dispostos em uma *mesa*, aumentando a distância entre eles proporcionalmente a distância referida.”

BMG16) Analogia de grandeza (comprimento [campo, de futebol, Mineirão, prédio]): “Eu poderia pesquisar o tamanho de um *campo de futebol*. E dividir 60.000.000 pelo valor que eu encontrei, depois dizer quantos ~~distâncias~~ *campos do Mineirão* existem até Marte. Poderia usar outros exemplos também. Agora estou sem ideia. Poderia pegar a altura de um *prédio* da cidade também”

BMG17) Não respondeu.

BMG18) Analogia de grandeza (distância [viagem]): “~~Digamos que você precisaria caminhar todos os anos da sua vida, ou mais, para chegar lá e talvez, ainda assim não chegaria lá~~ Perguntaria qual *viagem mais longa* que ele fez e faria uma conta para lhe mostrar ~~o quanto ele precisaria viajar para chegar em Marte~~ quantas viagens dessa ele faria p/ chegar em Marte.”

BMG19) Gradação, Analogia de grandeza (distância [pontos]): “Um modo de aproximá-los de um número tão grande é tentar reduzi-lo em unidades menores, como quanto equivale *1 milhão de km, 100 km, 1 km*. Outra forma é compará-lo a algum tipo de escala numérica ou relacionar com distâncias reais. Ex: É como *de um lugar a outro* tantas vezes.”

BMG20) Analogia de grandeza (comprimento terrestre [circunferência]): “Comparar com *voltas no planeta terra* (½, 1, 2, 3... não sei quantas seriam.). Aproveita-se e mostra pontos importantes das cidades que iriam passando na linha imaginária. Pirâmides do Egito, torre Eiffel, esse tipo de monumento. (Sabe-se que não estão em linha reta, mas, devido a idade, dá para se abstrair). [Há um episódio da “Liga da justiça” que o Flash faz isso.]”

BSP1) Analogia de grandeza (distância [cidades, países]): “Faria uma comparação relacionando distância entre *cidades*, (escala) *países*.”

BSP2) Analogia de grandeza (distância [pontos conhecidos, viagem], comprimento terrestre [diâmetro]): “Através de imagens com distâncias proporcionais às reais, comparando com *distâncias conhecidas* por eles, como por exemplo quantos *planetas Terra caberiam* entre um e outro planeta, a *viagem mais longa* que algum aluno já fez, etc.”

BSP3) Escala (quadro-negro, programa computacional), “A distância entre a Terra e Marte poderia ser explicada através de um *esquema* feito na *lousa*, sobre o quão grande é essa distância. Ou através da utilização de um *programa* baixado na internet chamado Stellarium.”

BSP4) Analogia de grandeza (distância [cidades, países]): “~~Uma época do ano, o planeta Marte se “aproxima” do nosso planeta. Essa medida. Em outros períodos essa distância aumenta, tudo dependendo do movimento de translação da Terra.~~ Daria exemplos da *distância entre as cidades, países*, para que eles tenham uma noção.”

BSP5) Ênfase em conceitos básicos (unidades de medidas), escala (mapas): “*Retomaria as definições matemáticas de metro e quilômetro*, traria a história que conta de onde vieram tais padronizações. Após essas definições daria alguns diferentes exemplos, envolvendo geografia (*mapas*) e só então explicaria a distância de Marte da Terra.”

BSP6) Analogia de grandeza (distância [países conhecidos]): “Pensaria quantas vezes (em km) o *Brasil* está longe de um certo *país (de conhecimento deles)* e quantas idas e vindas seriam necessárias entre o Brasil e tal país, o que equivaleria a 60 milhões de km.”

BSP7) Analogia de grandeza (distância [países]), Conversão de unidade de medida: “Tentaria exemplificar com exemplos mais próximos ou reais, tipo a *distância entre países* extremos, quantas vezes daríamos p/ ir ~~ou~~ e voltar. Talvez *transformar a unidade Km* que é menos usual p/ uma unidade mais próxima de sua rotina como o *metro*, p/ eles conseguirem enxergar a dimensão real da distância”.

BSP8) Não respondeu.

BSP9) Analogia de grandeza (distância [pontos conhecidos]): “Por meio de comparação com distâncias já conhecidas por eles, por exemplo, utilizaria *dois pontos* com uma *distância conhecida* e por meios matemáticos propor uma estrapolação.”

BSP10) Analogia de grandeza (distância [cidades conhecidas]): “Promoveria uma discussão sobre qual *cidade ou lugar que esses alunos já viajaram*, perguntaria a quantos km aproximadamente o lugar de destino é em relação a nossa cidade e faria uma proporção de quantas vezes a distância de Marte é em relação à essa medida.”

BSP11) Cálculo do tempo gasto (não especificado): “Podemos comparar com quantas horas demoramos p/ chegar em uma cidade longe, por exemplo. Uma cidade “x” está a 500 km da cidade de onde você mora e demora x y horas para você chegar até lá a 100 km/h. Dessa forma, pode-se fazer as contas para *quantas horas seria necessário para chegar até Marte* numa velocidade de 100 km/h, também.”

BSP12) Gradação: “Eu explicaria que *1 km é igual a 1000 m*, e mostraria a eles uma fita métrica de 1 metro. Depois falaria que Marte está a 60 milhões de vezes aquele 1 km de distância.”

BSP13) Analogia de grandeza (distância [cidades]): “Faria uma conta relacionando a distância de Marte com a *distância* da cidade em que estamos com *uma outra cidade*. “Iria e voltaria x vezes a tal lugar””

BSP14) Analogia de grandeza (comprimento terrestre [circunferência]): “Tentaria comparar com o n° equivalente ao n° de voltas que ele poderia dar *ao redor da Terra* com a msm distância (ex: 4 voltas)”

BSP15) Analogia de grandeza (distância [viagem]): “Podemos imaginar *uma viagem longa* que os alunos fizeram e dividir 60 milhões de km pela quilometragem desta viagem, e teríamos um número bastante grande de idas e vindas para percorrer tal distância.”

BSP16) Cálculo do tempo gasto (foginete): “Explicaria que *demoraria 1 ano* pra chegar lá mesmo em um *foguete* espacial.”

BSP17) Analogia de grandeza (comprimento terrestre [diâmetro]): “Explicaria *quantas Terras caberiam* nessa distância, enfileirando-as uma do lado da outra.”

FMG1) Analogia de grandeza (distância [cidades]): “Pegaria uma cidade como referência (como por exemplo: *Viçosa à Belo Horizonte*) supondo que tenha uns 300 km; daí eu tomava quantas vezes eu precisava de ir para BH até que chegasse essa distância de Marte.”

FMG2) Analogia de proporção (comprimento e distância [objetos]): “Faria uma comparação com dois *objetos* em escala menor, demonstrando que mesmo objetos de dimensões muito *pequenas* a *distância* ainda seria irrisoriamente maior.”

FMG3) Analogia de grandeza (comprimento terrestre [raio]), Escala (não especificado): “60 milhões = $6,0 \times 10^7$ km distancia de Marte; $\approx 6 \times 10^3$ km raio da Terra. Compararia as ordens de grandeza (entre as medidas acima), afinal um aluno de ensino médio teoricamente deveria saber potencias de dez. Também poderia *reescalar* esses valores para outros mais palpáveis para fazer tal comparação. Pois da mesma forma escalas é um conteúdo de ensino médio.”

FMG4) Conversão de unidade de medida, Gradação: “1 km são 100 metros, → como já devem saber, imaginem 1000 km e uma coisa bem grande, agora imaginem 1000 vezes e coisa grande, ja é uma coisa gigantesca, agora pegue 60 vezes coisas gigantescas dessas e coloque uma atrás da outra e “meça” (→ imagine) o comprimento. Essa e a distância da Terra a Marte.”

FMG5) Analogia de grandeza (distância [cidades conhecidas]): “Estaria relacionando a uma grandeza que o aluno já conheça, como por exemplo, a distância entre duas cidades conhecidas. O valor é pequeno em comparação ao dado que queremos relacionar (60 milhões de km), porém, podemos relacionar à grandeza que estamos querendo relacionar.

FMG6) Analogia de grandeza (comprimento [Maracanã]): “Para explicar distâncias dessa magnitude é bom usar algo de que “todos” conhecem, por exemplo o estádio do Maracanã. Para que os alunos entendam a ordem de grandeza de medida.”

FMG7) Analogia de grandeza (comprimento [estádio de futebol]): “Compararia com a dimensão de coisas do cotidiano. Exemplo: essa distância equivale a “tantos” estádios de futebol.”

FMG8) Conversão de unidade de medida (): “Eu trabalharia com Eu explicaria através da convenção de unidades. Onde 1 km = 100 m.”

FMG9) Analogia de grandeza (comprimento terrestre [circunferência]): “Com o número de voltas que daríamos no planeta para chegar a essa medida mesma distância.”

FMG10) Gradação: “Tomaria alguns primeiro medidas menores com centímetros, dando exemplos práticos (como tamanho de caneta), passaria para metros, km (sempre citando exemplos do cotidiano) até chegar em milhares e milhões de km.”

FMG11) Analogia de grandeza (distância [cidades]): “Um milhão de vezes a distância daqui até uma cidade em média à 60 km de distância. “é como se você percorresse o caminho daqui até esta cidade 1.000.000 de vezes”.

FSP1) Escala (papel): “Faria os alunos pesquisarem diversas distâncias e montarem um gráfico em escala com essas distâncias. Obviamente não será possível em um papel milimetrado de tamanho A4, então assim demonstrarei o quão grande é essa distância.”

FSP2) Gradação, Cálculo do tempo gasto (caminhada, luz): “Imagine 1 km. Agora multiplique por 60 milhões. Imagine andar tudo isso... Se a luz tem velocidade de 3.10^3 m/s, calcule o quanto que ela vai gastar pra andar tudo isso.”

FSP3) Não respondeu.

FSP4) Analogia de grandeza (distância [cidades conhecidas]): “Realizando uma comparação por meio de algo conhecido, como a distância entre dois lugares conhecidos. Ex: A menor distância entre a Terra e Marte é igual a x vezes a distância entre Bauru e New York; ou outro exemplo deste tipo.”

FSP5) Ênfase em conceitos básicos (medidas, planetas): “Para explicar essa questão, teria que trabalhar anteriormente a questão de medidas na área da matemática, e a relação de planetas, astronomia na área da Física.”

FSP6) Não respondeu.

FSP7) Gradação: “Explicaria essa distância para alunos do ensino médio mostrando inicialmente um metro, posteriormente passando a noção do que seria 1 km e em seguida que o valor da distância de Marte à Terra é 60 milhões de vezes esse valor. Tentaria também comparar com algo já conhecido.”

FSP8) Não respondeu.

FSP9) Analogia de grandeza (comprimento [objeto conhecido]): “Faria uma comparação com *algo* que de algum tamanho que eles conheçam.”

FSP10) Ênfase em conceitos básicos (Sistema Solar, unidades de medidas, distância): “Depende da situação social que este aluno se encontra, de suas concepções espontâneas do seu dia a dia, conhecendo-as o que o aluno sabe sobre distâncias e ~~em~~ sistema solar seria obrigado a *apresentar a bases* científicas suficientes para que ele abstraia a três dimensões do *sistema solar* e faria uma apresentação de *unidades de medidas* de proporções para que ele consiga entender o conceito de *distância*.”

QUESTÃO 2) Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar. Tem um diâmetro aproximado de 143 000 km. Como você explicaria a alunos do Ensino Médio o tamanho de Júpiter?

BMG1) Não respondeu.

BMG2) Analogia de proporção (diâmetro [bola de gude, bola de handebol]): “A Terra é grande, não é? Então se essa *bolinha de gude* é a Terra, Jupiter seria aproximadamente essa ~~o~~ *bola de futsal handball*, Esse seria o exemplo usado para que os aluno tivessem a noção do tamanho de Jupiter.”

BMG3) Sem estratégia: “*Não tenho noção de distância comprimento*”

BMG4) Analogia de grandeza (distância [lugares distantes]): “Acredito que trabalhar com analogia torna mais fácil a compreensão. Pesquisaria distância entre *lugares bem distantes* para fazer essa aproximação.”

BMG5) Ênfase em conceitos básicos (volume): “Se usarmos uma comparação com o diâmetro de um objeto conhecido tal como objetos cilíndricos ou esferas que cabem nas mãos e ampliarmos dez vezes para que o aluno perceba o efeito da ampliação no *volume* (se aumentarmos o diâmetro uma vez, em que proporção o tamanho do objeto aumenta?), assim poderemos aplicar à a diâmetros tão grandes.”

BMG6) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Explicaria em relação ao tamanho do *nosso planeta Terra*. Conhecendo esse tamanho poderia dizer que Júpiter é x vezes maior que a Terra.”

BMG7) Analogia de grandeza (diâmetro [laranja, Terra]): “Eu pesquisaria o diâmetro de Júpiter pelo da *laranja* e dividiria o diâmetro de Júpiter pelo da *laranja*, com isso eu falaria quantas vezes é maior Júpiter é maior que a *laranja*. O mesmo posso fazer pesquisando o diâmetro de outras coisas mais empíricas, talvez, a Terra.”

BMG8) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Como são alunos do ensino médio, já possuem uma noção melhor de medidas. Assim usaria de comparação entre o diâmetro da Terra para que eles estimassem quão grande é Júpiter. Neste caso, os alunos já estariam familiarizados com o raio da *Terra*, usado na disciplina de Física para explicar Gravitação Universal.”

