

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO" – UNESP/BAURU-SP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA**

HAWBERTT ROCHA COSTA

**INVESTIGANDO A PRODUÇÃO DE SIGNIFICADOS SOBRE OS NÚMEROS
QUÂNTICOS, AS FORMAS DOS ORBITAIS E AS TRANSIÇÕES ELETRÔNICAS
DO MODELO QUÂNTICO POR MEIO DAS FERRAMENTAS SOCIOCULTURAIS**

**BAURU
2016**

Costa, Hawbertt Rocha.

Investigando a produção de significados sobre os números quânticos, as formas dos orbitais e as transições eletrônicas do modelo quântico por meio das ferramentas socioculturais / Hawbertt Rocha Costa, 2016

294 f. : il.

Orientador: Aguinaldo Robinson de Souza

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

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE HAWBERTT ROCHA COSTA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS.

Aos 02 dias do mês de junho do ano de 2016, às 08:30 horas, no(a) Sala 01 da Pós-Graduação/FC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. AGUINALDO ROBINSON DE SOUZA - Orientador(a) do(a) Departamento de Química / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, Prof. Dr. MARCELO GIORDAN SANTOS do(a) Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada / Universidade de São Paulo, Prof. Dr. WILSON MASSASHIRO YONEZAWA do(a) Departamento de Computação / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, Prof. Dr. MARCELO MAIA CIRINO do(a) Departamento de Química / Universidade Estadual de Londrina, Profa. Dra. SANDRA REGINA TEODORO GATTI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de HAWBERTT ROCHA COSTA, intitulada **INVESTIGANDO A PRODUÇÃO DE SIGNIFICADOS SOBRE OS NÚMEROS QUÂNTICOS, AS FORMAS DOS ORBITAIS E AS TRANSIÇÕES ELETRÔNICAS DO MODELO QUÂNTICO POR MEIO DAS FERRAMENTAS SOCIOCULTURAIS**. 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. AGUINALDO ROBINSON DE SOUZA

Prof. Dr. MARCELO GIORDAN SANTOS

Prof. Dr. WILSON MASSASHIRO YONEZAWA

7/ Prof. Dr. MARCELO MAIA CIRINO

Profa. Dra. SANDRA REGINA TEODORO GATTI

HAWBERTT ROCHA COSTA

INVESTIGANDO A PRODUÇÃO DE SIGNIFICADOS SOBRE OS NÚMEROS QUÂNTICOS, AS FORMAS DOS ORBITAIS E AS TRANSIÇÕES ELETRÔNICAS DO MODELO QUÂNTICO POR MEIO DAS FERRAMENTAS SOCIOCULTURAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito à obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência.

Orientador: Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza

**BAURU
2016**

HAWBERTT ROCHA COSTA

INVESTIGANDO A PRODUÇÃO DE SIGNIFICADOS SOBRE OS NÚMEROS QUÂNTICOS, AS FORMAS DOS ORBITAIS E AS TRANSIÇÕES ELETRÔNICAS DO MODELO QUÂNTICO POR MEIO DAS FERRAMENTAS SOCIOCULTURAIS

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza
Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru

Prof. Dr. Marcelo Giordan Santos
Universidade de São Paulo – Campus Centro

Prof. Dr. Wilson Massashiro Yonezawa
Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru

Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dra. Sandra Regina Teodoro Gatti
Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru

**BAURU
2016**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

A Deus, por dar-me forças para alcançar meus objetivos.

*Aos meus pais, Francisca e Arão, e irmãos, Hawllyson e Hawdenny,
pela preocupação e incentivo ao meu futuro.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza, um profissional dedicado e responsável. Agradeço pela paciência e confiança que dedicou durante o período de pesquisa, ensinando-me da forma mais serena possível a caminhar com minhas próprias pernas na trajetória acadêmica.

À minha esposa, Clayane Carvalho dos Santos, pelo apoio e carinho dedicados durante esse tempo.

À amiga e Prof. Dr^a Daniele Cristina Souza, pelos diversos momentos agradáveis de conversas, reflexão e contribuições valiosas para este trabalho.

Aos amigos Thiago Mendonça e William Vieira, pela amizade incondicional e uma ótima convivência.

À amiga Camila Rodrigues, pela convivência e agradável amizade, além das contribuições na finalização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Giordan Santos, um exemplo de profissional, pela recepção e valiosas contribuições para a realização deste trabalho.

Aos integrantes do LAPEQ – USP, pela recepção carinhosa e pelas preciosas contribuições.

Ao professor Dr. Wilson Massashiro Yonezawa, pelas agradáveis conversas sobre projetos na área digital.

Ao professor Dr. Auro Atsushi Tanaka, pelo apoio na coorientação de implementação da bolsa junto a FAPEMA.

Ao professor responsável pela disciplina de Química Geral II, por ter aceitado e cedido espaço para realizamos a pesquisa.

A todos os professores, colegas e funcionários do programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência que contribuíram com minha formação e realização deste estudo.

A todos os meus amigos que contribuíram diretamente e indiretamente para a realização deste trabalho.

À UFMA, pelo espaço concedido.

À FAPEMA, pela bolsa e o apoio financeiro concedido para realização do projeto de pesquisa.

RESUMO

Os conceitos referentes à mecânica quântica são de suma importância para o estudo da estrutura do átomo, possuindo grande relevância para a Química, que tem por base o estudo da matéria e de seus constituintes. A investigação desses conceitos e de como eles são estruturados pelo estudante de Química têm adquirido relevância nas pesquisas de ensino de Química, sobretudo pelas dificuldades de aprendizagem dos entes submicroscópicos em relação aos macroscópicos concernentes à mecânica clássica. Esta pesquisa buscou analisar como ocorreu a produção de significados dos estudantes de Química no estudo dos conceitos derivados do modelo atômico atual, em especial os números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas, observando os níveis de domínio e apropriação destes. A investigação foi realizada durante uma sequência didática organizada por uma entrevista efetuada com o professor responsável pela disciplina de Química Geral II da Universidade Federal do Maranhão, onde a pesquisa ocorreu. Para a coleta de dados, utilizou-se a captura de tela, imagem e áudio dos alunos, por meio do software Camtasia®, além de gravações de áudios, entrevistas semiestruturadas, exercícios e os registros de conversas de um grupo criado na rede social WhatsApp®. A estruturação dos dados teve por base o modelo topológico de ensino, que permitiu orientar as análises. A análise ocorreu a partir da interação dos alunos e o modo como produziram os significados dos conceitos, sendo dividida em três momentos: mapa de aulas, mapa de categorias e microanálise. Identificamos que os conceitos são produzidos por livres associações de aulas anteriores e a partir das ideias inseridas nos Objetos de Aprendizagem, além disso, o discurso de autoridade influenciou a produção de significados durante as interações comunicativas. Na maioria das atividades, os alunos apresentaram domínio sobre os conceitos focos da pesquisa, organizando-os em alguns momentos de forma confusa, principalmente por meio da escrita. Apenas um aluno orientou suas ideias em direção à apropriação dos conceitos, porém não foi possível analisar os níveis de apropriação nessa etapa.

Palavras-chave: Teoria da Ação Mediada, Modelo Atômico Quântico, Objetos de Aprendizagem, Produção de Significados.

ABSTRACT

The concepts related to Quantum Mechanics are important for the study of atomic structure, having great relevance to Chemistry, which is based on the study of matter and its constituents. The investigation of how students learned these concepts has gained importance in the scientific literature, and many studies are directed about the difficulties related to the obstacle concerning the submicroscopic world and Classical Mechanics. This research aimed to analyze how production of meanings of Chemistry students in the study of concepts derived from current atomic model, especially the quantum numbers, shapes of orbitals and electronic transitions, observing levels of mastery and appropriation of it. The study was carried out during a teaching sequence organized on an interview conducted with the teacher of General Chemistry II of the Federal University of Maranhão, where the research took place. For data collection, screen capture, image and voice of the students through the Camtasia® software, and audio recordings, semi-structured interviews, exercises and conversations recorded in a group created on WhatsApp®, a social network . Data organization was based on the topological model of teaching that guided the process. The analysis occurred by the interaction of students and how they produced the meanings of concepts, being divided into three stages: classes map, categories map and microanalysis. We identified concepts produced by free associations of the previous classes and from the ideas embedded on the Learning Objects, moreover, the authority discourse influenced the production of meanings during communicative interactions. Most of activities, students showed mastery of the focus concepts of this research organizing then confusingly, mainly through writing. Only one student guided his ideas toward the appropriation of concepts, however, it was not possible to analyze the appropriation levels at this stage.