BMG9) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra, Lua]): “Fazendo a consideração de que se trata de um corpo esférico, seria bom comparar o tamanho que o aluno já tem noção como a *Terra e a Lua*. Esse diâmetro corresponde a x vezes o diâmetro da Terra, por exemplo.”

BMG10) Ênfase em conceitos básicos (volume): “Seria interessante fazer a introdução das fórmulas de *volume* e etc, utilizando o diâmetro (raio). E sempre comparando com coisas, ~~pela~~ conhecidas para que os alunos tenham ponto de referência.”

BMG11) Analogia de grandeza (distância [viagem]): “Parecido com o anterior. Usaria um exemplo de *viagem* interestadual que possui 1000 km para tentar aproximar à realidade dos alunos (praia, viagem à casa de parentes etc.) Multiplicaria por 143 e explicaria que o valor resultante corresponde à distância percorrida entre duas extremidades do planeta em linha reta passando pelo centro dele. Com desenho, claro!”

BMG12) Sem estratégia: “Ainda fica um pouco abstrato, mas do mesmo modo que eles conseguem pensar em uma esfera de raio de 70 mm, talvez eles consigam expandir o pensamento para uma de

70.000 km de raio. A partir do momento que eles conseguirem imaginar essa distância de 70.0000 km, o pensamento desta distância como o raio de uma esfera se torna mais fácil.”

BMG13) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Relacionaria o tamanho de Júpiter com o tamanho da *Terra*, pois mesmo sendo grande eles tem noção do quanto o diâmetro da Terra também é grande. Com isso eu falaria que Júpiter é x vezes maior que nosso planeta.”

BMG14) Analogia de proporção (diâmetro [pizzas, algo visível]): “Explicaria o tamanho de Júpiter fazendo analogia entre tamanho (diâmetro) de *pizzas* que representassem os planetas (ou mesmo somente Terra e Júpiter). Ou seja, utilizando de uma escala métrica faria uma comparação com algo visível e próximo da realidade dos alunos.”

BMG15) Analogia de proporção (diâmetro [rodas de carro, rodas de carro de brinquedo]): “Novamente eu usaria analogias. Com esse exemplo, usaria diâmetros “cotidianos”. Tais como *rodas de carro*, de diversos tamanhos, e até *de carrinhos de brinquedos*, para exemplificar da melhor maneira possível. Colocaria uma roda para diferentes planetas, e as compararia, de acordo com o diâmetro de cada uma.”

BMG16) Analogia de grandeza (volume [Terra]): “Os alunos conhecem a *Terra*. Uma ~~le~~ ideia que eu utilizaria seria comparar estes dois planetas. Quantas Terras cabem em Júpiter seria um jeito de fazer isso”

BMG17) Analogia de proporção (diâmetro [bolas]): ~~“Não mostra~~ mostraria a partir de uma sequência de tamanhos variados de *bola*, e mostraria a partir dessas os tamanhos variados de diâmetro. E partir disto faríamos uma discussão até chegarmos ao diâmetro de 143000 km.”

BMG18) Analogia de grandeza (volume [Terra]), Escala (bolas de isopor): “Calcularia o diâmetro da Terra fazendo comparação de *quantas Terras* precisaríamos p/formar Júpiter. Ou faria uma ~~esquema~~ *representação com bolinhas de isopor* mostrando a diferença de tamanho entre Júpiter e Terra.”

BMG19) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Primeiramente faria uma comparação com o tamanho do planeta *Terra*, que todos já tem um noção, e na verdade, para o aluno, pouco importa o tamanho, em números, do Planeta Júpiter, e sim, ter uma ideia de como é em relação a outros.”

BMG20) Analogia de proporção (diâmetro [esferas, bola de gude, bola de basquete]): “Comparar uma *esfera* pequena a uma muito grande na mesma proporção. Por exemplo, uma *boleba pequenina* de gude a uma *bola de basquete*, ou *esfera maior*. Não sei quais objetos usar, pois não tenho ideia de proporção, porém a ideia é esta.”

BSP1) Escala (bola de isopor): “Usaria ~~var~~ *bolinhas de isopor* de vários tamanhos para mostrar a diferença de tamanho de Júpiter em relação há outros planetas”

BSP2) Analogia de grandeza (distância [pontos conhecidos, viagem], diâmetro [Terra]): “Da *mesma maneira que a questão 1*”.

BSP3) Escala (programa computacional, quadro-negro): “Por meio do *programa mencionado, Stallarium*, e ilustrando na *lousa*.”

BSP4) Ênfase em conceitos básicos (diâmetro): “Primeiro retomaria o conceito de *diâmetro* e depois daria certos exemplos de distâncias grandes, para eles notarem e perceberem o quão grande é 143.000 Km.”

BSP5) Ênfase em conceitos básicos (proporção), Analogia de proporção (diâmetro [objetos]), Escala (modelo): “Explicaria o que é *proporção*, mostraria exemplos, assim compararia, utilizando *objetos* ou *modelos*, diferentes tamanhos de planetas, contendo Júpiter, em proporções menores relacionando com os tamanhos reais.”

BSP6) Analogia de grandeza (comprimento [Brasil]): “Segundo a mesma linha de raciocínio porém, dessa vez, como se trata de diâmetro, eu usaria o tamanho por exemplo do *Brasil* para exemplificar o diâmetro.”

BSP7) Analogia de proporção (diâmetro [objetos]): “Compararia \neq tipos de *objetos* de escalas tbm diferentes para que a princípio eles conseguissem formular, talvez mentalmente o aumento desses objetos e suas dimensões no espaço.”

BSP8) Não respondeu.

BSP9) Analogia de grandeza (distância [pontos conhecidos]): “*Idem ao nº 1*”

BSP10) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra, Sol]): “Primeiramente falaria da circunferência em km da *Terra* e do *Sol* para depois citar Jupiter, para que os alunos consigam ter uma idéia de diferença numérica e consequentemente de tamanho.”

BSP11) Analogia de proporção (frutas, esferas): “Utilizaria *frutas* ~~para~~ de tamanhos diferentes (*acerola, laranja, melão, e melancia e etc*) para comparar o tamanho dos planetas. Obs: poderia utilizar outros objetos esféricos.”

BSP12) Analogia de grandeza (diâmetro [bola de vinil]): “Eu usaria uma *bola daquelas de plástico colorido grandes* para medir e de acordo com a medição eu falaria que Júpiter é x vezes maior do que aquela bola.”

BSP13) Escala (bola de isopor): “Faria uma escala comparando objetos de tamanhos diferentes, por exemplo *bolas de isopor*.”

BSP14) Analogia de grandeza (distância [lugar distante]): “Usaria algum *lugar distante* do que ele mora para dizer a nº de viagens que são necessárias fazer para percorrer essa mesma distância.”

BSP15) Escala (não específico): “Podemos comparar com o tamanho do planeta Terra e da lua através de representação em *escala* bem menor.”

BSP16) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Diria o tamanho da *Terra* e depois faria uma comparação com Júpiter, dizendo quantas vezes ele é maior que a Terra.”

BSP17) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra], volume [Terra]): “Também explicaria relacionando com o tamanho da *Terra*. Quantas Terras ~~cabem dentro de~~ equivalem ao tamanho de Júpiter.”

FMG1) Analogia de grandeza (distância [cidades]): “Novamente tomaria como referência de uma *cidade a outra* (Por exemplo: Viçosa à Coimbra) supondo que tenha 20 km, para que eu andasse o diâmetro de ~~Marte Júpiter~~ Júpiter seria equivalente a ir aproximadamente 71500 vezes.”

FMG2) Analogia de proporção (diâmetro [objetos, alfinete]): “~~Comparar~~ Levaria um objeto como padrão por exemplo um *alfinete e um outro* (compararia com a Terra por exemplo) e um outro objeto com aproximadamente o número de vezes maior que o primeiro.”

FMG3) Escala (bola de isopor): “Através de simulações com *bolinhas de isopor*, levando em consideração uma escala adequada para relacionar os raios da Terra e de Júpiter, dessa forma a proporção entre esses raios seria mantida e os alunos poderiam verificar a diferença dos tamanhos desses dois planetas.”

FMG4) Analogia de grandeza (distância [Viçosa-Bahia], Gradação): “Gente vocês tem ideia da distância ~~aqui~~ que se tem *daqui a Bahia*; são mais ou menos 1000 km, *Imagem agora 1000 vezes* esta distancia, é uma distância bem maior né. E agora se somarmos 143 distâncias dessas. ~~essa é a distancia~~ esse é o diâmetro de Júpiter.”

FMG5) Analogia de grandeza (distância [cidades]): “Estaria relacionando com a distância entre *duas cidades* conhecidas e estaria multiplicando o valor até coincidir com o diâmetro do planeta Júpiter.”

FMG6) Analogia de grandeza (diâmetro [Lua]): “Para exemplificar o diâmetro de Júpiter podemos usar a *lua* como referência. Por exemplo, dizer quantas luas teriam no céu ~~para que a~~ para que elas tivessem o mesmo diâmetro de Júpiter.”

FMG7) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Diria aos alunos quantos planetas *Terra* poderiam ser dispostos ao longo do diâmetro de Júpiter.

FMG8) Escala (desenho): “Eu usaria um *desenho* de uma esfera para mostrar como seria a forma geométrica de “aproximada” de Júpiter. E faria uso das convenções de unidade.”

FMG9) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Quantas vezes maior que a *Terra*.”

FMG10) Ênfase em conceitos básicos (diâmetro), Gradação: “Introduziria o conceito de *diâmetro* e, assim como o anterior, começaria com pequenas medidas, porém tomando objetos esféricos como bola de “ping-pong”, tênis, volei, basquete, etc... e então tomaria outros planetas, do menor para o maior.”

FMG11) Analogia de grandeza (diâmetro [bola de isopor]): “Usaria a mesma tática anterior. Ai pegaria uma *bola de isopor* c/ diâmetro de aproximadamente 1m, e falaria que o diâmetro de jupiter é 143.000.000 vezes maior.”

FSP1) Escala (papel), Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Acredito que a *resposta da questão anterior* também se aplicaria aqui. Outra maneira que requer menos tempo é utilizar comparações, como quantas vezes maior que a *Terra*, etc.”

FSP2) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Mostraria o diâmetro da *Terra* e pediria comparar com a de Júpiter”

FSP3) Analogia de grandeza (diâmetro [planetas]), Escala (programa computacional): “Colocaria em razão entre outros *planetas*, para mostrar quantas vezes Júpiter é maior que os outros. Também faria analogias comparando seu tamanho com os outros e procuraria um *software* que me auxilia-se”

FSP4) Analogia de grandeza (diâmetro [Lua, Terra], comprimento [campo de futebol, elemento conhecido]): “Realizando uma comparação com a *lua* onde mostraria diferença entre os diâmetros da lua, da *terra* e de Júpiter e, também usar a comparação com um campo de futebol ou outro elemento conhecido.”

FSP5) Ênfase em conceitos básicos (casas decimais, diâmetro): “Trabalharia a questão de *casas decimais* nessa ordem buscando mostrar o seu tamanho. Ensinaria questões sobre *diâmetro*, aplicaria exemplos.”

FSP6) Analogia de grandeza (distância [Bauru-São Paulo]) “Para explicar o tamanho de Júpiter eu tentaria utilizar uma distância como ~~reflora~~ referência. Ex: A distância de Bauru até São Paulo é W. O diâmetro de Júpiter é n vezes a distância de *Bauru até S. Paulo*. Apenas uma análise dimensional.”

FSP7) Gradação, Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Explicaria da mesma maneira da anterior, tentando passar a noção *do que seria 1 km (comparando a 1 metro)* e de que o diâmetro de Júpiter é 143 mil vezes esse 1 km. Também seria interessante fazer comparações, comparando esse valor com o diâmetro da *Terra*, por exemplo.”

FSP8) Não respondeu.

FSP9) Analogia de grandeza (diâmetro [Terra]): “Comparando Júpiter com a *Terra*.”

FSP10) Escala (modelo): “~~As con~~ A partir daqui as concepções já teriam sido levantada, apresentaria o *modelo* do sistema solar com todos os planetas, usaria analogias com sistemas métricos de seu cotidiano e traria para sala um sistema em proporção de tamanhos de todos os planetas, se necessário inventaria uma unidade de medida para a realização da abstração.”

QUESTÃO 3) A velocidade orbital média da Lua é de 1.022 km/s. Como você explicaria o quão veloz é a Lua, a alunos do Ensino Médio, sem citar esse valor?

BMG1) Distância pelo tempo (órbita lunar): “A Terra possui grande diâmetro. A Lua, para girar *em torno da Terra*, percorre essa grande distância em um certo intervalo de tempo.”

BMG2) Distância pelo tempo (cidades, circunferência terrestre): “A lua em sua velocidade media pode ir *daqui a São Paulo* (ou qualquer cidade a 1000 km de distancia) em apenas 1 segundo. pode dar

a volta no mundo em X segundos. Queria poder viajar na velocidade da Lua. Agora aqui... agora São Paulo, depois de um segundo outro lugar.”

BMG3) Não respondeu.

BMG4) Distância pelo tempo (não especificado): “Faria uma correlação ~~desta~~ de *uma grande distância* em um tempo de horas, para que os alunos observem que em poucas horas percorreria uma grande distância.”

BMG5) Distância pelo tempo (órbita lunar): “Explicaria uma das razões para que a velocidade orbital da lua seja alta: como a *lua* dá uma volta *em torno da Terra* no período de 24 horas e a Terra também é um planeta com ~~dia~~ circunferência expressiva, a velocidade que a lua percorre esse trajeto é muito alta.”

BMG6) Escala (modelo): “Talvez utilizar *objetos que possam representar a lua e a Terra* e como se relacionam, utilizando como ferramenta o tempo que a lua gasta para completar uma volta em torno da Terra.”

BMG7) Analogia de grandeza (velocidade [som]), Distância pelo tempo (órbita lunar): Eu falaria que essa velocidade é superior à *velocidade do som* e que o tempo gasto para a lua dar *uma volta na Terra*, com essa velocidade ~~é de um mês~~ é de cerca de um mês.”

BMG8) Distância pelo tempo (órbita lunar), Analogia de grandeza (velocidade [avião]): “Pediria aos meus alunos que chegassem a esse valor da seguinte forma: ~~le~~ Forneceria os dados do tamanho (~~a~~ circunferência) da *órbita da lua* e o tempo gasto por ela para dar uma volta completa. Pediria que calculassem a velocidade média. Depois compararia a velocidade encontrada com a velocidade máxima atingida pelo *avião* mais veloz, o supersônico.”

BMG9) Distância pelo tempo (órbita lunar, Belo Horizonte-Goiânia): “Citando qual o tamanho da *órbita da Lua*, comentaria em quanto tempo seria completada uma volta em torno desta órbita. É possível também comentar que em 1 s a Lua percorre uma distância próxima a entre *BH e Goiânia*, por exemplo.”

BMG10) Analogia de grandeza (velocidade [não especificado]), Distância pelo tempo (Brasil): “Mais uma vez utilizaria uma *vel conhecida* para exemplificar a da Lua. E talvez correlacionaria com o tempo. Ex: como se em 1h um carro a tanto km fosse e voltasse de *uma ponta a outra do Brasil*... algo plausível do gênero - correlacionando com uma fração da volta.”

BMG11) Distância pelo tempo (Viçosa-São Paulo, Viçosa-sul do estado, Viçosa-Paraná): ““A velocidade da lua é tão alta que é como se você *daqui até São Paulo* em 1 segundo.” OBS: *Uma região do Sul do Estado* que tenha 1000 km de distância. Ou Paraná. Pesquisaria o local antes.”

BMG12) Analogia de grandeza (velocidade [carro]): “Trabalharia com uma velocidade padrão de um *carro*, transformaria a medida em unidades de km por segundo, para padronizar com o exemplo e diria: “a velocidade de órbita da lua é x vezes isso”.”

BMG13) Analogia de grandeza (velocidade [meio de transporte]): “A velocidade orbital média da Lua é muito maior que qualquer *meio de transporte* que conhecemos possa alcançar.”

BMG14) Analogia de proporção (velocidade [avião, trem-bala, foguete, guepardo, pessoa, bicicleta, jabuti]): “Explicaria o quão veloz é, por meio da comparação com a velocidade de algo muito rápido (*avião, trem-bala, foguete, o correr de ~~uma~~ um guepardo*) com algo mais lento (*pessoa andando, bicicleta, jabuti*). Ou seja, analogia com coisas em escalas ~~inferio~~ diferentes e proporcionais a da velocidade orbital da Lua.”

BMG15) Analogia de grandeza (velocidade [carro de corrida, velocista, personagem de desenho animado]): “Usaria, mais uma vez, de analogias. Perguntaria a eles qual é o objeto que eles conhecem, que se move mais rapidamente, e compararia com a velocidade em questão. Por exemplo, a velocidade orbital da Lua é x vezes maior que a velocidade de *um carro de fórmula 1, ou do corredor africano (BOLT), ou do personagem do desenho animado*.”

BMG16) Analogia de grandeza (carro, carro de corrida, projétil): “Usar o exemplo da velocidade dos *automóveis* também é válido. Dizer quantas vezes ~~mais~~ a lua é mais veloz do que os *automóveis de*

corrida. Poderia buscar na internet, o valor, em média, da velocidade de uma *bala de revólver* (quando esta, sai da arma) e assim, ~~usar o m~~ dizer quantas vezes mais, a lua é veloz”

BMG17) Analogia de grandeza (distância [corrida por aluno]): “~~Propose~~ria Iria propor aos alunos que eles marcassem a distância que eles conseguem alcançar em um segundo. E então pegaria a *maior distância* e falaria que lua faz ~~tantas~~ quantas vezes mais a lua faria por segundo.”

BMG18) Distância pelo tempo (cidades): “Daria exemplo de *uma cidade* que está há 1000 km de distância de onde estamos e diria que se fosse para alguém deslocar essa distância demoraria 1 segundo.”

BMG19) Distância pelo tempo (órbita lunar): “Mostramos que a lua demora um dia para fazer essa rotação *em torno da terra* toda e que essa velocidade deve ser muito grande para ela percorrer toda essa distância em 24 horas, relacionando com os momentos do dia que são dia ou noites em outros países.”

BMG20) Distância pelo tempo (órbita lunar, Viçosa-Ponte Nova): “Acho que o mais simples é, mais uma vez, dizer em quanto tempo ela ~~gira em torno da Terra~~ daria *em volta na terra*, ou o tempo que levaria para ela sair de *Viçosa e ir a Ponte Nova*, por exemplo. Pode-se comentar das estações, da Lua também, claro que dá para correlacionar com a sua velocidade, mas não estou conseguindo pensar como, precisaria de mais tempo.”

BSP1) Sem estratégia: “~~Pois a Lua demora mais tempo que a Terra p/ dar uma volta em sua órbita.~~ Não sei.”

BSP2) Analogia de grandeza (velocidade [Flash]): “Muito mais rápido que o mais rápido que eles podem imaginar. Muito mais rápido que o *Flash* dos desenhos animados e filmes, rápido pra caramba, mas muito rápido mesmo, nós nos desintegraríamos à esta velocidade.”

BSP3) Escala (programa computacional): “Através da utilização do *programa* já mencionado, tomando como referência, para dizer que a velocidade da Lua é alta.”

BSP4) Analogia de grandeza (velocidade [foguetes]): “À partir do momento que os alunos tem uma noção de medidas, acredito que saberão o quão rápido são 1.022 Km/s. Porém poderia associar ~~ao carro de fórmula um~~ esse fato aos *foguetes*, ou outro exemplos para que esclareçam os alunos.”

BSP5) Analogia de grandeza (velocidade [astros]): “Compararia diferentes velocidades de diferentes *astros*, contendo a lua.”

BSP6) Distância pelo tempo (viagem): “Não tenho noção de quanto equivale 1.022 km/s. Mas eu tentaria comparar com viagem. Por exemplo, em 1 segundo um lugar que fica mais ou menos \pm 1.022 km da onde estamos, portanto em 1 segundo, a essa velocidade, estaríamos lá.”

BSP7) Analogia de grandeza (tempo [carro de corrida]): “Talvez usando instrumentos que estejam mais próximos de sua realidade como *carros de fórmula 1*, o *tempo* que eles demoram p/ percorrer uma pista. Talvez outra forma seria usar medidas não padronizadas, que poderiam ser sugeridas pelos próprios alunos.”

BSP8) Não respondeu.

BSP9) Analogia de grandeza (velocidade [avião, veículos]): “Tentaria utilizar um exemplo já conhecido por eles, *avião* por exemplo. De modo geral o senso comum diz que um avião necessita altas velocidades para ‘voar’, e mesmo assim, ~~o ser~~ podemos observá-lo na céu, algumas vezes, passando lentamente. *Outros veículos* poderiam ser citados.”

BSP10) Analogia de grandeza (velocidade [carro de corrida, trem, metrô, avião, caça]): “Começaria a discutir a velocidade de diferentes transportes humanos *carros de corrida, trem, metro, avião e os aviões caça* do exército. Faria com que eles imaginassem todo eles e o quanto rápido podem ser e diria que a velocidade orbital da Lua é maior que tudo o que eles imaginassem.”

BSP11) Analogia de grandeza (velocidade [carro de corrida]): “*Um carro de fórmula 1* anda em uma velocidade média de 300 Km/h, alerte aos alunos que está é uma velocidade muito alta e faça junto a eles as contas de quantas vezes mais a velocidade de 1.022 Km/s é alta que a do carro ou fórmula 1”

BSP12) Analogia de grandeza (velocidade [carro, avião, trem-bala]): “Eu daria o exemplo do *carro*, que utilizei na questão anterior, ou compararia a um *jato* ou aqueles *trens-bala*.”

BSP13) Analogia de grandeza (velocidade [luz]): “Falaria que a velocidade da Lua e x vezes a velocidade da *luz*.”

BSP14) Analogia de grandeza (velocidade [não especificado]): “Exemplificaria como: “é tantas vezes mais rápida *do que...*”

BSP15) Analogia de grandeza (velocidade [objetos, animais, carro, avião, lince]): “Podemos calcular quantas vezes esta é mais veloz que *objetos e animais* que conhecemos, como *carro, avião, lince, etc.*”

BSP16) Analogia de grandeza (velocidade [avião]): “Ia fazer uma analogia com a velocidade do *avião*, ia dizer: “Sabem a velocidade que um avião tem? O que ele anda em uma hora de vôo, a Lua anda em apenas um segundo.””

BSP17) Analogia de grandeza (velocidade [carro]): “~~Por se tratar de dimensões maiores: tamanho da Lua, seu deslocamento.~~ Tentaria fazer a relação com um *carro*.”

FMG1) Ênfase em conceitos básicos (velocidade), Analogia de grandeza (velocidade [algo cotidiano]): “*Introduziria o conceito de rapidez* e depois relacionava com *algo do cotidiano* do aluno e em seguida falaria sobre a velocidade da Lua.”

FMG2) Analogia de grandeza (distância [carro]): “Para explicação da rapidez de um corpo provavelmente iria usar a distância percorrida em um certo intervalo de tempo e comparar com de um *carro* explicando claro que existe uma diferença por causa da trajetória orbital da Lua.”

FMG3) Distância pelo tempo (não especificada): “Compararia *o quanto* a lua precisa percorrer *de distância* com ~~uma~~ o intervalo de tempo que ela leva para fazer isso. Afinal este é o conceito de velocidade.”

FMG4) Analogia de grandeza (velocidade [carro]): “~~Pois eu quando corro na maior velocidade que consigo atinjo uma velocidade de 0,0083 k/s, que é absurdamente menor que 1.022 k/s~~ Imaginem voce viajando de *carro* com seu pai a 60 km/h. A velocidade orbital da lua e 1000.000 maior que essa. O que vocês acham da velocidade orbital da lua?”

FMG5) Distância pelo tempo (cidades): “Para explicar o valor primeiro estaria relacionando à distância entre 2 *cidades* (para mostrar a distância) e multiplicaria por um valor até conseguir o valor igual ao dado. Depois falaria que ~~esta desl~~ a lua desloca esta distância em um intervalo de tempo bem curto, como um “piscar de olhos.””

FMG6) Distância pelo tempo (orbita lunar): “Comparar a distância da lua a Terra, mostrar o espaço que ela percorre para ~~orbitar~~ dar uma *volta na terra* e o tempo que ela gasta para isso. Usando essas duas noções de medidas podemos imaginar a velocidade orbital da lua.”

FMG7) Distância pelo tempo (distância [cidades], tempo [carro]): “Diria o tempo que ela gastaria para efetuar uma viagem entre *duas cidades*. e, em seguida, compararia o tempo que um *carro* com uma velocidade comum ao nosso dia-a-dia, gastaria para efetuar a mesma viagem.”

FMG8) Analogia de grandeza (velocidade [não especificada]): “Daria um exemplo simples ~~mostra~~ mostrando pela convenção de unidade que ? km/s equivale a certo valor e fazia com que eles *comparassem com esse o valor* da Lua.”

FMG9) Analogia de grandeza (velocidade [carro de corrida]): “Faria uma aproximação comparando a velocidade de *um carro de F1*.”

FMG10) Escala (objetos): “Compararia com *duas coisas menores* uma no centro e a outra “orbitando”.

FMG11) Distância pelo tempo (cidades, estado): “Como se você conseguisse chegar em saísse *daqui* (Viçosa) e conseguisse chegar em um lugar (→ um *estado ou uma cidade* qualquer.) que está a mais de 1000 km daqui em apenas 1 s.”

FSP1) Analogia de grandeza (velocidade [não especificada]): “Comparando com *outras velocidades* e dizendo quais viagens são possíveis de serem feitas com essa velocidade.”

FSP2) Distância pelo tempo (órbita lunar): “Diria que ela percorre a *órbita terrestre* em um mês e citaria o valor da órbita ~~ter~~ da Terra.”

FSP3) Analogia de grandeza (velocidade [não especificado]): “Mais uma vez poderia fazer relações com a velocidade da lua e analogias, explicando *comparações* e quantas vezes ela é mais rápida.”

FSP4) Analogia de grandeza (velocidade [carro de corrida]): “Comparando com *um carro de fórmula-1*, dizendo que a velocidade orbital da lua é x vezes a velocidade máxima atingida por um carro de fórmula 1.”