Keywords: Theory of Mediated Action, Model Atomic Quantum, Learning Objects, Production of Meanings.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OA – Objeto de Aprendizagem

EUA – Estados Unidos da América

UV – Ultra Violeta

HF – Fluoreto de Hidrogênio

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

P – Professor - Pesquisador

X – Professor responsável pela disciplina

A1 e A2 – Alunos da dupla A

B1 e B2 – Alunos da dupla B

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pentagrama das telas terminísticas da ação humana.....	987
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da densidade eletrônica do orbital 2p. (a) Diagrama de pontos representando a distribuição de probabilidade em um orbital 2p. (b) Forma de uma superfície de probabilidade constante em um orbital 2p. (c) Uma representação simplificada de um orbital p enfatizando a natureza direcional deste orbital.....	81
Figura 2 - Objeto de Aprendizagem que simula o Efeito Fotoelétrico	85
Figura 3 - Objeto de Aprendizagem que simula os modelos atômicos para o átomo de hidrogênio.....	86
Figura 4 - Objeto de Aprendizagem que simula a polaridade das moléculas. a) polaridade de dois átomos genéricos; b) polaridade de três átomos genéricos; c) polaridade do fluoreto de hidrogênio; d) polaridade do ozônio.....	87
Figura 5 - Objeto de Aprendizagem que simula a interação atômica entre dois átomos com o respectivo gráfico da energia potencial versus distância entre os átomos.	88
Figura 6 - Objeto de Aprendizagem que simula a forma geométrica da molécula. a) modelo que pode ser manipulado; b) molécula real de acordo com o modelo e outro de acordo com os resultados experimentais	90
Figura 7 - Edição da linha do tempo dos vídeos gerados pela estação de trabalho	104
Figura 8 - Visão geral do software com destaque para os vídeos e áudios codificados	105
Figura 9 - Sistema de códigos com as categorias e suas subcategorias	106
Figura 10 - Linha do tempo codificada com algumas categorias.....	106
Figura 11 - Modelo de Schroedinger pausado no orbital p_x (2,2,1) nas duas estações de trabalho	233
Figura 12 - Diagrama dos níveis de energia	234

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Programa da disciplina Química geral II organizada em tópicos pelo professor responsável.....	74
Quadro 2 - Esquema do mapeamento das aulas	103
Quadro 3 - Conversões das transcrições	108
Quadro 4 - Mapeamento das aulas – o estudo da estrutura do átomo	112
Quadro 5 - Debate via rede social WhatsApp: discutindo sobre transições eletrônicas	214
Quadro 6 - Debate sobre dualidade onda-partícula na aula 8.....	220
Quadro 7 - Sobre a normalização das funções de onda na aula 11.....	227
Quadro 8 - Orientação ao uso do OA na aula 11	229
Quadro 9 - Debate sobre a energia dos orbitais.....	229
Quadro 10 - Questionamento do Professor sobre as imagens dos orbitais no OA .	232
Quadro 11 - Debate sobre o diagrama de energia	233
Quadro 12 - Debate sobre o número quântico magnético.....	235
Quadro 13 - A semelhança dos orbitais p	236
Quadro 14 - Explicação sobre a analogia da questão 4 do exercício da aula 11	243

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício.....	137
Gráfico 2 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício.....	138
Gráfico 3 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo	139
Gráfico 4 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a aula.....	140
Gráfico 5 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo.	141
Gráfico 6 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem e momentos de leitura e escrita do exercido.....	142
Gráfico 7 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos	144
Gráfico 8 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias	145
Gráfico 9 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador.....	146
Gráfico 10 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador	147
Gráfico 11 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo	148
Gráfico 12 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula	149
Gráfico 13 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo	150
Gráfico 14 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem.....	151
Gráfico 15 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos.....	152

Gráfico 16 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias	152
Gráfico 17 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador.....	153
Gráfico 18 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador	154
Gráfico 19 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo	155
Gráfico 20 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula	156
Gráfico 21 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo	157
Gráfico 22 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos.....	158
Gráfico 23 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias	159
Gráfico 24 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula.....	160
Gráfico 25 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula.....	160
Gráfico 26 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo	161
Gráfico 27 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula	162
Gráfico 28 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo	163
Gráfico 29 - Interação entre alunos	164
Gráfico 30 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos.....	165
Gráfico 31 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias	1664

Gráfico 32 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício.....	1675
Gráfico 33 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício.....	1686
Gráfico 34 - Subcategorias do Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício.....	169
Gráfico 35 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula	170
Gráfico 36 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir Conteúdo	171
Gráfico 37 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem e momentos de leitura e escrita do exercido.....	172
Gráfico 38 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos.....	173
Gráfico 39 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias	174
Gráfico 40 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador.....	175
Gráfico 41 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador.	176
Gráfico 42 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo	177
Gráfico 43 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula	178
Gráfico 44 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo	1797
Gráfico 45 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem Durante o Uso do Computador.....	1808
Gráfico 46 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos.....	1819

Gráfico 47 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias	18280
Gráfico 48 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula.....	1831
Gráfico 49 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula	183
Gráfico 50 - Subcategorias do Locutor no tipo de discurso de Conteúdo	184
Gráfico 51 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a aula.....	185
Gráfico 52 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo	186
Gráfico 53 - Interação entre alunos	186
Gráfico 54 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos.....	187
Gráfico 55 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula.....	188
Gráfico 56 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula	189
Gráfico 57 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo	189
Gráfico 58 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula	190
Gráfico 59 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo	191
Gráfico 60 - Interação entre alunos	191
Gráfico 61 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos.....	192
Gráfico 62 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador.....	193
Gráfico 63 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador	194
Gráfico 64 - Subcategorias do Locutor no tipo de discurso de Conteúdo	195

Gráfico 65: Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula	196
Gráfico 66: Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo	197
Gráfico 67 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem.....	198
Gráfico 68 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos.....	1997
Gráfico 69 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias	199
Gráfico 70 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador.....	202
Gráfico 71 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador	202
Gráfico 72 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo	203
Gráfico 73 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula	204
Gráfico 74 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo	205
Gráfico 75 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem; e Leitura ou escrita durante a Resolução do Exercício	205
Gráfico 76 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos.....	2075

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 A ESCOLHA DO TEMA	28
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	28
2.2 PRINCIPAIS DIFICULDADES APONTADAS NA LITERATURA SOBRE O ESTUDO DA MECÂNICA QUÂNTICA NA QUÍMICA	29
2.3 A IMPORTÂNCIA DA MECÂNICA QUÂNTICA NA FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR DE QUÍMICA	37
2.4 OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA	38
3 REFERENCIAL TEÓRICO	40
3.1 A PRODUÇÃO DE SIGNIFICADO EM VIGOTSKI E SUAS CONTRIBUIÇÕES EM AMBIENTES SOCIOCULTURAIS DE APRENDIZAGEM.	41
3.2 A NOÇÃO DE SIGNIFICADO E A DIALOGIA EM BAKHTIN	46
3.3 TEORIA DA AÇÃO MEDIADA	52
3.3.1 A ação mediada na perspectiva sociocultural	54
3.3.2 A irredutibilidade da ação mediada	57
3.3.3 O significado e o propósito das ferramentas culturais e as vozes envolvidas	59
3.3.4 As propriedades da ação mediada	62
3.3.5 Internalização como domínio e apropriação	65
3.3.6 O conjunto das ferramentas socioculturais	67
3.3.7 A Teoria da Ação Mediada no Ensino de Química	69
4 METODOLOGIA	73
4.1 METODOLOGIA DE ENSINO	73
4.1.1 Aspectos gerais da disciplina de Química Geral II	73
4.1.2 O questionário das concepções prévias dos alunos	75
4.1.3 Sobre os conteúdos	78
4.1.4 Descrição da Sequência didática e dos Objetos de Aprendizagem utilizados.	82
4.1.4.1 Os computadores	83
4.1.4.2 Os Objetos de Aprendizagem	83
4.1.4.3 Os slides e o material impresso	91
4.2 METODOLOGIA DE PESQUISA	92

4.2.1	Sujeitos da pesquisa	92
4.2.2	Planejamento da sequência didática	93
4.2.3	O modelo topológico de ensino	97
4.2.4	Coleta dos dados	101
4.2.5	Seleção e tratamento dos dados	102
5	ESTUDO DA ESTRUTURA DO ÁTOMO: INVESTIGANDO A PRODUÇÃO DE SIGNIFICADOS	110
5.1	MAPEAMENTO DAS AULAS	110
5.1.1	Ambientação do contexto de ensino em uma perspectiva sociocultural: as concepções prévias dos alunos.	116
5.1.2	A ciência como atividade humana e falível com as relações e contraste das teorias e modelos	121
5.1.3	Os modelos atômicos por meio dos Objetos de Aprendizagem: investigando os objetivos pretendidos pela Química	125
5.1.4	Fundamentos matemáticos do modelo atômico quântico	131
5.1.5	A extensão visual de um modelo matemático por meio de um Objeto de Aprendizagem	132
5.2	MAPEAMENTO DAS CATEGORIAS	132
5.2.1	Síntese geral das categorias e subcategorias	133
5.2.2	Descrição e Análise dos Gráficos	135
5.2.3	Comentários gerais sobre os gráficos	207
5.3	MICROANÁLISE: PRIMEIRAS APROXIMAÇÕES	211
5.3.1	O caso da quantização de energia	212
5.3.2	A dualidade onda-partícula	219
5.3.3	O modelo atômico quântico: abordagens gerais	226
5.3.4	O modelo atômico quântico: resolução do exercício	239
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	250
	REFERÊNCIAS	257
	APÊNDICES	265
	APÊNDICE A	266
	APÊNDICE B	267
	APÊNDICE C	268
	APÊNDICE D	269
	APÊNDICE E	270
	APÊNDICE F	272