FSP5) Ênfase em conceitos básicos (unidades de medida): “Tentaria *abordar as casas km/s* a fim de poder dar uma noção para os alunos de quão ela é veloz.”

FSP6) Distância pelo tempo (Bauru-São Paulo): “Usaria novamente uma distância como referência. Exemplo: se o meu carro estivesse andando na velocidade orbital da lua eu iria e voltava eu sairia de *Bauru*, chegaria em *São Paulo* e voltava para Bauru em aproximadamente 1s de tempo.”

FSP7) Analogia de grandeza (velocidade [velocidade conhecida, carro de corrida]): “Tentaria fazer uma comparação com alguma *velocidade* que os alunos *conhecem* (como por exemplo um *carro de Fórmula 1*) e diria que tal velocidade orbital da lua é muito maior do que esse valor.”

FSP8) Não respondeu.

FSP9) Distância pelo tempo (distância conhecida): “Tentando fazer uma comparação de distância que ela percorre num dado instante de tempo, com uma *distância conhecida* no mesmo dado instante”.

FSP10) Analogia de grandeza (velocidade [avião, som]): “Falaria que a lua tem a velocidade próxima de um *avião* 900 km/h. fazia a comparação em km/s e fazia a comparação com a velocidade do *som* 300 m/s. E fazia analogia com experimentos ao vivo na sala.”

QUESTÃO 4) Que significado equivocado se poderia ter a partir da interpretação desta figura?

BMG1) Alinhamento planetário: “Esta figura traz a ideia de que os planetas se encontram todos *alinhados* em reta em relação ao Sol, quando na verdade eles se encontram em órbitas (circulares) ao redor do sol, ocupando posições diferentes.”

BMG2) Alinhamento planetário, Equidistância interplanetária: “Que todos os planetas ~~só tem a mesma velocidade~~ e se encontram *alinhados*, e possuem a *mesma distancia* entre si”

BMG3) Alinhamento planetário: “Que os planetas sempre se encontram *alinhados*”.

BMG4) Alinhamento planetário: “Os alunos poderiam interpretar essa figura como se os planetas ficassem *alinhados* no sistema solar, o que na verdade não acontece.”

BMG5) Ausência de outros astros: “Que o sistema solar é *constituído somente dos elementos* que estão representados (planetas e ~~sol~~ sol).”

BMG6) Não respondeu.

BMG7) Equidistância interplanetária, Única órbita planetária: “Um dos significados equivocados é que os planetas possuem *distâncias iguais* entre eles e que suas órbitas são as mesmas.”

BMG8) Alinhamento planetário, Equidistância interplanetária: “O fato de que todos os planetas estariam *alinhados* e que suas órbitas seriam “orientadas” num mesmo plano. Além disso, poderia parecer que a *distância entre os planetas* é menor que o real.”

BMG9) Alinhamento planetário, Equidistância interplanetária: “Que os *planetas estão ordenados* e muito *mais próximos* que o real.”

BMG10) Alinhamento planetário: “Que os planetas estão *alinhados*, sendo que cada um tem uma vel. diferente e eles se distribuem em de forma elíptica ao redor do sol, não alinhados e de acordo com suas respectivas velocidades.”

BMG11) Equidistância interplanetária, Alinhamento planetário: “A figura dá a entender que as *distâncias entre os planetas* são pequenas e também até o Sol. Outro equívoco pode ser percebido no que diz respeito ao *alinhamento*. Os alunos podem pensar que eles estão sempre alinhados.”

BMG12) Equidistância interplanetária, Tamanhos planetários, Imobilidade planetária: “Falta escala. Não se tem a real noção de *distância* nem de *tamanho*. A figura também não dá noção de órbitas, parece *algo estático*.”

BMG13) Alinhamento planetário, Ausência plutoniana: “Os planetas estão em uma mesma direção e *enfileirados* um apos o outro. ~~Alem~~ Além disso *falta um planeta*.”

BMG14) Velocidades orbitais iguais, Equidistância interplanetária: “Que os planetas orbitam o sol com *mesma velocidade (juntos)* e que distam *espaços semelhantes*, iguais entre si.”

BMG15) Alinhamento planetário, Velocidades orbitais iguais: “~~Sempre~~ O significado equivocado que se poderia ter ao observar a figura seria de que todos os planetas estão sempre *alinhados, imóveis* e que todos tem a *mesma velocidade orbital*”

BMG16) Alinhamento planetário, Imobilidade planetária: “Que os planetas estão *em fila indiana* e que não existe movimento (→ movimento dos planetas) no Sistema Solar.”

BMG17) Ausência de outros astros: “Que o sistema solar é constituído *apenas de planetas e sol*.”

BMG18) Alinhamento planetário: “Que os planetas não estão *alinhados* da forma como mostra a figura.”

BMG19) Imobilidade solar, Imobilidade planetária: “Que ~~os planetas são~~ o *Sol é estático* e imóvel no sistema solar, *assim como ~~o sol~~ os planetas*, e que essa posição é fixa, confundindo com relação a rotação e translação.”

BMG20) Equidistância interplanetária, Alinhamento planetário: “~~Duas coisas~~ Três coisas: 1) a proximidade do 1º planeta em relação ao sol. 2º A *proximidade* entre todos os planetas e 3º) A linearidade entre os planetas, eles não ficam *alinhados* assim na realidade.”

BSP1) Alinhamento planetário “Que todos os planetas estão *alinhados, cada um em suas orbitas*”

BSP2) Alinhamento planetário, Equidistância interplanetária, Órbitas circulares, Velocidades orbitais iguais “1) Que os planetas estão sempre *alinhados*, 2) a *distância entre eles não está proporcional*, 3) *órbita circular* (por estarem sempre alinhados) e 4) *velocidade crescente dos planetas a partir do mais próximo de Sol* (por estarem alinhados sempre).”

BSP3) Alinhamento planetário: “Que a sequência dos planetas segue essa ordem *em linha reta*, o que não é verdade, visto que o modelo correto é circular e deve ser enxergado tridimensionalmente.”

BSP4) Telúricos não parecem planetas: “Que os 4 primeiros planetas não são ~~planetas~~ como os maiores, ou seja, não apresentam as mesmas características, *não possui a “cara” de um planeta* por serem pequenos perante os outros.”

BSP5) Alinhamento planetário: “Que todos os planetas se mantêm sempre, ou em algum momento, *alinhados*.”

BSP6) Não sabe: “*Não sei*.”

BSP7) Tamanhos planetários: “O *tamanho dos planetas* podem ser interpretados de forma equivocada, por conta da disposição. A forma como eles estão dispostos no sistema.”

BSP8) Alinhamento planetário, Equidistância interplanetária: “De que todos os planetas são perfeitamente *alinhados*, um atrás do outro, e *equidistantes entre eles*.”

BSP9) Equidistância interplanetária: “A real *distância* entre o Sol e os planetas.”

BSP10) Alinhamento planetário, Velocidades orbitais iguais: “De que os planetas são perfeitamente *alinhados*. Sugerindo aos alunos que os planetas do Sistema Solar ~~é estático seguindo~~ *seguem a ordem da imagem.*”

BSP11) Equidistância interplanetária, Tamanhos planetários: “Que os planetas deveriam ter uma sequência de *distância e tamanho* proporcionais ao Sol, mas isso não acontece.”

BSP12) Alinhamento planetário, Imobilidade planetária, Apresentação parcial solar: “Que os planetas estão *alinhados* dessa maneira, *não se movimentando*, ficando sempre no mesmo lugar. E a figura mostra apenas *uma porção do sol* o que pode confundir quanto ao seu tamanho.”

BSP13) Alinhamento planetário: “Que os planetas estão constantemente *alinhados* e os maiores fariam sombra nos menores.”

BSP14) Tamanhos planetários: “Dimensionar o *tamanho* deles da forma errada.”

BSP15) Equidistância interplanetária: “A *proximidade* entre esses corpos celestes.”

BSP16) Equidistância interplanetária: “A *distância* entre os Planetas.”

BSP17) Alinhamento planetário, Descentralização solar: “Que estão todos *alinhados* e que *Sol não é o centro do Sistema.*”

FMG1) Alinhamento planetário, Imobilidade planetária: “Os planetas estão sempre *alinhados* e estão *estáticos*, o que não ocorre.”

FMG2) Equidistância interplanetária, Imobilidade planetária, Alinhamento planetário: “Poderia tirar informações errada em relação a *distâncias* e relativas de cada planeta, poderiam pensar que eles *não estão realizando órbitas* em relação ao Sol e que estão perfeitamente *alinhados* em um mesmo plano. (~~aproximadamente corretos.~~)”

FMG3) Equidistância interplanetária “Que as *distâncias* entre um planeta e o próximo é constante para todos os pares possíveis.”

FMG4) Tamanhos planetários, Alinhamento planetário, Velocidades orbitais iguais: “No *tamanho dos planetas* em relação ao sol, e se ambos ~~estão em órbitas~~ *desse* as órbitas diferentes, *como podem estar no mesmo plano?* Desvio da ideia das orbitas dos planetas, pois parece que todos possuem a *mesma velocidade orbital.*”

FMG5) Alinhamento planetário: “Em que os planetas se encontram na configuração mostrada (~~um~~, em fila (um atrás do outro) e *em linha reta.*”

FMG6) Tamanhos planetários, Alinhamento planetário: “A *escala dos planetas* poderiam estar *erradas* e um aluno pode vir a pensar que, ~~todos~~ os planetas estão *alinhados* dessa forma.”

FMG7) Equidistância interplanetária: “Que a *distância* entre todos os corpos é *muito pequena*, por exemplo, Urano está tão próximo de Saturno, que ele está abaixo dos anéis de Saturno.”

FMG8) Equidistância interplanetária: “Se o *espaçamento entre os planetas* são iguais.”

FMG9) Equidistância interplanetária: “A *distância* entre os planetas não está em escala, apesar do sol e planetas estarem.”

FMG10) Alinhamento planetário, Imobilidade planetária, Equidistância interplanetária: “Que os planetas estão sempre *alinhados*, em *repouso* e a uma *distância muito pequena* do Sol.”

FMG11) Imobilidade planetária, Velocidades orbitais iguais, Alinhamento planetário “Que os planetas estão *estáticos*, ou que suas órbitas são “iguais”, “*caminham*” *sempre juntos* de forma que estão *alinhados*. O que não ocorre.”

FSP1) Equidistância interplanetária: “As posições dos planetas estão corretas porém as *distâncias* entre eles estão fora de escala, isso pode levar a interpretação de que as *distancia* entre os planetas são todas iguais.”

FSP2) Equidistância interplanetária, Nomes sobre os planetas: “A *distância* entre os planetas está errada, sendo meramente uma figura ilustrativa e que *não há nomes* em cima dos planetas”

FSP3) Alinhamento planetário, Equidistância interplanetária: “Que os planetas sempre se encontram *alinhados*. E as *distâncias* entre os mesmos.”

FSP4) Equidistância interplanetária: “Que Mercúrio esta muito próximo do Sol e que os planetas *estão próximos* uns dos outros.”

FSP5) Tamanhos planetários: “A diferença de *tamanho* dos planetas pode levar o aluno a pensar errado sobre seu tamanho, e dimensões.”

FSP6) Equidistância interplanetária: “Que os planetas possuem uma *mesma distância* entre eles. Que não existe uma grande distância entre os planetas, principalmente entre Marte e Júpiter que existe uma vastidão de meteoros e outros entes.”

FSP7) Equidistância interplanetária: “A ordem de grandeza das *distâncias* entre os planetas.”

FSP8) Não respondeu.

FSP9) Equidistância interplanetária, Alinhamento planetário: “Que todos os planetas estão a *uma mesma distância e estão alinhados*.”

FSP10) Equidistância interplanetária, Tamanhos planetários: “Radiação solar muito forte em relação aos primeiros planetas, planetas muito *próximos* e dúvida nas *proporções* dos planetas.”

QUESTÃO 5) O maior ser vivo. Cientistas descobrem em floresta dos Estados Unidos um fungo gigantesco que ocupa área equivalente a 47 estádios do Maracanã (BARBOSA, 2000). Que avaliação você faz da estratégia da revista em comparar a área do fungo com a de 47 Maracanãs?

BMG1) Positiva com ressalvas (ideia de tamanho, confusão com comprimento): “A estratégia, em parte, foi *boa*, pois mostra que o fungo possui uma *área enorme*. Mas talvez essa comparação cause confusão, pois não se sabe se leva em consideração *só o comprimento* ou só a largura ou só a altura desse fungo.”

BMG2) Positiva com ressalvas (ideia de tamanho, desconhecimento dificulta analogia): “Assim as pessoas podem ter uma *noção do quão tamanho* da área ocupada pelo fungo. Porém *só pessoas que conhecem* o maracanã ou um estádio de futebol poderão imaginar (ter noção) do tamanho da área.”

BMG3) Positiva (relação com o conhecido) “**B** Uma *boa estratégia*, já que faz relação com algo que *condiz com o conhecimento* de todos os brasileiros.”

BMG4) Positiva (ideia de tamanho): “Considero uma *boa estratégia* da revista, pois *aponta para medidas realmente grandes*, visto que o fungo ocupa áreas gigantescas.”

BMG5) Negativa (desconhecimento dificulta analogia): “~~Que não é~~ *ne uma boa comparação* porque *nem todas as pessoas conhecem o estádio* do Maracanã pessoalmente. Logo, não conseguem perceber a relação que fizeram com a sua área.”