APÊNDICE G	274
APÊNDICE H	275
APÊNDICE I	281
APÊNDICE J	291
ANEXO	295
ANEXO 1	296

1 INTRODUÇÃO

Para entender a estrutura do átomo, suas relações com as propriedades químicas dos elementos e a formação das ligações químicas, é necessário compreender como os elétrons se comportam diante do núcleo. Nesse sentido, o estudo dos modelos atômicos é de fundamental importância para a construção de uma estrutura lógica conceitual bem definida, uma vez que os conflitos cognitivos referentes ao átomo, que transitam entre a mecânica clássica e a mecânica quântica, ainda perduram até os dias de hoje. Tais conflitos também estão relacionados às dimensões ao nível submicroscópico, imperceptíveis à visão, e ao nível macroscópico, do qual já estamos acostumados e usamos para explicar e prever vários fenômenos naturais perceptíveis aos sentidos e justificáveis pela mecânica clássica.

A maneira como o mundo é apresentado, por meio dos sentidos, direciona nossas descobertas iniciais às características fenomenológicas e, quando nos deparamos com questões abstratas e submicroscópicas, como o estudo do átomo, entramos em conflito diante de uma natureza que aprendemos a sentir e outra que se desvia desses sentidos. Esse conhecimento a nível submicroscópico começa a ter mais clareza na escola, onde são apresentadas ao aluno as características simbólicas e representacionais. Embora exista uma teoria que explique em detalhes o nível submicroscópico, a teoria quântica, o estudante sempre estará transitando em um ciclo contínuo entre as questões fenomenológicas, simbólicas e representacionais (MACHADO & MORTIMER, 2007), pois, culturalmente, o conhecimento anterior não é abandonado pelo novo, simplesmente é ressignificado e usado em situações adequadas (MORTIMER, 2000).

Ao se iniciar o estudo em nível submicroscópico, ou seja, a exploração do átomo, ainda no ensino médio, o aluno se depara com características relacionadas a objetos concretos, através de analogias, para explicar tal estrutura. Esse fato pode ser relacionado com as tentativas dos cientistas, no começo do século XX, de propor a mecânica clássica, isto é, as leis do movimento propostas por Newton, no século XVII, para descrever a estrutura dos átomos, posto que a mecânica clássica tinha obtido enorme sucesso na descrição do movimento de objetos macroscópicos, como bolas e planetas (ATINKS, 2012; ROSA, 2004, MARTINS & ROSA, 2014). No

entanto, logo ficou evidenciado que a mecânica clássica não descrevia corretamente a estrutura dos elétrons nos átomos e foi preciso a formulação de novas leis para o entendimento do mundo microscópico: a mecânica quântica.

Desse modo, por ser um tema de certa complexidade matemática, a mecânica quântica é abordada de forma superficial nos Livros Didáticos de Química do ensino médio, de modo que são abordados apenas alguns conceitos básicos e fatos históricos. A profundidade desse tema é vista com mais detalhes e clareza, principalmente, nos cursos de graduação em Física e Química.

Tratando-se do curso de licenciatura em Química, a teoria quântica é apresentada inicialmente na disciplina de Química Geral. Nesse sentido, alguns dos textos de referência dessa disciplina abordam o assunto nos primeiros capítulos (RUSSEL, 1994; ATINKS, 2012). Porém, os conceitos de estrutura eletrônica do átomo dos alunos dos primeiros períodos do curso de Química ainda estão baseados na mecânica clássica, através, principalmente, de analogias.

Nesse contexto, alguns professores deixam de tratar o tema da teoria quântica do átomo com o rigor matemático correspondente nas disciplinas iniciais de Química, pois o aluno ainda não apresenta domínio teórico suficiente sobre o cálculo diferencial, que ocupa um lugar de destaque para compreender adequadamente o assunto. Em contrapartida, os professores que tentam explanar sobre o assunto se deparam com a mesma dificuldade e, por essa razão, tendem a apresentar o conteúdo de forma sucinta.

Vale ressaltar que o problema pode estar na formação do professor, prova disso é que a maioria dos cursos de Química (bacharelado ou licenciatura) não apresentam disciplinas de Física (como Física Moderna) que ajudem a compreender melhor a mecânica quântica, ou seja, a formação do químico deveria considerar as abordagens da Matemática e da Física, que são necessárias para compreender a mecânica quântica no estudo da estrutura do átomo. A Física que geralmente é abordada nos cursos de Química é puramente clássica.

Percebe-se, assim, que os conceitos de mecânica quântica que explicam de maneira mais adequada o comportamento eletrônico do átomo, além de explanar sobre a existência dos números quânticos e dos orbitais, só serão melhor detalhados em disciplinas dos últimos anos do curso, como: Introdução à Química Quântica e, raramente, em Físico-Química. Conseqüentemente, muitos alunos podem continuar com uma visão clássica do assunto (muitas vezes baseada em

analogias) e até mesmo concluir o curso com essa visão, dada a complexidade do tema (LEMES, 2013).

No entanto, os esforços não devem estar concentrados em descaracterizar as abordagens clássicas, há muito utilizadas pelos químicos, em detrimento de abordagens referentes à mecânica quântica para explicar todo e qualquer fenômeno a nível submicroscópico. Entre os químicos, é sabido que a mecânica clássica, em algumas situações, possui sucesso¹ para esclarecer alguns fenômenos químicos do nível submicroscópico, como é o caso das interações referentes às ligações iônicas, tais como: força de ligação, energia de ionização, variação do raio atômico, dentre outros; onde o átomo é apresentado como uma esfera. Esses fenômenos também poderiam ser tratados pelo rigor matemático e pelas considerações da mecânica quântica. Assim, um curso Introdutório de Química Geral se tornaria, de certo modo, complexo, mas auxiliaria na produção de significados de conceitos sobre a natureza quântica da matéria e ampliaria o horizonte conceitual para a escolha do melhor modelo teórico.

O que deve ficar claro para os estudantes é que a Química se utiliza de diversos conceitos para explicar o mesmo fenômeno, cabendo essa escolha aos objetivos pretendidos. Tais objetivos devem estar claros para que os conceitos não sejam usados de formas equivocadas. Certamente, não é uma tarefa trivial, pois após o advento da mecânica quântica pelos cientistas teóricos (Físicos e Químicos), as explicações dos fenômenos naturais passaram a considerar mais as abordagens racionalistas e probabilísticas do que as realistas e deterministas. Como a formação do pensamento químico seguiu essa última abordagem, surgiram críticas de que a Química seria um ramo da Física que se encarregava das explicações realistas e deterministas dos fenômenos. Todavia, a Química não pode ser reduzida à Física por essa justificativa, e essas áreas se complementam para a constituição do pensamento científico em uma interface entre áreas distintas e complementares, pois o pensamento químico é constituído cultural e diferentemente do pensamento físico. Tais discussões nessa interface entre as áreas de conhecimentos refletem no discernimento dos alunos em relação aos objetivos pretendidos pela Química no uso de determinado conceito.

¹ Simplifica a compreensão de alguns conceitos que seriam mais complexos se fossem explicados pela mecânica quântica.

Para aproximar os estudantes dos objetivos pretendidos pela Química a respeito da teoria da mecânica quântica e tendo em vista que boa parte dos avanços tecnológicos, por meio do estudo da matéria e seus constituintes, tenham surgido após a descoberta desta, é que desenvolvemos uma sequência didática que utiliza Objetos de Aprendizagem (OA) para o estudo dos modelos atômicos, por meio da qual buscamos analisar a produção de significados dos conceitos concernentes ao modelo atômico quântico, versando principalmente sobre os números quânticos, as formas dos orbitais e as transições eletrônicas. A sequência didática foi aplicada na disciplina de Química Geral II, composta por quatro alunos, da Universidade Federal do Maranhão, e desenvolvida a partir de entrevista realizada com o professor responsável pela disciplina na Universidade.

A base referencial desta pesquisa é a Teoria da Ação Mediada, de James Werstch, e os dados para a análise foram organizados de acordo com o modelo topológico de ensino, proposto por Marcelo Giordan (2008). O trabalho está estruturado em quatro capítulos, além da introdução, referências, apêndices e anexos, que são resumidos abaixo.

No capítulo 2, justificamos a escolha do tema pela caracterização do problema de pesquisa e os principais embasamentos teóricos acerca dos conceitos da mecânica quântica. Nesse capítulo, ressaltamos as diferenças na construção do pensamento químico e do pensamento físico e a necessidade de tratarmos histórica e culturalmente dos conceitos referentes à estrutura atômica que deram impulso para a construção do atual modelo atômico. A importância desse aporte histórico-cultural será comentada e justificada, tendo relação direta com as dificuldades que os alunos apresentam na compreensão dos conceitos referentes à estrutura do átomo. Levantados os anseios que culminaram nesta pesquisa, apresentamos, no final do capítulo, o objetivo geral e os específicos, bem como as questões de pesquisa que nortearam este trabalho.

No capítulo 3, apresentamos o referencial teórico que sustenta este trabalho, isto é, a Teoria da Ação Mediada de James V. Wertsch. Esse é um referencial pautado nas perspectivas socioculturais, principalmente ligadas às ideias de Vigotski, Bakhtin e Burke, para a compreensão entre os processos mentais e seus contextos culturais, históricos e institucionais. Desse modo, é indispensável tratarmos das contribuições desses autores no referido estudo.

No capítulo 4, tratamos sobre a metodologia, de modo que apresentamos a organização da sequência didática, a descrição dos objetos de aprendizagem, o processo de coleta de dados e a estruturação na análise dos dados. O capítulo é subdividido em metodologia de ensino e de pesquisa, onde apresentamos os detalhes de cada etapa e o porquê da escolha do assunto para melhor caracterizar a análise. Salientamos que a sequência didática foi dividida em três etapas, de acordo com os conteúdos propostos na carga horária da disciplina “Estudo da estrutura do átomo; Propriedades Periódicas e Ligações Químicas e Estudo elementar do núcleo e suas propriedades”, porém somente a primeira etapa foi analisada devido ao fato de ela tratar com afinco os conceitos de interesse desta pesquisa.

No capítulo 5, abordamos a análise das aulas selecionadas para a pesquisa, correspondentes à primeira etapa da sequência didática, “Estudo da estrutura do átomo”, que foi organizada para a análise em três momentos, sendo eles: (1) mapeamento das aulas, (2) mapeamento das categorias e (3) microanálise. Os dados do primeiro momento foram estruturados por meio do modelo topológico proposto por Giordan (2008). Esse primeiro momento teve por objetivo sistematizar os dados, delineando o caminho traçado pelos alunos para a produção de significados dos conceitos de números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas. Por conseguinte, todas as aulas foram categorizadas para que pudéssemos selecionar quatro aulas representativas, nas quais foi analisado o modo como os alunos produziam os significados dos conceitos referentes ao modelo atômico quântico (momento da microanálise).

2 A ESCOLHA DO TEMA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

As pesquisas em ensino de Mecânica Quântica têm crescido nos últimos anos, assim como aponta o trabalho de uma revisão de literatura (PANTOJA, MOREIRA E HERSCOVITZ, 2011). Esses autores analisam cinco categorias que compreendem as temáticas de pesquisa: propostas didáticas; implementações de propostas didáticas; estudos de concepções; análise curricular e críticas aos cursos introdutórios de Mecânica Quântica; análise teórica/epistemológica. Dentre essas, a área de concepções tem se tornado mais representativa, quantitativamente, embora o maior número de publicações analisadas encontre-se na categoria de implementação de propostas didáticas. Diversos destes trabalhos mostraram ser bem introdutórios por focarem na construção de instrumentos de avaliação e na sua capacidade na detecção de concepções já existentes, deixando em segundo plano as concepções adquiridas acerca do conteúdo de Mecânica Quântica nos quais deveriam ser analisadas as representações mentais construídas pelos estudantes.

Dentre os estudos sobre concepções de conceitos químicos, Trivelato (1989) e Mortimer (2000) relatam que as concepções sobre algumas propriedades atômicas— conservação de massa, visão corpuscular da matéria, descontinuidade, etc – evoluem em função da escolaridade/idades crescentes dos alunos. No entanto, mesmo os alunos que foram submetidos ao ensino sobre o assunto apresentam certas dificuldades, tais como: transitar entre as observações fenomenológicas e as explicações atomísticas, onde parece não haver relação entre os modelos atomistas e o comportamento dos materiais nos diversos fenômenos (MORTIMER, 2000, p.103). Esta caracterização de Mortimer se dá por meio da ideia de obstáculos epistemológicos apresentadas por Gaston Bachelard (1975).

O trabalho de Mortimer (2000) foi realizado com alunos de 8º série (atual 9º ano) em um nível bem elementar e, mesmo depois de todo o processo, os alunos ainda apresentavam dificuldades conceituais. O autor, com a ajuda de estudos anteriores, verificou que os conceitos científicos dos alunos progrediam em função da escolaridade/idade. Outras pesquisas em ensino médio e superior (ARDAC 2002; SHILAND, 1995; TABER, 2004; TSAPARLIS, 1997, STAFANI & TASPRLIS, 2009; NIAZ & FERNANDES, 2008, LEMES, 2013) mostram que os conceitos relativos à

estrutura e às propriedades atômicas ainda são mal compreendidos, apesar dos estudantes terem sido submetidos ao estudo dos temas. Portanto, optamos por trabalhar com os licenciandos do curso de Química e estudar a produção de significados dos conceitos que transitam entre as observações dos fenômenos e as caracterizações matemáticas, principalmente aquelas relacionadas à estrutura do átomo, especificadamente sobre os números quânticos, as formas dos orbitais e as transições eletrônicas.

A intenção deste trabalho não é fazer uma análise da evolução do perfil conceitual dos alunos, pois os trabalhos de Mortimer já o fazem perfeitamente, tampouco tratar rigorosamente do estatuto ontológico e epistemológico dos conceitos (ROZENTALSKI, 2013), mas, sim, analisar a construção de significados em uma estrutura conceitual lógica de aprendizagem mediadas por Objetos de Aprendizagem, que ajude o estudante a compreender melhor os conceitos básicos da Química, que, culturalmente, transitam entre uma visão clássica e quântica, gerando uma série de dificuldades a nível conceitual. Desse modo, como a Química pesquisa a estrutura da matéria e seus constituintes, acreditamos ser indispensável que o estudante de Química compreenda os referidos conteúdos.

2.2 PRINCIPAIS DIFICULDADES APONTADAS NA LITERATURA SOBRE O ESTUDO DA MECÂNICA QUÂNTICA NA QUÍMICA

Taber (2004) realizou um estudo com alunos britânicos, entre 16 e 18 anos, para explorar as concepções dos estudantes sobre os conceitos de Química Quântica, tais como: orbital eletrônico, camadas, níveis de energia, dentre outros. A autora ressalta que no nível de ensino secundário à aprendizagem de conceitos do átomo pode prejudicar o entendimento dos conceitos atômicos em nível de ensino superior, pois esses são vistos principalmente como analogias de sistemas planetários (modelo de Bohr). Destaca, também, que os conhecimentos prévios para a aprendizagem dos conceitos de orbital não estavam presentes nos alunos, justamente por considerarem que os orbitais eram um sistema planetário e que os elétrons não se chocavam com o núcleo porque a força de atração do núcleo era muito pequena, por isso eram mantidos em uma órbita definida (p.100).

Desse modo, Taber (2001 e 2004) deixa claro que os estudantes de nível superior devem ir além dos modelos simples no estudo dos orbitais, pois uma das

principais características do modelo quântico do átomo é a possibilidade de existir transições eletrônicas entre níveis de energia, ou seja, os elétrons podem ser promovidos a um estado excitado. Essas transições facilitam o entendimento da estrutura eletrônica de átomos e moléculas, pois o modelo planetário de Bohr, abordado no ensino médio, não é satisfatório para átomos não hidrogenoídes, além de apresentar diversas outras características, como manter as energias fixas em um sistema que emite radiação eletromagnética de acordo com a mecânica clássica (partículas aceleradas em órbitas). Portanto, o modelo mais adequado para o estudo de átomos não hidrogenoídes e moléculas seria o de aproximações de orbital por meio das equações de Schrödinger.

No que diz respeito a essa temática, Ogilvie (1990, p.282) aborda que o ensino de transições eletrônicas dos elementos é baseado nas soluções da equação de Schrödinger, ou seja, são abordagens matemáticas sem considerar os aspectos pictóricos. No entanto, é possível gerar imagens aproximadas de densidades de probabilidades para os orbitais por meio das equações. Segundo Niaz e Fernandes (2008), a revisão da literatura no ensino de Química mostra que, possivelmente, esses aspectos pictóricos geram certa falta de entendimento com relação à mecânica quântica e leva professores e autores de livros didáticos a considerar orbitais como observáveis físicos, em vez de construções matemáticas.

A representação da Natureza pela Ciência como essencialmente observável pelos sentidos é uma construção histórica, assim como apontam Grega e Santos (2005) ao retratar que historicamente os fundamentos da Ciência são explicados nos termos das tradições mecanicistas e dinamicistas do século XIX. Para os mecanicistas, as analogias eram utilizadas para representar a realidade, fundamentada em aspectos pictóricos; para os dinamicistas, a analogia era uma guia para a teoria e não a garantia de sua veracidade com fundamentos matemáticos, ou seja, enquanto o primeiro apresentava abordagens realistas, o segundo caracterizava-se como racionalista.