BMG6) Positiva com ressalvas (ideia de tamanho, desconhecimento dificulta analogia): “Acho uma *boa comparação*, haja visto que o maracanã é bem *popularizado*, muitos pessoas conhecem, mas ao mesmo tempo não tenho certeza se tais pessoas *teriam noção* do quão grande é o maracanã. Alguém sabe o tamanho exato? Acho que não. Serviria, talvez, olhando por esse lado para dar uma curta *noção do tamanho*: que é bem grande.”

BMG7) Positiva (ideia de tamanho): “Acho *satisfatória* a estratégia, pois permite ao leitor *correlacionar os tamanhos*, fazendo ele conhecer de forma mais empírica o tamanho do fungo, facilita, também, a dimensão do ser vivo citado.”

BMG8) Positiva com ressalvas (desconhecimento dificulta analogia, ideia do tamanho): “Faria sentido essa comparação para aqueles alunos que JÁ foram ao maracanã e conhece realmente sua extensão. Para *um aluno que nunca foi ao estádio, não faria sentido*. Mas sem dúvida é uma tentativa de colocar uma área extremamente grande de uma *forma mais fácil* e imaginável, para aqueles que conhecem o maracanã, é claro”

BMG9) Positiva (atração da atenção, facilitação da compreensão, relação com o conhecido): “É uma *boa estratégia*, tanto por *atrair a atenção* do leitor quanto por *tornar mais próximo* deste a compreensão da informação ao comparar a área ocupada pelo fungo a uma área já *conhecida* pelo leitor.”

BMG10) Positiva (relação com o conhecido, facilitação da compreensão): “Acho *inteligente*, pois compara essa área bem grande com uma área que *todos têm noção do tamanho*. Isso aproxima o leitor da informação, *tornando-a mais fácil* de ser compreendida.”

BMG11) Positiva (relação com o conhecido, facilitação da compreensão): “Achei *boa* a estratégia pois utiliza *um conhecimento prévio das pessoas* e as induz a extrapolar esse conhecimento *para compreender* a dimensão da área ocupada pelo fungo.”

BMG12) Positiva com ressalvas (relaciona com o visível, dúvida entre campo e estádio): “Acho que ficou vago se a referência *era só o gramado do estádio ou o Maracanã como um todo*, mas a ideia de trazer uma medida muito grande para a comparação com algo um pouco mais real, *mais visível*, torna a comparação *estratégia válida*.”

BMG13) Negativa (desconhecimento dificulta analogia): “Eu *não gostei* pelo fato de *não conhecer o Maracanã*. Assim como eu deve existir outras pessoas que também não conhecem então não temos noção do tamanho do fungo.”

BMG14) Negativa (dificuldade de imaginação): “Avalio de modo que a revista utilizou de uma comparação em escala de uma dimensão (tamanho) *difícil de imaginar* com algo próximo (ou tentando ser próximo porque particularmente *eu não consigo imaginar 47 maracanãs*) da realidade, cotidiano do leitor. O que seria positivo se todas as pessoas conseguissem visualizar essa comparação.”

BMG15) Positiva (facilitação da compreensão): “Eu faço uma *boa avaliação* sobre a estratégia da Veja. A revista usou uma comparação, para que o leitor tenha uma visão mais “real” do tamanho do fungo. Na minha opinião, estratégias assim *facilitam a compreensão* de conteúdos, e a visualização de grandezas muito grandes e/ou muito complexas.”

BMG16) Positiva (ideia de tamanho): “A estratégia foi *boa*. Principalmente pra quem já esteve lá no Maracanã e sabe ~~o quão~~ como é grande este estádio. Com esta comparação, *notamos que o fungo é enorme* mesmo.”

BMG17) Positiva com ressalvas (relação com o conhecido, desconhecimento dificulta analogia): “*Razoável*. Porque tenta mostrar o tamanho da área que o fungo atinge com *algo que as pessoas já conhecem*. Mas fica um tanto *vago para quem não conhece* o Maracanã.”

BMG18) Positiva (ideia de tamanho, dificuldade dos números, relação com o conhecido): “*Interessante*, pois permite ao leitor ter uma *noção do quão grande* é o fungo. Se tivessem colocado o tamanho em *números ficaria mais difícil* de tentar imaginar a dimensão do quanto o fungo é grande. Achei interessante também a escolha do lugar para a comparação, já que *é um local muito famoso*, que dificilmente alguém não conheceria.”

BMG19) Positiva (relação com o conhecido, ideia do tamanho): “A estratégia é *boa*, afinal, *todo mundo tem uma noção*, mesmo que não seja exata, do tamanho de um estádio de futebol, e o leitor consegue ter uma dimensão, ou pelo menos imaginar o tamanho do indivíduo. O uso do exemplo foi bom porque é de *conhecimento geral*.”

BMG20) Positiva com ressalvas (ideia de tamanho, desconhecimento dificulta analogia): “Acho uma *boa estratégia* para *mostrar o tamanho da área* que ele ocupa, porém, creio *que quem já foi ao maracanã tem mais condições* de abstrair a área abrangida pelo fungo. De qualquer forma, eu, que nunca fui ao Maracanã, consegui ter a ideia que, realmente, é muito grande. Para a matéria, deve-se esclarecer como fungo vive e sua biologia, para a chamada, está muito bom.”

BSP1) Positiva (atração da atenção, ideia do tamanho): “Comparar o fungo com um estádio p/ chamar a atenção ~~já que~~ ~~mas~~ Pois é uma referência que muitos irão se impressionar e *conhecer o tamanho* referido do estádio.”

BSP2) Positiva com ressalvas (dificuldade dos números, relação com o conhecido, desconhecimento dificulta analogia): “Todos sabemos que o Maracanã é grande, mas *nem todos sabemos quão grande ele é*, Portanto fica *falho*, Porém nem todos saberiam dimensionar assimilar a dimensão por valores numéricos, *é mais fácil* mesmo se tivermos algo de dimensão conhecida p/ comparar, *apesar de nem todos conhecerem o Maracanã.*”

BSP3) Positiva (ideia de tamanho): “A revista propõe ao leitor *poder enxergar a dimensão* que a área do fungo possui, sugerindo a correspondência em 47 estádios do Maracanã, que é um dos maiores estádios, e a correlação que a área do fungo ultrapassa.”

BSP4) Positiva (facilitação da compreensão, ideia de tamanho): “O Maracanã é uma grande referência, e pelo fungo apresentar enorme tamanho, foi associado ao Maracanã para a *compreensão* da maioria, ou pelo menos para *terem uma ideia* do tamanho real.”

BSP5) Positiva (ideia de tamanho, associação com futebol): “A estratégia utilizada fez com que, no *Brasil o país do futebol*, a grande maioria *entendesse a dimensão do fungo* quando comparado ao estádio de futebol Maracanã.”

BSP6) Positiva (atração da atenção, dificuldade dos números, ideia de tamanho): “Ela comparou de acordo com a noção de espaço que *chamaria bastante atenção do “povo” brasileiro*. Se tivesse comparado com *números*, talvez muitas pessoas não teria *noção do tamanho do fungo.*”

BSP7) Positiva (atração da atenção): “A torna-se de alguma forma uma estratégia para *chamar a atenção* dos leitores, através da comparação, a medida exemplificada “três maracanãs” *choca e estimula a leitura* e o interesse pela ~~reportagem~~ matéria.”

BSP8) Positiva (relação com o conhecido, ideia de tamanho): “É uma estratégia *boa*, pois a maioria dos alunos sabe ou *tem uma noção* de como um estádio é grande, sabendo disto, a comparação tem a finalidade didática de *“ilustrar” a dimensão* do fungo em questão.”

BSP9) Positiva (relação com o conhecido, atração da atenção): “Acreditando que a população *tenha conhecimento do tamanho do estádio* do Maracanã, a revista utilizou-se disso para *chamar a atenção* do leitor, pois aparentemente seria algo impossível, ou absurdo.”

BSP10) Positiva (relação com o conhecido, facilitação da compreensão): “Acredito que a revista teve o objetivo de (~~dei~~) mostrar de uma *maneira mais clara*, o quanto o fungo era grande, ~~Dando assim~~ ~~assim~~ usando assim o Maracanã que é algo que a *população tem mais contato e conhece a magnitude*. Sendo assim mais fácil a compreensão da importância da matéria.”

BSP11) Positiva (relação com o conhecido, ideia de tamanho): “*Boa*. O escritor ~~faz~~ utiliza o Maracanã, que é *conhecido* por todos ou quase todos, para se fazer uma analogia ao quão grande é a área que o fungo ocupa. É uma *forma rápida e visual do leitor imaginar o tamanho* do fungo.”

BSP12) Positiva (ideia de tamanho, relação com o conhecido): “Foi uma tentativa de fazer com que as pessoas tenham *ideia do tamanho* do fungo, porque o Maracanã é mais *próximo da realidade* da maioria das pessoas, mesmo aquelas que nunca foram ao estádio sabem mais ou menos o tamanho que ele tem.”

BSP13) Negativa (base poderia ser maior): “A estratégia poderia *ser mais simples comparando com uma cidade conhecida*, como por exemplo São Paulo ou Rio de Janeiro, ou até mesmo com o estado todo.”

BSP14) Positiva (relação com o conhecido): “Acho uma *boa forma* de tentar dimensionar utilizando recursos q estão mais *próximos do que conhecemos*”

BSP15) Positiva (facilitação da compreensão, relação com o conhecido): “É uma forma de tornar uma grandeza *acessível à nossa compreensão*, pois utilizaria uma área que já *experenciamos.*”

BSP16) Positiva (facilitação da compreensão): “Acho *interessante* a compreensão, pois assim fica mais fácil para as *pessoas compreenderem* quão grande é o fungo.”

BSP17) Negativa (base poderia ser maior): “Acredito que poderiam escolher *algo de maior tamanho*, p/ diminuir a quantidade necessária na hora da comparação.”

FMG1) Positiva com ressalvas (desconhecimento dificulta analogia): “Eu acho que ela utilizou uma *boa estratégia*, porém *nem todo mundo tem o conhecimento do estádio* do Maracanã.”

FMG2) Positiva (relação com o conhecido, ideia de tamanho): “A revista veja utilizou um *elemento do cotidiano*, que muitos sabem a dimensão do estádio que é realmente grande e mostrou o número de vezes que o fungo é maior que o mesmo, assim *o leitor cria uma projeção da dimensão* desse fungo.”

FMG3) Positiva (associação com futebol, relação com o conhecido) “Simples: a sociedade brasileira esta totalmente *envolvida em assuntos de futebol*, e com grande certeza *sabem as dimensões de um campo de futebol*, portanto nada mais fácil do que essa comparação para dar um dimensão ao fungo, que seja entendido por todas as classes que a revista atinge.”

FMG4) Positiva (ideia de tamanho, relação com o conhecido, atração da atenção): “Mostrar o quão grande é *esse o tamanho* desse fungo, pois o maracanã *como é de conhecimento de todos* é um dos maiores estádios de ~~futebol~~ futebol do mundo. A veja quis ~~impactar a~~ *causar impacto*, e ao estampar uma notícia dessa na capa despertar a curiosidade dos leitores.”

FMG5) Negativa (base poderia ser maior): “Estaria comparando a *uma cidade na qual os alunos conhecem* e fazer com que este valor seja igual ou aproximado (pouco erro) ao valor de 47 maracanãs.”

FMG6) Positiva (atração da atenção): “Geralmente essas revistas possuem *chamadas meio que sensacionalistas* para cativar os leitores, apesar da comparação ser *válida e eficiente*.”

FMG7) Positiva (ideia de tamanho): “*Facilitar a visualização* da dimensão do fungo.”

FMG8) Não respondeu.

FMG9) Positiva (dificuldade do número): “É uma estratégia *válida, mais fácil que dizer que o tal fungo tem 47.000 m²*, muitos não conseguiriam dimensionar tal tamanho.”

FMG10) Positiva (relação com o conhecido): “Comparar o tamanho de algo com uma *coisa conhecida* é extremamente *favorável a aprendizado*.”

FMG11) Positiva (ideia do tamanho): “*Muito boa*. Conseguir *dimensionar o tamanho* do fungo que as pessoas ~~conseguem~~ possam imaginar e ter uma noção do quão grande é.”

FSP1) Positiva (dificuldade do número, facilitação da compreensão): “A revista queria demonstra o quão grande é o fungo sem precisar apresentar o tamanho em uma *unidade comum de comprimento*, o que *facilita a compreensão* da maioria das pessoas.”

FSP2) Positiva (ideia de tamanho): “Uma maneira de dar *noção de grandeza* ao público”

FSP3) Positiva (relação com o conhecido, associação com futebol): “A revista Veja, tenta através do senso comum, relacionar o tamanho do fungo com *algo sabido* pela maioria das pessoas, ou seja, *brasileiro = futebol*, então deve entender”

FSP4) Positiva (relação com o conhecido): “A revista quer demonstrar que este fungo é muito grande e para isso utiliza o tamanho de *algo conhecido* dos brasileiros, o tamanho de um estádio de futebol.”

FSP5) Positiva (ideia de tamanho, atração da atenção): “A revista faz essa associação para que o leitor consiga ter maior *noção de tamanho* do fungo. E pode ser um recurso para *chamar a atenção* do leitor através da comparação.”