As teorias e modelos em Química evoluíram por meio das tradições mecanicistas, pois, na previsão das características e propriedades de diferentes entes, sejam eles existentes ou não, fez-se necessário o desenvolvimento de signos e processos de comunicação imagéticos (ARAUJO NETO & GIORDAN, 2009). O estabelecimento desses processos auxiliaram diretamente na construção das representações estruturais tão utilizadas na Química. No entanto, não se pode

afirmar que a Química é essencialmente mecanicista, pois esta se baseia, também, nas fundamentações matemáticas para o desenvolvimento das teorias e modelos que se apoiam nas abordagens pictóricas.

Sendo assim, os modelos e teorias em Química estão pautados em uma tensão que prevê o equilíbrio dessas duas dimensões, assim como apontam Araújo Neto e Giordan (2009, p.5) ao citar Cassirer (1998):

A tensão entre uma dimensão totalmente imagética ou plenamente simbólica e aquela inundada de valores sensoriais, é a marca de produção das formas simbólicas, que podem ser qualificadas em três funções organizadoras: (i) *função expressiva* – quando o encantamento e a fascinação levam a impressão sensível a congelar em uma forma pictórica; (ii) *função significativa* – quando prevalece a elaboração conceitual e existe uma articulação prioritária entre noções abstratas; (iii) *função representativa* – quando as duas funções anteriores operam em equilíbrio.

Desse modo, podemos salientar que a modelação dos fenômenos químicos no uso de aspectos pictóricos é culturalmente construída para facilitar o entendimento desses fenômenos, pois envolvem diversos conceitos, ao mesmo tempo em que seriam complexos de compreender por uma única representação. Greca e Santos (2005, p.36) salientam sobre essa questão:

A complexidade dos fenômenos químicos modeláveis leva a que devam ser considerados vários conceitos ao mesmo tempo para a compreensão de um fenômeno: uma ampla variedade de classes de substâncias e comportamentos físicos e químicos é examinada nas suas transformações externas e internas, o que exige aos modelos químicos múltiplas representações estruturais para poder dar conta destas dinâmicas. Somente a utilização destas representações, que possibilita o estabelecimento de relações causais entre os fenômenos observáveis e os mecanismos internos de funcionamento dos sistemas, torna esses sistemas inteligíveis (Yamalidou, 2001) [...] Algumas das propriedades destes modelos são similares aos aspectos reais que procuram representar, outros aspectos, no entanto, não se refletem no modelo. Por outra parte, diferentes representações pictóricas focam sobre diferentes propriedades das partículas, criando múltiplas formas de representar o mesmo sistema. Possivelmente o aspecto mais saliente deste uso de representações pictóricas seja que elas levam a uma “reificação” dos modelos, onde os tipos de representações pictóricas utilizadas parecem solapar-se, para os estudantes, com “imagens” do fenômeno. [...] muitos modelos químicos não necessariamente envolvem muita formalização nem grandes abstrações matemáticas. [...] (GREGA; SANTOS, 2005, p. 36).

Além disso, as autoras apontam que se deve tomar cuidado em abraçar modelos realistas ingênuos, uma vez que representações químicas que fogem ao equilíbrio anteriormente citado podem prejudicar as formas de modelação que se

pretende que os estudantes aprendam. Nessa vertente, Araújo Neto e Giordan (2009) assinalam que para considerar a igualdade entre o representante e o representado deve-se prezar pelo movimento simbólico a que este se refere, e não o considerar como um processo ontológico. Ademais, os autores ainda afirmam que: “Não há restrição ontológica de co-presença do objeto no processo de representação, e na verdade supô-la seria rejeitar a representação. Podemos inclusive representar graficamente coisas que não existem e manter a atribuição de sentido” (ARAUJO-NETO & GIORDAN, 2009, p.4).

A pesquisa de Stefani e Tsaparlis (2009, p.521) mostra que os modelos estão onipresentes na ciência e na mente dos alunos, e que desempenham um papel importante na educação científica. Porém, os estudantes de Química, basicamente em todos os níveis, preferem modelos concretos (pictóricos), como por exemplo, os modelos analógicos de átomos e moléculas; de preenchimento de espaços; modelo planetário de Bohr, dentre outros. A pesquisa ainda aponta que mesmo os estudantes universitários tendo sido expostos a modelos mais avançados, como o modelo quântico do átomo, ainda apresentam dificuldades para acomodar novos conhecimentos e tendem a associar a mecânica clássica à mecânica quântica para explicações de vários fenômenos.

Outro estudo realizado com estudantes universitários da Grécia, no curso de Química, por Tsaparlis e Papaphotis (2002), analisa se os estudantes possuem uma compreensão profunda e precisa dos conceitos modernos de orbital atômico, orbital molecular e conceitos relacionados. Os autores concluem que os alunos chegam a esse curso com concepções anteriores, oriundas do ensino médio, com uma série de equívocos e conhecimentos incompletos sobre os conceitos de Química quântica, provenientes de um ensino elementar, impreciso e principalmente pictórico dos conceitos relevantes. Tsaprlis observa esses mesmos equívocos em outros estudos (TSAPARLIS 1993, 1997; STEFANI & TSAPARLIS, 2009; TSAPARLIS & PAPAPHOTIS, 2009).

Stefani e Tsaparlis (2009) abordam esses equívocos por meio de diversos autores, assim como segue: tratar os conceitos de orbitais e orbitas alternadamente (TABER, 2002a); confundir camada eletrônica e nuvens de elétrons (HARRISON & TREAGUST, 1999); representar orbitais como um espaço fixo e delimitado; falta da compressão da natureza aproximada de orbitais atômicos para átomos de muitos elétrons (TSAPARLIS & PAPAPHOTIS, 2002); equívocos sobre hibridação

(NAKIBOGLU, 2003); mal entendimento da modelagem matemática para formação dos orbitais atômicos e moleculares (TABER, 2002b). Essas abordagens são retratos da mecânica quântica antiga, ou seja, dos modelos de Rutherford, Bohr e Sommerfeld, que ainda são utilizadas em diversas situações de ensino elementar, como, por exemplo, o modelo de Bohr, em que os elétrons seguem órbitas definidas e energias fixas.

Como pode ser visto nos trabalhos citados, os modelos pictóricos para descrever a estrutura do átomo estão presentes nas concepções dos estudantes em qualquer nível de ensino, mesmo tendo sido expostos a níveis conceituais mais avançados. Tendo em vista que outros trabalhos (SCERRI, 2000; MULLER 2002; CARVALHO NETO et al, 2009; HARRISON & TREAGUST, 1996) chegam a conclusões semelhantes sobre o uso constante de modelos analógicos (pictóricos) para descrição da estrutura do átomo, no ensino médio e nos cursos universitários de Química, acreditamos que alguns desses equívocos são cometidos não pelo uso pictórico de conceitos relevantes, mas pela não clareza dos objetivos pretendidos em tal uso, que geram conflitos nos alunos quanto à existência ou emprego de teorias e conceitos mais elaborados para explicar fenômenos que desses necessitam.

De certo modo, os modelos e conceitos da teoria quântica antiga, segundo Stefani e Tsaparlis (2009) e Tsaparlis e Papaphotis (2009), não são considerados como equívocos, mas representam os modelos anteriores e que em muitos aspectos ainda são úteis na prática científica real. No entanto, esses conceitos e modelos, a que os estudantes de ensino médio foram expostos, formam construções teóricas profundas e são difíceis de mudar, podendo dificultar a interpretação da formação de uma nova ciência. Os autores assinalam que esses conhecimentos deveriam servir de trampolim para a aprendizagem dos modelos quânticos atuais, apenas como uma construção histórica conceitual, e não para retratar a estrutura atômica como determinista.

A mecânica quântica moderna para o ensino de Química nos permite descrever a matéria por meio de funções matemáticas e expressões que derivam da mecânica ondulatória de Schrödinger (STEFANI & TSAPARLIS, 2009), que proporcionam um melhor entendimento, em nível universitário, dos conceitos de orbital para descrever a estrutura eletrônica de átomos e moléculas (TABER, 2004). Essa teoria deve superar alguns enfoques da mecânica quântica antiga, isto é, os

modelos que o precedem, pois a mecânica quântica moderna trouxe uma nova forma de pensamento matemático e probabilístico sobre o mundo físico ao nível submicroscópico (STEFANI & TSAPARLIS, 2009, p.521).

Abordagens de orbitais atômicos e moleculares sem o caráter matemático intrínseco a esses temas podem trazer conflitos cognitivos aos alunos, pois eles tendem a imaginar os orbitais atômicos como espaços e não como funções matemáticas, de modo que podem ser somados para obter os orbitais moleculares, porém não podem ser subtraídos, tendo em vista que não conseguimos subtrair espaços (TSAPARLIS & PAPAPHOTIS 2009). Já o estudo dos números quânticos (n , l , m_l e m_s) e das transições eletrônicas parecem servir apenas para o conhecimento da distribuição eletrônica dos elétrons pelo diagrama de Linus Pauling, aprendidos no ensino médio, e é dada pouca atenção às interpretações matemáticas que nos oferecem informações das energias, formas dos orbitais, orientações, momento magnético e de spin (NIAZ & FERNANDES, 2008).

Scerri (2000,2001) aborda que a teoria quântica sugere que os orbitais atômicos já não podem mais ser ditos como observáveis físicos, principalmente em átomos de muitos elétrons. No entanto, o autor afirma que os químicos usam, confortavelmente, órbitas em todos os lugares e que os livros didáticos de Química fazem uso extensivo das configurações eletrônicas do átomo, reforçando a impressão sobre a natureza fundamental de orbitais e configurações, assim como apontam o trabalho de Niaz e Fernandes (2008) e Rozentalski (2013). Esses equívocos ainda são reforçados pelas visualizações de orbitais por meio de computadores (SCERRI, 1998, 1999). Porém, Scerri destaca que a forma como os químicos usam a mecânica quântica é essencialmente diferente dos físicos, de modo que há a necessidade de uma Filosofia da Química – discutida em seu trabalho intitulado “Filosofia da Química: um novo campo interdisciplinar” (SCERRI, 2000) – para não desconsiderar todo o processo histórico de construção da Química e esta não ser reduzida a todo o processo de construção da Física.

Santos e Grega (2005) observam que os estudantes universitários de Química não conseguem modelar de forma correta os fenômenos propostos, e usavam várias representações pictóricas sem incluir as leis do sistema. Wu et al (2001) discutem os problemas dessa natureza e abordam que o processo de visualização inerente à Química é importante para aprender as diferentes representações, pois na Química existem diferentes situações para um mesmo

conceito. Dessa maneira, o processo de modelação em Química deve ser entendido de forma diferente da Física, e os obstáculos epistemológicos causados por uso excessivo de conceitos pictóricos em Química devem ser superados e entendidos no uso de cada situação sem desconsiderar o caráter matemático presente.

Grega e Santos (2005, p.44) corroboram com as ideias de Wu et al (2001):

[...] dadas as características da modelação em química parece relevante insistir no ensino de representações diferentes e a discussão das mesmas com os conceitos envolvidos, assim como ressaltar as concepções subjacentes a cada modelo e sistema representacional e o progresso evolutivo do conhecimento e da racionalidade científica na química.

Scerri (2000) reforça a ideia de que os químicos tendem a caracterizar os orbitais como observáveis físicos, porém tomar totalmente o racionalismo matemático que a Física propõe para o estudo do átomo seria negligenciar a existência de todos os aspectos pictóricos construídos na história da química para explicar diversos fenômenos. O autor argumenta que tal redução é impactante no ensino de química, pois várias questões profundas da Química podem ser resolvidas recorrendo-se às teorias mais fundamentais da Física. Essa noção está mais implícita no uso crescente dos princípios físicos para explicar a estrutura atômica e o sistema periódico.

Assim sendo, Scerri (2000) sugere que a Química pode adotar algumas características do racionalismo físico, como os números quânticos, e simplesmente continuar considerando alguns aspectos pictóricos como entidades próprias da Química. Além disso, Hoffman (2007) salienta que a ciência não pode ser observada de modo reducionista e devemos nos ater aos perigos que tal redução ideológica pode trazer perante a sociedade:

Os cientistas adotaram o modo reducionista de pensar como ideologia dominante. Mas essa filosofia tem muito pouca relação com a realidade dentro da qual os próprios cientistas trabalham. E isso causa um perigo potencial ao discurso dos cientistas dirigido ao resto da sociedade (Hoffmann, 2007, p. 38).

Diante dessas ideias, defendemos que a Química não pode ser reduzida à Física, posto que esta é uma ciência com características próprias na sua construção, e não podemos negligenciar tais fundamentos. Portanto, não podemos nos satisfazer com o modo que se ensina mecânica quântica na perspectiva de que

a Química é realista e determinista e Física seja racionalista e probabilística. Certamente, é necessário ressaltar que a matemática é essencial para uma compreensão profunda da Química Quântica nas descrições das estruturas atômicas, e que as imagens físicas subjacentes apresentam uma conexão importante com ela, mas deve ficar claro que suas concepções (das imagens) são meramente aspectos do melhor modelo atualmente disponível e não são reais no mesmo sentido que as observações experimentais o são. Dessa maneira, é imprescindível destacar que os números quânticos, a forma dos orbitais e as transições eletrônicas são derivados da mecânica quântica ondulatória de Schrödinger (TSAPARLIS & PAPAPHOTIS 2002).

Acreditamos que a modelação analógica, baseada na antiga mecânica quântica, que usa modelos planetários para as explicações da estrutura do átomo, deve ser superadas - não no sentido de substituição, pois sua construção histórica é muito importante para o entendimento dos modelos atuais -, tendo em vista que o átomo não é um sistema material, concreto e fisicamente observável, onde os elétrons percorrem caminhos perfeitamente definidos em trajetórias conhecidas. Sendo assim, a melhor forma de representação para a construção de uma estrutura lógica conceitual seria o uso das representações matemáticas atreladas às representações pictóricas, porque os elétrons não são partículas clássicas, não possuem dimensões e nem posições definidas, além disso, são indistinguíveis e obedecem ao princípio da incerteza de Heisenberg e às funções de onda de Schrödinger.

Citadas as principais dificuldades no estudo da mecânica quântica na Química e que também levam ao pensamento reducionista desta à Física, ainda encontramos uma deficiência na formação dos profissionais de Química em termos de currículo, pois a grande maioria dos cursos de Química (licenciatura ou bacharelado) não abordam disciplinas específicas para tal estudo. Em algumas Universidades, como a que realizamos a pesquisa, os conteúdos de mecânica quântica se apresentam em mais detalhes apenas nas disciplinas de Química Geral e Introdução à Química Quântica (sendo optativa para o curso de licenciatura). Abordaremos essa temática no próximo subtópico, pois acreditamos ser indispensável tal conhecimento para a formação dos profissionais da Química, tendo em vista que se trata da base dessa Ciência.

2.3 A IMPORTÂNCIA DA MECÂNICA QUÂNTICA NA FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR DE QUÍMICA

Por que o estudo da Mecânica Quântica é tão importante para a formação do profissional de Química? Poderíamos nos dirigir a essa pergunta afirmando que a base da Química é o estudo da matéria e que a Quântica proporcionou maiores esclarecimentos quanto a isso. No entanto, tal afirmação torna-se um tanto reducionista com especificidade e generalidade nesse tocante, negligenciando o progresso social, científico e tecnológico que a teoria quântica proporcionou e os avanços que continuam a vir por meio dela. Portanto, a melhor resposta para essa pergunta seria que sua importância é notável pelo progresso que trouxe para o avanço das diversas áreas, assim como por viabilizar o surgimento de novos conhecimentos, além da capacidade de possibilitar estudos interdisciplinares com um olhar voltado para o cerne da Ciência (PEIXOTO, 1988).

Adentrar aos constructos da Ciência para a interpretação dos fenômenos requer níveis de abstração que se tornam mais complexos quanto mais profundamente se quer chegar. Embora o nível de abstração seja essencial para as interpretações dos fenômenos, a maioria delas está ligada à teoria clássica, que é a mais presente no conhecimento escolar, e torna-se uma tarefa complexa romper tal ligação para se trabalhar com a teoria quântica, que exige níveis de abstrações bem mais avançados. Além disso, a teoria clássica é bem aceita para explicar diversos fenômenos sem que seja necessária uma abstração a nível quântico. Dessa forma, os conceitos de estrutura do átomo, que são melhores representados pela teoria quântica, requerem maiores esforços dos estudantes de Química, no entanto a maioria ainda nem alcançou níveis de abstração mais simples.

A dificuldade em se alcançar tais níveis de abstração pode estar relacionada à má formação curricular dos estudantes, pois a maioria dos cursos de Química (em especial o de licenciatura) não contempla seus currículos com disciplinas que favoreçam em melhor grau o estudo da mecânica quântica. Embora os cursos de Química possuam as disciplinas de Cálculo Integral e Vetorial, parece não haver uma relação direta desses conteúdos com a mecânica quântica, e as abordagens são postas de forma isolada sem muitas aplicações. Além disso, os estudantes de Química têm uma base limitada de Física (LEVINE, 2008), já que a maioria dos currículos é contemplada apenas com as disciplinas de Física Clássica. Isso é um agravante na formação do químico, pois quando livros de Química Quântica precisam tratar do assunto,

necessitam adotar uma didática que aborde tais conteúdos em seus capítulos para posterior aprendizagem da teoria quântica, como é o caso do livro “Química Quântica” de Levine (2008) e “Fundamentos da Química Quântica” de Braga (2007).