FSP6) Positiva (relação com o conhecido): “Tentar relacionar *essa área conhecida* pelos brasileiro (Estádio de futebol) para tentar mostrar o tamanho do fungo.”

FSP7) Positiva (relação com o conhecido, facilitação da compreensão): “A estratégia é de que a grande maioria dos brasileiros já *possuem a noção* do que o Estádio do Maracanã é possui uma área grande. Assim, fica *mais fácil passar a noção de que ordem de grandeza*.”

FSP8) Não respondeu.

FSP9) Negativa (desconhecimento dificulta analogia): “*Quem não conhece a área do maracanã, não vai conseguir fazer essa comparação e chega a um resultado próximo ao “original”*”.

FSP10) Positiva (atração da atenção): “Comparando com um meio popular (futebol), a *notícia é mais atrativa*, e uma possível venda de revistas e atrair pessoas que não são da área para uma possível leitura do assunto.”

QUESTÃO 6) “O Mineirão é o primeiro estádio da Copa a ganhar um sistema de energia solar. Segundo a Cemig, as placas fotovoltaicas do estádio têm capacidade para produzir 1,42 megawatt, o equivalente a iluminação de aproximadamente [...]” (MINEIRÃO..., 2013).

a) 9.000 lâmpadas;

b) 900 casas;

c) 200 escolas;

d) 1 bairro;

e) metade da cidade de Arealva/Teixeiras.

Considerando que todas as alternativas estão, relativamente, corretas, qual você escolheria para explicar a alunos do Ensino Médio quanto vale 1,42 megawatts? Por quê?

BMG1) Casas (ideia de consumo de energia): “Escolheria a letra *A B*. É a alternativa mais prática que ilustra a situação. Acho que com ela o aluno tem *uma maior noção* dessa capacidade de iluminação, pois ele pode comparar com o seu bairro, a sua cidade etc.”

BMG2) Bairro (facilidade do número, relação com o conhecido, dificuldade de imaginação das outras opções, desconhecimento da cidade dificulta analogia): “1 bairro. Por ser *um numero inteiro e de fácil* entendimento, os alunos tem a noção da dimensão do seu bairro, *é parte do cotidiano* deles. *não é preciso abstrair e imaginar 200 escolas juntas*, ou 900 casas ou ainda pode haver na turma alunos que *não conhecem outra cidade*.”

BMG3) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “A alternativa (*a*) 9.000 lâmpadas, porque é a *menos relativa*.”

BMG4) Escolas (ideia de consumo de energia): “Escolheria a letra *c* (200 escolas). Visto que os alunos estão em um no ambiente escolar, e portanto, *apresentam a ideia do quanto a escola gasta com iluminação* (em salas de aula, cantina, secretaria, ...), acredito que esta aproximação seja de maior facilidade de compreensão.”

BMG5) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “A) 9000 lâmpadas, porque é a alternativa que *pode apresentar menor variação de termos de potência/tamanho*, ~~mas~~ *ao contrário* do que acontece com um bairro, tamanho das casas, escolas ou da cidade citada, facilitando a interpretação.”

BMG6) Casas (ideia de consumo de energia): “Usaria a letra *b*) 900 casas. Penso que é *mais facilmente percebido* pelo aluno a relação de ambiente/gasto de energia na sua casa, tendo em vista que ele conhece e utiliza ~~de~~ computadores, televisão..., do que nas outras opções.”

BMG7) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “Eu usaria a alternativa *a*) 9000 lâmpadas, Porque que a lâmpada é ~~uma sistema universal~~ um aparelho universal, sem distinção social, logo se eu escolhesse casas, escolas, bairros ou cidade, *a variação desses fatores seria muito alta*, já a da lâmpada está menos ~~suspeita~~ sujeita a isso *essa* variação.”

BMG8) Casas (ideia de consumo de energia): “Escolheria a opção de 900 *casas*. Isso porquê os alunos *teriam noção* de qual a média de gastos com energia dentro de sua casa, e poderia extrapolar este gasto multiplicando o nº de casas. Acho que ficaria mais palpável.”

BMG9) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “a 9.000 lâmpadas, essa associação pode ser a mesma em qualquer lugar que seja feita, exigindo menos abstração do aluno. Casas, bairros ou escolas variam de tamanho, sendo uma *medida mais inexata*.”

BMG10) Lâmpadas (unidade de medida associada à lâmpada): “Escolheria a letra *a*. Porque essa noção de watt sempre nos *remete a lâmpadas*. Acho que seria algo mais fácil de relacionar.”

BMG11) Bairro (dificuldade de imaginação das outras opções): “Letra “*d*” 1 bairro pois acho que eles tem *mais chance de conhecer 1 bairro*, do que metade da cidade. ~~de~~ E acho que nessa situação mais difícil ainda seria imaginar 9.000 lâmpadas, 900 casas e 200 escolas.”

BMG12) Lâmpadas (relatividade das outras opções, desconhecimento da cidade dificulta analogia, heterogeneidade no abastecimento da cidade): “A letra “*a*”. Todas as outras são mais subjetivas. Bairros ou casas podem ser de *tamanhos variados*. As lâmpadas são mais padronizadas, apesar de apresentarem pequenas diferenças, a não ser que se especifique de que lâmpada estamos falando. A cidade da letra “*e*” *ñ é conhecida por todos* e pode apresentar heterogeneidade no abastecimento de luz em seus diversos pontos.”

BMG13) Lâmpadas (unidade de medida associada à lâmpada): “Eu escolheria a letra *A*. Porque quanto falamos em watts sempre nos referimos a eletricidade o que está *associado a lâmpadas*.”

BMG14) Bairro (dificuldade de imaginação das outras opções): “Eu escolheria “um *bairro*” porque acho mais fácil do aluno conseguir *visualizar* essa comparação. Provavelmente ele sabe dimensionar um bairro, mas *não consegue imaginar* metade de uma cidade ou 9000 lâmpadas/900 casas/200 escolas.”

BMG15) Meia cidade (dificuldade de imaginação das outras opções, ideia de consumo de energia): “Letra *e* → metade da cidade... Pois eu acho que os alunos *conseguiriam perceber mais* o quanto de energia que está sendo referida, por causa da visualização ou seja, do consumo. A ideia de “cidade” *é mais completa*, do que a de lâmpadas. Eu nunca vi 9.000 lâmpadas acesas juntas, mas já olhei uma cidade de longe, e tenho mais claro na minha cabeça o consumo de uma cidade. ☺”

BMG16) Escolas (relação com o conhecido): “É interessante explicar utilizando um exemplo que eles conhecem, como a escola, o bairro, uma lâmpada. Eu escolheria falar da *escola*, que todos os alunos *conhecem* e frequentam juntos.”

BMG17) Lâmpadas (comparadas a outros locais): “a 9000 lâmpadas. Porque podemos pegar algumas lâmpadas ver quanto que elas gastam de energia e fazer uma *comparação com os outros ambientes locais*.”

BMG18) Bairro (dificuldade de imaginação das outras opções): “Letra *d* (um bairro). Acho que *é mais fácil para visualizar* do que ter noção de quantidades grande de coisas ou lâmpadas, como nos outros exemplos.”

BMG19) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “Devido a dimensões do estádio, acredito que pensar em número de lâmpadas seria a mais adequada, pois *as outras opções são relativas* e podem gerar confusão na hora de explicar. Mas é necessário citar quantas megawatt têm a lâmpada.”

BMG20) Meia cidade (dificuldade de imaginação das outras opções, relatividade das outras opções, ideia do consumo de energia): “Acho que a *metade de uma cidade* conhecida (~~→juntam→~~) dos alunos, pois dá a dimensão do quanto de energia é 1,42 Megawatt. Por exemplo, falar de 9000 lâmpadas *eu não consigo ter a dimensão de consumo*, 900 casas e 200 escolas é muito *relativo*. Porém metade de uma cidade, mesmo que pequena, *dá a noção* da grande quantidade de energia.”

BSP1) Lâmpadas (argumentação vazia): “Alternativa A) 9.000 lâmpadas *p/ mostrar a quantidade* que 1,42 megawatt ~~pode~~ consegue ~~acender~~. iluminar.””

BSP2) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “a) 9.000 lâmpadas. Pois pode se saber facilmente quantos watts consome uma lâmpada. As outras alternativas são *relativas* ao tamanho, isso mudaria o conceito ~~des~~ de aluno p/ aluno. Ex.: a casa de um é grande e do outro é pequena.”

BSP3) Meia cidade (argumentação vazia): “*Metade da cidade* de Arealva, visto se tratar de uma cidade pequena e que atingiria a demanda de energia a 1,42 megawatt, *o que está representando um alto valor.*”

BSP4) Casas (relatividade das outras opções): “Escolheria 900 *casas*. Os alunos teriam uma imaginação mais concreta sobre a quantidade, pois na nossa realidade o perfil de uma casa ~~não foge~~ *varia muito* da imaginação entre as pessoas.”

BSP5) Bairro (dificuldade de imaginação das outras opções, relação com o conhecido): “1 *bairro*. Acredito essa ser a melhor alternativa por ser *mais rápida a visualização mental*. Já 9.000 lâmpadas, por exemplo, teria que pensar em algo que *não faz parte da visualização cotidiana* das pessoas. 1 bairro já faz.”

BSP6) Escolas (argumentação vazia): “Escolheria a opção de 200 *escolas*, pois acho que é o *mais simples* das opções.”

BSP7) Meia cidade (impressionabilidade do objeto): “*Metade da Cidade* de Arealva. Esse exemplo acredito eu, *traz um impacto maior*, por tratar-se da iluminação de $\frac{1}{2}$ cidade.”

BSP8) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “Eu escolheria a alternativa “A” pois, bairros, *escolas e casas são muito variáveis* em parte, portanto seria uma resposta vaga.”

BSP9) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “Questão *a*), por ser um número exato de lâmpadas, dando *maior credibilidade a resposta*, as outras alternativas podem levantar questões como, *qtas lâmpadas têm nessa escola, ou casa, ou bairro ou cidade.*”

BSP10) Lâmpadas (ideia do consumo de energia): “A) Porque é mais fácil dos alunos *terem uma noção* do quanto de energia que emite ~~em~~ se pensarem em lâmpadas individuais do que se pensarem em casas ou bairros e cidades.”

BSP11) Meia cidade (objeto maior, ideia de consumo de energia): “Escolheria a letra *E*, pois ~~quando você utiliza~~ a utilização de metade de uma cidade como exemplo, ~~até~~ por ser um *objeto de aspecto bem maior* que os outros exemplos, os alunos ~~associeriam~~ *têm uma associação melhor* da grande quantidade de energia gerada”

BSP12) Casas (ideia de consumo de energia): “Escolheria a alternativa *b*) 900 casas, porque dentre as outras alternativas acho que essa é mais fácil para os alunos *relacionarem*. Todos eles sabem quantas lâmpadas ou quanta energia, mais ou menos, a casa gasta.”

BSP13) Lâmpada (relatividade das outras opções): “Escolheria a letra *A* pois é possível saber o quanto cada lâmpada corresponde. Qualquer uma das *outras alternativas* seria muito *abstrata.*”

BSP14) Meia cidade (objeto maior): “Escolheria a alternativa *e*) pois acho que tem maior chance dos alunos *entenderem comparando algo em maior escala* do que menor.”

BSP15) Bairro (relação com o conhecido): “*D* Escolheria o bairro, pois é uma dimensão que faz parte do *cotidiano* dos alunos.”

BSP16) Bairro (argumentação vazia): “Escolheria a alternativa *d* – 1 bairro. Porque penso que *ficaria mais fácil p/ fazer uma associação*”

BSP17) Bairro (facilidade do número): “*d*) 1 bairro Pois *quanto maior a quantidade de objetos p/ fazer a comparação, mais difícil fica para se entender.*”

FMG1) Escolas (relação com o conhecido) (“~~e~~) 900 escolas, ~~pois~~ *c*) 200 escolas, pois seria fácil de relacionar esse 1,42 megawatt com algo do *cotidiano* do aluno. Ou seja é algo mais próximo a sua realidade.”

FMG2) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “Escolheria a letra “*a*”, ~~primeiro pode ser a~~ *potência gerada*. A potência das *lâmpadas são fixas* independente do intervalo de tempo escolhido portanto se as placas geram essa potencia pode ser comparadas quase exatamente com lâmpadas.”

FMG3) Lâmpadas (facilidade do cálculo): “Das Escolheria as *lâmpadas*, pois é *fácil calcular o seu consumo elétrico* ~~de~~, já o consumo das outras alternativas já seria um pouco mais complexo para ser calculado.”

FMG4) Casas (relação com o conhecido, ideia do consumo de energia): “900 *casas*, pois para o aluno e a opção *mais familiar* a ele, ele mais ou menos *tem noção* ou talvez consiga dimensionar o consumo da energia de sua casa, ai bastando assim imaginar 900 vezes aquele consumo.”

FMG5) Bairro (ideia do consumo de energia): “Alternativa *D*. Pois, o bairro os alunos têm noção de quantas casas e comércio, mais ou menos têm e *eles terão ideia* ~~de quanto~~ o quanto de energia essas placas produzem.”

FMG6) Bairro (dificuldade de imaginação das outras opções) “Um *bairro*, geralmente você tem que escolher uma escala de medida que o aluno entenda, *talvez a magnitude do bairro a criança conheça melhor* do que 200 escolas, por exemplo.”