A intenção deste trabalho não é analisar os currículos dos cursos de Química, mas, de modo geral, tratar da importância da teoria quântica na formação do profissional dessa área (licenciatura e bacharelado). Poucos são os trabalhos que investigam o currículo quanto a essa questão específica. Nesse sentido, podemos citar o trabalho de conclusão de curso de Versiani (2014) que, apesar de introdutório, aponta as principais deficiências curriculares desse conteúdo nos cursos de Química e faz uma breve análise do currículo no curso de bacharelado em Química do Instituto de Química da Universidade de Brasília.

Uma questão interessante levantada pela autora, e reflexo na grande maioria dos currículos das universidades brasileiras, é que, na organização do curso de Química, uma das disciplinas mais específicas que tratam da teoria quântica, a Físico-Química, é dividida em três eixos: Termodinâmica, Quântica e Cinética Química; porém a Quântica é deixada por último e em alguns cursos ela não chega nem a ser abordada, como é o caso do curso de Química da Universidade Federal do Maranhão, onde nossa pesquisa foi realizada. No caso específico dessa Universidade, resta apenas a disciplina de Química Geral II para tratar introdutoriamente os conteúdos de quântica, que serão aprofundados na disciplina de “Introdução a Química Quântica” (obrigatória apenas para o bacharelado), uma vez que, nas disciplinas de “Química Inorgânica”, o assunto é tratado de forma descritiva. Maiores detalhes serão apresentados em capítulos posteriores, onde foram coletadas informações dessa natureza com o professor responsável pela disciplina de Química Geral II, na qual a pesquisa foi realizada.

2.4 OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA

Este trabalho não pretende desconsiderar o caráter pictórico que professores e livros didáticos trazem em relação aos orbitais, mas deixar claro que essas possíveis imagens são geradas a partir de equações matemáticas e tal entendimento pode facilitar a compreensão das estruturas atômicas e moleculares. No contexto da Teoria da Ação Mediada, o principal objetivo da pesquisa foi *analisar como ocorre a produção de significados dos estudantes de química durante a sequência didática proposta, visando verificar o nível de domínio e apropriação dos conceitos derivados do modelo atômico atual, em especial aos números quânticos,*

formas dos orbitais e transições eletrônicas. Delineado o objetivo principal, sugerimos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Caracterizar como ocorrem as interações entre aluno-aluno, aluno-professor e aluno-Objeto de Aprendizagem a partir do processo de produção de significados no ambiente de ensino proposto;
- ✓ Verificar o engajamento dos alunos na atividade proposta, tendo em vista o ambiente cultural, histórico e institucional no qual se encontram;
- ✓ Analisar quais ferramentas socioculturais são mais utilizadas e o apreço que é dado a elas nos momentos da produção de significados por meio do discurso;
- ✓ Identificar se o gênero discursivo da ciência foi apropriado pelos alunos e se este orienta o domínio e a apropriação dos conceitos.

Portanto, diante do exposto, surgem as questões desta pesquisa: Como os estudantes produzem significados sobre os conceitos do modelo atômico quântico, em especial os números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas, no processo de ensino e aprendizagem mediados por ferramentas socioculturais? De que maneira os acadêmicos articulam os diferentes objetivos pretendidos pela Química, ora utilizando-se da mecânica clássica e ora dos conceitos da mecânica quântica para explicar fenômenos submicroscópicos?

A unidade de análise fundamental desta pesquisa é o significado do conceito, principalmente em se tratando do modelo quântico do átomo (números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas). Entendendo que a Química pesquisa a estrutura da matéria e seus constituintes, tomamos como ponto de partida para esta pesquisa as concepções alternativas dos alunos e os obstáculos epistemológicos referentes à mecânica clássica e à mecânica quântica, pois acreditamos ser indispensável que o estudante de Química vá além dos modelos realistas do átomo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial adotado para a execução deste trabalho é o da Teoria da Ação Mediada de James V. Wertsch (1991b, 1998), que visa compreender as relações entre a subjetividade do agente, as ferramentas culturais, a internalização, a apropriação, a criatividade e as convenções culturais.

Vinculado à tradição sociocultural, Wertsch apoia-se em estudiosos como Vigotski para discutir sobre o processo de internalização, Bakhtin para tratar da dialogia e gêneros de discurso, e Kenneth Burke para focar sobre as múltiplas perspectivas da ação humana. O foco das abordagens socioculturais à mente, que Wertsch aborda, concentra-se na ação humana, ou seja, o ambiente (cenário) está em segundo plano e a prioridade está nessa ação. O ambiente tem o papel de um dispositivo para acionar o desenvolvimento do processo.

Nesse sentido, adotamos a perspectiva de Wertsch para tratarmos sobre o significado dos conceitos. Para isso, criamos um ambiente favorável para melhor dispor as ações realizadas pelos estudantes ao utilizar meios mediacionais, isto é, as ferramentas socioculturais. Tais ferramentas podem ser físicas (imagens, textos, animação, vídeos e simulação por OA) e não físicas (fala, enunciados, expressões e conceitos).

Como o uso de OA muitas vezes é desterritorializado, pois se apresenta em um ambiente virtual, é que também adotamos as ideias de Giordan (2008) sobre a teoria da ação mediada de Wertsch, para abordagens de ensino em sala de aula com o Uso do Computador. Segundo Giordan (2008, p.108), para se trabalhar com o uso de OA em um espaço desterritorializado e virtual, é necessário reelaborar a noção de ferramenta cultural no contexto da Ação Mediada, pois essas alteram radicalmente a natureza das ações humanas, que são decorrentes, principalmente, de uma combinação inusitada de propriedades e funções das ferramentas culturais.

Portanto, antes de descrevermos a teoria da ação mediada, é imprescindível recorrermos e comentarmos alguns pontos das contribuições de Vigotski e Bakhtin para o trabalho de Wertsch. Esse resgate ajudará em uma melhor compreensão da nossa unidade de análise, que é o significado do conceito. Já no que concerne às contribuições de Kenneth Burke, buscaremos descrevê-las pelas abordagens de Giordan (2008), visto que este trata da Teoria da Ação Mediada com o uso de computadores, focando a ação humana nesse ambiente.

3.1 A PRODUÇÃO DE SIGNIFICADO EM VIGOTSKI E SUAS CONTRIBUIÇÕES EM AMBIENTES SOCIOCULTURAIS DE APRENDIZAGEM.

Os estudos de Vigotski estão voltados para a pesquisa do desenvolvimento humano, isto é, pretendia compreender o funcionamento social da mente. Desse modo, proporcionou grandes contribuições em estudos sobre o desenvolvimento das funções mentais superiores, gerando uma de suas principais teorias, a teoria genética geral do desenvolvimento cultural. Com relação às situações formais de ensino, ele publicou uma obra intitulada *Мысль и язык*² para estudar os processos de desenvolvimento cultural que são realizados nesses ambientes.

Vigotski produziu suas ideias com base nas concepções materialistas de Marx e Engels, sendo assim, observa que o ser humano só se constitui como tal a partir de uma relação social com o outro (WERTSCH, 1985). Nesse cenário, a cultura (plano externo) é parte integrante para o desenvolvimento da natureza humana ao longo do desenvolvimento e pode alterar o modo de funcionamento psicológico do indivíduo (plano interno).

O funcionamento do cérebro humano, segundo as concepções de Vigotski, está relacionado com a ideia de que as funções psicológicas superiores (funções mentais que caracterizam o comportamento consciente do homem) são construídas em um processo histórico-social de natureza humana. Então, a formação do plano intermental e intramental estão extremamente interligadas, ou seja, as funções psicológicas superiores iniciam-se do plano externo para o interno (WERTSCH, 1985). Nas palavras de Vigotski (1981, p.163, apud Wertsch, 1985): "Desnecessário será dizer que a internalização transforma o processo em si e muda a sua estrutura e funções. As relações sociais ou relações entre as pessoas, estão geneticamente subjacentes a todas as funções superiores e suas relações" (nossa tradução). Essa relação sempre é mediada por algum instrumento ou símbolo, construídos culturalmente, servindo para criar diversas formas de ação humana que nos distinguem de outros animais (VIGOTSKI, 2001).

A compreensão do desenvolvimento humano como sendo histórico-social é vinculada principalmente às ideias de mediação, pois o acesso a qualquer objeto

² Esta obra foi traduzida do russo para o português e intitulada como *A construção do pensamento e da linguagem*.

não é feito de forma direta, mas mediada pelos sistemas simbólicos disponíveis ao indivíduo. De acordo com OLIVEIRA (1992,p.26-27):

O conceito de mediação inclui dois aspectos complementares. Por um lado refere-se ao processo de representação mental: a própria idéia de que o homem é capaz de operar mentalmente sobre o mundo supõe, necessariamente, a existência de algum tipo de conteúdo mental de natureza simbólica, isto é, que representa objetos, situações e eventos do mundo real no universo psicológico do indivíduo. [...] por outro lado refere-se ao fato de que os sistemas simbólicos que se interpõem entre sujeitos e objetos de conhecimento têm origem social. Isto é, é a cultura que fornece ao indivíduo os sistemas simbólicos de representação da realidade e, por meio deles, o universo de significações que permite construir uma ordenação, uma interpretação, dos dados do mundo real.