FMG7) Meia cidade (objeto maior): “Escolheria a alternativa (*e*). Isso seria bom para trabalhar com ordens de grandeza, 2 megawatt é *extremamente maior* que a energia consumida por uma lâmpada ou uma casa.”

FMG8) Lâmpada (argumentação vazia): “Eu explicaria através da escolha da alternativa *a*, onde *falaria que 1 lâmpada têm certa potência, daí explicaria quantas lâmpadas teria com 1,42 megawatt.*”

FMG9) Lâmpadas (dificuldade de imaginação das outras opções): “Usaria o número de *lâmpadas*, usar casas, escolas ou bairro seria uma *coisa abstrata*, mais difícil de dimensionar. (Não que 9.000 lâmpadas seja fácil)”

FMG10) Lâmpadas (impressionabilidade do número): “Eu escolheria 900 *lâmpadas*, o número, 9000, geraria mais *impacto por ser bem “grande”*.”

FMG11) Meia cidade (impressionabilidade do objeto): “*metade da cidade* de Teixeira’. Daria uma noção que é uma *um valor muito elevado*, capaz de iluminar a metade de uma cidade pequena como Teixeira.”

FSP1) Bairro (relação com o conhecido, ideia de consumo de energia): “Escolheria a alternativa *d* pois é algo de fácil compreensão do aluno, já que ele supostamente *deve saber o que é um bairro* e pode *demonstrar a quantidade de energia* produzida. ~~Porém como é a o~~”

FSP2) Meia cidade (dificuldade de imaginação das outras opções): “*E*. levando em consideração o tempo necessário para consumir 1,42 MW; *é mais fácil para o aluno imaginar* metade de uma cidade, com suas famílias e comércios consumindo energia do que lâmpadas...”

FSP3) Lâmpadas (desconhecimento da cidade dificulta a analogia): “Se eu estivesse lecionando na cidade de Arealva, certamente escolheria a *c*, porém *para atingir a todos os alunos com a informação* e não estando em Arealva escolheria a *a*.”

FSP4) Lâmpadas (relatividade das outras opções): “Escolheria a alternativa *A*, pois é aquela que melhor apresenta os dados *dando uma ideia mais clara* da quantidade de utensílios que seriam possíveis utiliza com esta produção.”

FSP5) Lâmpadas (relação com o conhecido): “Escolheria a alternativa que estivesse mais *perto da realidade* do aluno, para que ele tenha a facilidade de associar e entender. Seria a alternativa *a*.”

FSP6) Bairro (facilidade com o número): “1 *bairro*. Creio que é mais fácil relacionar apenas *1 quantidade* (1 bairro) do que mais. É bom relacionar com quantidades pequenas.”

FSP7) Lâmpadas (argumentação vazia): “Escolheria 9000 *lâmpadas*, pois acredito que *passaria melhor a noção da utilização* das ~~celulas~~ placas fotovoltaicas.”

FSP8) Casas (relação com o conhecido): “Escolheria a alternativa *b*), 900 casas. Pois é um ambiente *familiar* aos alunos, assim como as escolas, podendo facilitar a compreensão.”

FSP9) Bairro (dificuldade de imaginação das outras opções): “1 *bairro*, porque seria *mais fácil para os alunos imaginarem.*”

FSP10) Lâmpadas (facilidade do cálculo): “a); escolheria, pois o aluno tem em sua casa lâmpadas de 60W 120W, o que *seria possível realizar cálculos* em sala para ~~ve~~ o aluno entender.”

QUESTÃO 7) Miller Analogy Test - Usado em processos de admissão em Universidades do EUA. Exemplo: CIMA está para BAIXO assim como CÉU está para TERRA. CIMA : BAIXO :: CÉU : TERRA.

7a) MARTELO: _____ :: CHAVE DE FENDA : PARAFUSO

7b) SANGUE : ARTÉRIAS :: CARROS : _____

7c) DOCE : AMARGO :: _____ : IRRITADO

7d) _____ : OCEANO :: CASA : EDIFÍCIO

BMG1) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “avenidas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “mar”.

BMG2) a) Correta: “Prego”; **b) Correta:** “Rodovias”; **c) Correta:** “Traquilo”; **d) Correta:** “Rio Lago”.

BMG3) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “avenidas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “mar”.

BMG4) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “a calmo”; **d) Correta:** “mar”.

BMG5) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “rodovias”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “mar”.

BMG6) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “estradas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “rio”.

BMG7) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “tranquilo”; **d) Correta:** “rio”.

BMG8) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “mar”.

BMG9) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “avenidas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “rio”.

BMG10) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “estradas (rodovias)”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “rio mar”.

BMG11) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “estradas”; **c) Correta:** “Tranquilo”; **d) Correta:** “lago”.

BMG12) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “estradas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “mar”.

BMG13) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “túneis túnel”; **c) Incorreta:** “feliz”; **d) Correta:** “mar”.

BMG14) a) Correta: “Prego”; **b) Correta:** “Rodovias”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Correta:** “Mar”.

BMG15) a) Correta: “Porquinha Prego”; **b) Correta:** “Avenidas”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Correta:** “mar lagoa”.

BMG16) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “estradas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “rio”.

BMG17) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “ruas rodovias”; **c) Correta:** “contente calmo”; **d) Correta:** “mar”.

BMG18) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “estrada”; **c) Correta:** “calmo/tranquilo”; **d) Correta:** “rio”.

BMG19) a) Correta: “Prego”; **b) Correta:** “avenida”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Correta:** “mar”.

BMG20) a) Correta: “Prego”; **b) Correta:** “Rodovias”; **c) Correta:** “pacífico calmo”; **d) Correta:** “(coral) mar”.

BSP1) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “paciente | calmo”; **d) Correta:** “mar”.

BSP2) a) Correta: “prego”; **b) Correta:** “avenidas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “rio lago”.

BSP3) a) Correta: “Prego”; **b) Incorreta:** “Passageiros”; **c) Incorreta:** “Bom humor”; **d) Incorreta:** “Praia”.

- BSP4) a) Correta:** “prego”; **b) Incorreta:** “moto”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “rio”.
- BSP5) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “mar”.
- BSP6) a) Incorreta:** “Parafuso”; **b) Incorreta:** “gasolina”; **c) Incorreta:** “calma”; **d) Incorreta:** “água”.
- BSP7) a) Não respondeu;** **b) Incorreta:** “Avenida/Ruas Pedestre”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Incorreta:** “Gota d’água”.
- BSP8) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Correta:** “rio”.
- BSP9) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “rodovias”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “rio”.
- BSP10) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas/avenidas”; **c) Incorreta:** “alegre”; **d) Correta:** “lago”.
- BSP11) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “rodovias”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “mar”.
- BSP12) a) Correta:** “pregos”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “lago/mar”.
- BSP13) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “Rodovias”; **c) Correta:** “tranquilo”; **d) Correta:** “mar”.
- BSP14) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “rio”.
- BSP15) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “rio”.
- BSP16) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “Rodovias”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Correta:** “Mar”.
- BSP17) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “avenidas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “mar”.
- FMG1) a) Correta:** “prego”; **b) Incorreta:** “pessoas”; **c) Não respondeu;** **d) Correta:** “mar”.
- FMG2) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “avenidas”; **c) Incorreta:** “feliz”; **d) Correta:** “rio”.
- FMG3) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “Rodovias”; **c) Correta:** “Alegre Calmo”; **d) Correta:** “Mar”.
- FMG4) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Incorreta:** “passivo”; **d) Correta:** “rio”.
- FMG5) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “estrada”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “lago”.
- FMG6) a) Correta:** “prego”; **b) Incorreta:** “combustível”; **c) Correta:** “tranquilo”; **d) Correta:** “lago”.
- FMG7) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “lagoa”.
- FMG8) a) Correta:** “prego”; **b) Incorreta:** “motor”; **c) Não respondeu;** **d) Incorreta:** “Terra”.
- FMG9) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “lago”.
- FMG10) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “vias (ruas)”; **c) Incorreta:** “Amável”; **d) Correta:** “lagoa”.
- FMG11) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “mar”.
- FSP1) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “Avenidas”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Correta:** “Mar Rio”.
- FSP2) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “Avenidas”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Correta:** “lago”.
- FSP3) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “Rodovias”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Correta:** “Mar”.
- FSP4) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “avenidas”; **c) Correta:** “tranquilo”; **d) Correta:** “Rio”.
- FSP5) a) Correta:** “Prego”; **b) Incorreta:** “Rodas”; **c) Incorreta:** “Feliz”; **d) Correta:** “Mar”.
- FSP6) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “Rodovias”; **c) Correta:** “~~calmo~~ calmo”; **d) Correta:** “Mar”.
- FSP7) a) Correta:** “Prego”; **b) Correta:** “Rodovias”; **c) Correta:** “Calmo”; **d) Correta:** “Mar”.
- FSP8) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “lago”.
- FSP9) a) Correta:** “prego”; **b) Correta:** “ruas”; **c) Correta:** “calmo”; **d) Correta:** “~~mar~~ lago”.
- FSP10) a) Correta:** “prego”; **b) Incorreta:** “gasolina”; **c) Incorreta:** “chato”; **d) Correta:** “~~mar~~ rio”.

**QUESTÃO 8) Diâmetro aproximado: SOL: $1,3 \times 10^9$ m; TERRA: $1,3 \times 10^7$ m. SOL :
TERRA :: _____ : _____.**

BMG1) Incorreta (proporção [11:1], Diâmetro (esféricos): “bola de futebol : bola de gude”

BMG2) Incorreta (proporção [11:1], Diâmetro (esféricos): “Bola de gude futebol : bola de futebol bolinha de gude”

BMG3) Não respondeu.

BMG4) Não respondeu.

BMG5) Incorreta (proporção [11:1], Diâmetro (esféricos): “Bola de futebol : Bola de gude.”

BMG6) Incorreta (proporção [37:1], Diâmetro (esferoides): “ovulo : espermatozoide”

BMG7) Incorreta (proporção [12:1]) Diâmetro (esféricos): “Bola de basquete : birosca (bolinha de gude)”

BMG8) Correta, Diâmetro (circulares): “~~metro~~ mesa (redonda) : ~~centímetro~~ botão”

BMG9) Sem analogia, Razão (unidades de medida): “1 m : 1 cm”

BMG10) Incorreta (proporção [10:1], Comprimento (não esferoides): “~~rato~~ elefante : ~~elefante-rato~~ coelho”

BMG11) Correta, Diâmetro (circular, esférico): “Sol diâmetro 100 vezes ↑ Terra Supondo que uma roda possua 1m → 100cm diâmetro e uma bolinha de gude 1cm. roda de carro : bolinha de gude”

BMG12) Incorreta (proporção [50:1], Massa: “1 kg de açúcar : pessoa de 50 kg (↔ o contrário)”

BMG13) Correta, Comprimento (não esferoides): “~~fox~~ tamanduá : formiga”

BMG14) Correta, Diâmetro (circulares): “~~cabeça de alfinete~~ (CD) : ed (cabeça de alfinete)”

BMG15) Incorreta (proporção [15:1], Diâmetro (esferoide, esférico): “~~Bolinha de gude~~ Melancia : Melancia (↔ Troquei a ordem.) bolinha de gude”

BMG16) Não respondeu.

BMG17) Incorreta (proporção [6:1], Diâmetro (esféricos): “Bola de Basquete : Bola de ping pong”

BMG18) Incorreta (proporção [20:1], Diâmetro (esféricos): “bola do Kiko (Chaves) : bola de gude”

BMG19) Incorreta (ilógicos): “Luz ~~Luz~~ : Planta”

BMG20) Incorreta (invertidos, proporção [1:12]), Diâmetro (esféricos): “bolebinha (de gude) : Bola de Basquete”

BSP1) Correta, Diâmetro (esferoides): “gema : grão de areia”

BSP2) Incorreta (proporção [2:1], Diâmetro (esféricos): “bola de bilhar branca : búrca”

BSP3) Incorreta (proporção [2:1]), Área (não circulares): “Bauru : Jaú”

BSP4) Não respondeu.

BSP5) Incorreta (medidas indefinidas), Comprimento (não esferoides): “Gigante : pessoa “normal””

BSP6) Incorreta (ilógicos): “~~Eu~~ Eu : ~~Rio~~ Magma”

BSP7) Incorreta (proporção [4:1]), Área (não circulares): “Bauru : Unesp.”

BSP8) Incorreta (proporção [10^6 :1], medidas indefinidas), Área (não circulares): “Oceano : poça de água”

BSP9) Não respondeu.

BSP10) Incorreta (proporção [12:1]), Diâmetro (esféricos): “Bola de basquete 200 : Bola de tênis gude 1”

BSP11) Correta, Comprimento (não esferoides): “elefante : formiga”

BSP12) Correta, Comprimento (não esferoides): “humanos : formiga”

BSP13) Incorreta (proporção [3:1]), Diâmetro (esferoides): “melancia : laranja”

BSP14) Incorreta (proporção [10:1]), Comprimento (não esferoides): “elefante : tatu”

BSP15) Sem analogia, Razão (unidades de medida): “1 metro : 1 cm”

BSP16) Incorreta (proporção [205:1]), Comprimento (esferas): “~~Júpiter~~ Júpiter : Marte”

BSP17) Incorreta (invertidos, proporção [1:12]), Diâmetro (esferas): “bola de gude : bola de basquete”

FMG1) Não respondeu.

FMG2) Incorreta (invertidos, proporção [1:6]), Diâmetro (esferas): “bola de ping-pong : bola de basquete”

FMG3) Incorreta (invertidos, proporção [1:10.000]), Diâmetro (esferoides): “núcleo do átomo : eletrosfera”

FMG4) Sem analogia (invertidos), Razão (unidades de medida): “1 cm: 1 m”

FMG5) Não respondeu.

FMG6) Sem analogia, Razão (unidades de medida): “metro : centímetro”

FMG7) Incorreta (proporção [10⁶:1]), Comprimento (não esferoides): “oceano : tubarão”

FMG8) Não respondeu.

FMG9) Incorreta (abstratos): “grande : pequeno”

FMG10) Correta, Diâmetro (esferoides): “bola de basquete : grão de areia”

FMG11) Incorreta (proporção [6:1]), Diâmetro (esferas): “bola de Basquete : bola de ping-pong”

FSP1) Sem analogia (invertido), Razão (números): “1 : 100”

FSP2) Sem analogia, Razão (números): “100 m : 1 m”

FSP3) Incorreta (medidas indefinidas), Comprimento (plano, linear): “Rua : Passo”

FSP4) Incorreta (abstratos), Comprimento (abstratos): “~~Enorme~~ maior : grande menor”

FSP5) Incorreta (ilógicos): “Pé : Tênis”

FSP6) Sem analogia, Razão (números): “10² : 1”

FSP7) Sem analogia, Razão (unidades de medida): “Metro : centímetro”

FSP8) Não respondeu.

FSP9) Correta (invertidos), Tempo: “década : milênio”

FSP10) Incorreta (invertida, medidas indefinidas), Comprimento (não esferoides): “casa : edifício”

QUESTÃO 9) “Domínio na Terra:

DINOSSAUROS: Do Período Jurássico ao Cretáceo: 135 milhões de anos; HUMANOS: Período Pleistoceno: últimos 0,2 milhões de anos” (DINOSAUR, 2013). Se, em uma reta,

a existência humana equivalesse a dois milímetros, quanto mediria a predominância dos dinossauros na Terra?

BMG1) Incorreta (13,5 m), Regra de três: “1350 cm = 13,5 m”

BMG2) Correta (m), Sem rascunho: “~~13,5 metro~~ 1,35 metros”

BMG3) Correta (mm), Sem rascunho: “1350 milímetros”

BMG4) Correta (mm), Regra de três: “1350 mm”

BMG5) Correta (cm), Regra de três: “135 cm”

BMG6) Correta (mm, m), Regra de três: “1350 mm ou 1,350 m”

BMG7) Correta (m), Regra de três: “1,35 metros”

BMG8) Correta (mm, m), Regra de três: “1.350 mm ou 1,35 m”

BMG9) Correta (m), Regra de três: “1,35 m”

BMG10) Correta (mm), Regra de três: “1350” [mm]

BMG11) Correta (cm, m), Regra de três: “135 cm ou 1m e 35cm”

BMG12) Correta (mm, m), Regra de três: “1350 mm (1,35 m)”

BMG13) Correta (mm), Regra de três: “1350 mm”

BMG14) Correta (mm, m), Regra de três: “1350 mm ou 1,35 m”

BMG15) Correta (mm), Regra de três: “1350 mm”

BMG16) Correta (mm), Regra de três: “1350 mm

BMG17) Incorreta (135 mm), Sem rascunho: “135 milímetros”

BMG18) Correta (cm), Sem rascunho: “135 cm”

BMG19) Incorreta (13,5 cm), Sem rascunho: “13,5 cm”

BMG20) Correta (mm), Regra de três: “1350 milímetros”

BSP1) Correta (cm, mm), Regra de três: “135 cm/1350 mm”

BSP2) Correta (cm), Regra de três: “135 cm”

BSP3) Correta (mm), Regra de três: “1350.” [mm]

BSP4) Correta (m), Regra de três: “1,35 m.”

BSP5) Não respondeu, Regra de três.

BSP6) Correta (mm, m), Regra de três: “1350mm. → 1,35 metros. (Por exemplo uma

BSP7) Correta (mm, m), Regra de três: “1350 mm. 1,35 metros.”

BSP8) Correta (m), Regra de três: “1,35m”

BSP9) Correta (mm), Regra de três: “1350 milímetros.”

BSP10) Incorreta (1,35 km), Regra de três: “1.350 mm/1 km 350 m”

BSP11) Correta (cm), Regra de três: “13,5 cm”

BSP12) Correta (cm), Regra de três: “mediria 13,5 cm”

BSP13) Correta (mm, cm), Regra de três: “Os dinossauros predominariam ~~1,35 mm~~ 1350 mm ou 13,5 cm.”

BSP14) Incorreta (27 cm), Sem rascunho: “Quase 30 cm (27)”

BSP15) Correta (mm, m), Sem rascunho: “~~13,5 mm~~ 1350 mm ou 13,5 m”

BSP16) Não respondeu.

BSP17) Correta (mm), Sem rascunho: “1350 milímetros”

FMG1) Correta (mm), Regra de três: “1350 mm”

FMG2) Correta (mm), Regra de três: “1350 mm”

FMG3) Correta (mm), Regra de três: “~~675 mm~~. 1350 mm”

FMG4) Correta (mm), Sem rascunho: “~~1350 mm nessa reta~~ 130 mm nessa reta.”

FMG5) Incorreta (337,5 mm), Regra de três: “337,5 milímetros.”

FMG6) Correta (mm), Regra de três: “1.350 mm”

FMG7) Correta (mm), Regra de três: “1350 mm”

FMG8) Correta (mm), Sem rascunho: “1350 mm”

FMG9) Correta (cm), Sem rascunho: “135 cm”

FMG10) Correta (mm, m), Regra de três: “1350 mm ou 1,350 m.”

FMG11) Correta (mm), Regra de três: “1350 mm”

FSP1) Incorreta (13,5 mm), Regra de três (errada): “13,5 mm”

FSP2) Correta (mm), Sem rascunho: “1350 mm”

FSP3) Incorreta (1,35 cm), Regra de três (correta): “1350 mm ou 1,35 cm”

FSP4) Correta (mm), Sem rascunho: “1350 milímetros”

FSP5) Não respondeu.

FSP6) Correta (mm), Sem rascunho: “1350 milímetros”

FSP7) Correta (mm), Regra de três: “1350 mm”

FSP8) Incorreta (13,5 m), Sem rascunho: “~~1,35~~ 13,5 metros ”

FSP9) Correta (mm, m), Sem rascunho: “1350 mm = 1,35 m”

FSP10) Correta (mm), Sem rascunho: “1350 mm”

QUESTÃO 10) “No Brasil 200 mil morrem ao ano por conta do fumo. Campanha terá manifestações no mundo todo; mas em Sorocaba nenhuma atividade está programada sobre a data” (LAURINDO, 2013).

200 mil pessoas é o equivalente a _____.

BMG1) Correta, Habitantes (cidade [Sete Lagoas]): “população de *Sete Lagoas*.”

BMG2) Correta, Habitantes (múltiplo de cidade [Viçosa]): “aproximadamente 3 vezes o numero de pessoas que moram em *Viçosa*”

BMG3) Não sabe: “*Não tenho noção* de quantidade.”

BMG4) Não respondeu.

BMG5) Correta, Habitantes (cidade [Sete Lagoas]): “equivalente à população da cidade à população da cidade de *Sete Lagoas-MG*”

BMG6) Incorreta, Habitantes (fração do mundo): “10% da população mundial”

BMG7) Correta, Habitantes (cidade média): “É equivalente a uma *cidade de médio porte*.”

BMG8) Correta, Habitantes (múltiplo de cidade [Paula Cândido]): “20x (nº de habitantes de *Paula Cândido*) (~10.000 pessoas) → todo mundo conhece todo mundo.”

BMG9) Correta, Habitantes (múltiplo de cidade [Viçosa]): “aproximadamente 2,5x população de *Viçosa*”

BMG10) Correta, Passageiros (ônibus): “Aprox. 4.167 *ônibus* cheios de torcedores do galo indo assistir a final da libertadores hoje”

BMG11) Incorreta, Habitantes (cidade [Juiz de Fora]): “cidade população da cidade de *Juiz de Fora*.”

BMG12) Correta, Habitantes (múltiplo de cidade [Viçosa]): “Mais de *duas vezes* a população de *Viçosa*”

BMG13) Incorreta, Habitantes (múltiplo de cidade [Viçosa]): “Aproximadamente o *dobro da população de Viçosa*”

BMG14) Correta, Habitantes (fração de cidade [São José dos Campos]): “ $\frac{1}{3}$ da população de *São José dos Campos*”

BMG15) Indefinido: “Equivalente a *muita gente*”

BMG16) Correta, Público (estádio de futebol [Mineirão]): “3 *estádios do Mineirão* lotado”.

BMG17) Não respondeu.

BMG18) Incorreta, Habitantes (Estado): “População de *algum estado*.”

BMG19) Incorreta, Habitantes (cidade grande): “A população de *uma cidade grande*”

BMG20) Correta, Habitantes (cidade média): “uma cidade de *porte médio* (quase grande no Espírito Santo).

BSP1) Não respondeu.

BSP2) Correta, Habitantes (fração de cidade [Bauru]): “*Metade* dos habitantes de *Bauru*.”

BSP3) Incorreta, Público (estádio de futebol): “*estádio* de futebol”

BSP4) Correta, Habitantes (múltiplo de cidade [Itapuí]): “Equivale a 17 *Itapuis* (minha cidade de 12.000 mil habitantes)”

BSP5) Indefinido: “quantidade de pessoas que morrem por ano.”

BSP6) Incorreta, Alunos (universidade [Unesp-Bauru]): “40 *campus da Unesp de Bauru* – 40 vezes o nº de alunos daqui”

BSP7) Correta, Habitantes (cidade): “Uma *cidade x* de \cong 200 mil habitantes.”

BSP8) Incorreta, Habitantes (fração de cidade [Bauru]): “Quase *metade* da pop. da cidade de *Bauru*.”

BSP9) Incorreta, Público (estádio de futebol): “um *estádio* de futebol lotado na final de um campeonato”

BSP10) Incorreta, Público (estádio de futebol): “Um *estádio* de futebol lotado.”

BSP11) Incorreta, Habitantes (cidade [Bauru]): “A cidade de *Bauru*”

BSP12) Incorreta, Público (estádio de futebol): “um *estádio* de futebol”

BSP13) Correta, Público (múltiplo de estádio de futebol): “Um pouco mais de 2 *estádios* de futebol cheios”

BSP14) Correta, Habitantes (fração de cidade [Bauru]): “*metade* da população de *Bauru*.”

BSP15) Correta, Habitantes (fração de cidade [Bauru]): “*metade* da população de *Bauru*.”

BSP16) Correta, Habitantes (múltiplo de cidade [Assis]): “População de Determinada cidade, *duas Assis*, p. ex.”

BSP17) Indefinido (cidade): “Comparar com *alguma cidade*.”

FMG1) Correta, Habitantes (cidade média): “Uma população de *médio porte* de uma cidade.”

FMG2) Correta, Habitantes (cidade [Sete Lagoas]): “4/5 da população de *Sete Lagoas*.”

FMG3) Incorreta, Habitantes (cidade [Juiz de Fora]): “A população de uma cidade de *médio porte* → Ex: *Juiz de Fora*”

FMG4) Incorreta, Habitantes (cidade [Sorocaba]): “população de *Sorocaba*.”

FMG5) Correta, Público (estádio de futebol [Maracanã]): “Aproximadamente, *3 estádios* lotados, como *o jogo da final de copa*.”

FMG6) Indefinido (show de banda): “A um *show* de alguma banda famosa.”

FMG7) Incorreta, Habitantes (múltiplo de cidade [Viçosa]): “praticamente *4 vezes* a população de *Viçosa*.”

FMG8) Não respondeu.

FMG9) Correta, Habitantes (cidade média): “Uma *cidade de médio porte*.”

FMG10) Correta, Habitantes (cidade média): “~~Uma taxa~~ Uma *cidade ap* de *médio porte*.”

FMG11) Indefinido (cidade): “população de uma *cidade* inteira.”

FSP1) Correta, Alunos (sala de aula): “*5 mil salas de ensino médio* com 40 alunos cada”

FSP2) Correta, Habitantes (fração de cidade [Bauru]): “Quase $\frac{2}{3}$ de *Bauru*”

FSP3) Não respondeu.

FSP4) Correta, Habitantes (fração de cidade [Bauru]): “*metade* da população de *Bauru*.”

FSP5) Não respondeu.

FSP6) Correta, Alunos (escola): “Não tenho ideia. (*400 escolas* com todos os alunos)”

FSP7) Incorreta, Habitantes (cidade grande): “a população de uma *cidade relativamente grande*. como ~~Bauru~~”

FSP8) Correta, Habitantes (fração de cidade [Bauru]): “pouco mais da *metade* do número de habitantes de *Bauru*”

FSP9) Correta, Objetos (folhas de papel): “= *400 pacotes de 500 folhas* (embora vidas sejam mais importantes)”

FSP10) Indefinido, Habitantes (cidade): “Uma *cidade* ou um bairro de *São Paulo*.”