Para entendermos adequadamente as ideias de Vigotski sobre mediação e internalização, é necessário recorrermos a suas hipóteses sobre o desenvolvimento do pensamento por meio da linguagem exterior, egocêntrica e interior. A linguagem exterior é aquela vinculada ao plano social, isto é, as interações estabelecidas com o outro, já a linguagem interior está associada ao pensamento internalizado das interações sociais outrora estabelecidas. Vigotski defendeu a existência de um elo entre a linguagem exterior e a interior, sendo que esse elo deve ser a própria linguagem egocêntrica, que foi descrita por Piaget(1989, p. 7-8):

Ao pronunciar as frases, a criança não se preocupa em saber a quem fala nem se é escutada. Ela fala seja a si mesma, seja pelo prazer de associar qualquer um à sua ação imediata. Esta linguagem é egocêntrica, em primeiro lugar porque a criança não fala a não ser de si mesma, e, em segundo lugar, porque não procura colocar-se no ponto de vista do interlocutor. O interlocutor é o primeiro que aparece. A criança só lhe pede um interesse aparente, embora tenha a ilusão, evidentemente, de ser ouvida e compreendida. Ela não sente a necessidade de agir sobre o interlocutor, de lhe dizer realmente alguma coisa: é quase como a conversa de certos salões, onde todos falam de si e ninguém escuta.”

De acordo com Piaget, a ausência de vida social estável de crianças de 2 a 7 anos, sendo um intermediário da transição do modo deísta³ de pensamento – sensório motor - para o modo realista – operatório concreto -, torna a linguagem egocêntrica como predominante. Suas pesquisas mostram que essa linguagem vai desaparecendo quando a socialização da criança aumenta, ou seja, no início do

³ É uma forma de pensamento onde os processos mentais internos não são controladas por condições externas.

período operatório concreto. Apesar de Vigotski reconhecer a importância das pesquisas de Piaget, ele discorda radicalmente das funções e caminhos que Piaget atribuiu à linguagem egocêntrica, pois Piaget considerava que esta não cumpre nenhuma função no comportamento da criança, sendo um produto secundário da atividade infantil, assim como um acompanhamento musical (VIGOSTKI, p, 51, 2001).

Para Vigotski, a linguagem egocêntrica desempenha papel fundamental no desenvolvimento cognitivo do ser humano e está longe de ser algo transitório e irrelevante. Isso foi comprovado pelo próprio Vigotski em diversos experimentos semelhantes aos de Piaget, mas inserindo problemas que dificultassem a realização daquela tarefa, onde a linguagem egocêntrica se manifestava (por pensamentos em voz alta) como conexão da linguagem interna para realização da atividade.

Desse modo, Vigotski (2001,p.59) aponta que:

A função intelectual da linguagem egocêntrica, que parece imediatamente vinculada ao desenvolvimento da linguagem interior e das suas peculiaridades funcionais não é, de modo algum, reflexo direto do egocentrismo do pensamento infantil; ao contrário, mostra que, em condições adequadas, a linguagem egocêntrica se converte muito cedo em instrumento do pensamento realista da criança.

Em resumo, o desenvolvimento do pensamento humano inicia na linguagem exterior, passa pela linguagem egocêntrica e chega até a linguagem interior. O desenvolvimento do pensamento e da linguagem também depende dos instrumentos de pensamento e das experiências socioculturais da criança. Isto é, a linguagem comunicativa desenvolve a lógica da criança, é uma relação direta. Esse desenvolvimento depende do domínio dos meios sociais de pensamento, ou seja, a linguagem (VIGOSTKI, 2001).

A palavra, para Vigotski, é considerada como um instrumento de pensamento e cumpre esse papel mediador no desenvolvimento do pensamento e da linguagem. E é a partir do significado da palavra que se dá o conceito, unidade de análise deste trabalho.

O conceito, para a filosofia, consiste em uma representação mental de um objeto abstrato ou concreto, significando para a mente a tarefa de identificar, descrever e classificar elementos e aspectos da realidade. Para a linguística, é uma

noção abstrata contida nas palavras de uma língua para designar as propriedades e características de uma classe de seres, objetos ou entidades abstratas.

Sendo um instrumento do pensamento e servindo como signo mediador, as palavras são generalizações que se referem a classes de objetos e conceitos a fim de representar as categorias destes. Por isso, o significado da palavra é tão importante para o estudo do conceito, e a deficiência dos métodos tradicionais de estudo da formação de conceitos residem no “divórcio da palavra com a matéria objetiva; operam ou com palavras sem matéria objetiva, ou com matéria objetiva sem palavras.” (VIGOSTKI, 2001, p. 153).

Destarte, a hipótese de Vigotski é a de que, durante as atividades produtivas, o grau máximo das funções mediadoras se relacionam com a natureza mediada de um amplo rol de atividades humanas, incluindo as funções mentais superiores. Isto é, existe uma relação genética⁴ dos instrumentos ou meios mediacionais de trabalho com as formas de comunicação humana, essencialmente mediadas por palavras e outros signos (GIORDAN, 2008, p.34).

A organização das relações sociais, portanto, é regulada pelas formas de comunicação, bem como as atividades práticas o são pelos instrumentos de trabalho. Daí a existência do vínculo genético dessas duas situações, pois sem as formas de comunicação e os instrumentos de trabalho, as relações sociais não seriam estabelecidas, tendo em vista a não existência de signos, criados para produzir significado às palavras, no intuito de proporcionar um canal de interação social por meio da comunicação e uso estabelecido desses instrumentos.

O conceito, então, é considerado uma construção cultural que é internalizada ao longo do desenvolvimento do pensamento. O ambiente cultural, onde vive o indivíduo, é o responsável por lhe fornecer a gama de significados necessária para categorizar os conceitos e organizar os aspectos da realidade. Nessa ótica, a metodologia empregada seria “a possibilidade de observar como o sujeito experimental aplica os signos como meio de orientação das suas operações intelectuais e como, dependendo do meio e do emprego da palavra e da sua explicação funcional, transcorre todo o processo de formação do conceito.” (VIGOTSKI, 2001, p. 165).

⁴a palavra genética é abordada em relação aos processos de desenvolvimento e nada tem a ver com genes, código genético ou outros termos da biologia (WERTSCH, 1985).

A ideia de conceito, de acordo com Vigotski, ao citar as palavras do psicólogo alemão Narziss Ach (1887 – 1946), seria:

o conceito não é tomado em seu sentido estático e isolado mas nos processos vivos de pensamento, de solução do problema, de sorte que toda a investigação se divide numa série de etapas particulares, cada uma das quais incorpora os conceitos em ação, nessa ou naquela aplicação aos processos de pensamento (VIGOTSKI, 2001, p.1665).

Assim, mesmo que Vigotski tenha realizado boa parte de suas pesquisas com crianças, afirmando que todas as funções do desenvolvimento dessas surgem em dois planos, sendo o primeiro em escala social e o segundo na escala individual, ou seja, primeiro entre as pessoas (interpsicológico) e depois no interior da criança (intrapsicológico) (VIGOTSKI, 1994), temos como hipótese que esse processo, o de interação social do plano externo para o interno, também está presente nos adultos. Podemos destacar o desenvolvimento dos conceitos científicos a nível universitário, pois as funções mentais superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos e são mediadas por signos e instrumentos, que também são um meio de interação social e só mais tarde tornam-se um meio de controle do próprio comportamento. Desse modo, é por meio da colaboração com o outro, na interação social e com o auxílio dos signos, que ocorrem os processos mentais de desenvolvimento (PEREIRA & LIMA JUNIOR, 2014).

Corroborando com as ideias de Pereira e Lima Junior (2014), as representações mentais criadas a partir de objetos externos não possuem nenhuma relação com a transferência da atividade externa para o plano interno que Vigotski classificou como noção de internalização (VYGOSKY, 1994). Essa transferência não ocorre para um plano de consciência interna já existente, mas é uma representação do processo em que está sendo formado o plano interno como, por exemplo, um diálogo em sala de aula entre professor e alunos sobre um determinado conteúdo, que, mais tarde, transformar-se-á nos diferentes pensamentos de cada aluno.

A internalização tem a função de melhorar os processos psicológicos naturais, onde o ser humano desenvolve estímulos, por meio dos signos, para, por meio dos instrumentos, operar sobre outros estímulos. Nessa vertente, a internalização pode transformar e até mesmo alterar o processo, mudando suas funções e estrutura (VIGOTSKI, 1981 apud WERTSCH 1998).

No ambiente de ensino, não é diferente, e a interação social é de crucial importância, pois o aluno não consegue compreender os conceitos da mesma forma que o professor os aborda, porque, como já salientado acima, os processos externos são alterados durante a internalização. Assim, poderá ocorrer diversas etapas, tais como: a elaboração do conceito; a transferência do conceito elaborado para novos objetos; o uso do conceito em situações de livre associação e o emprego do conceito na formação das definições de conceitos que já foram elaborados.

A respeito da ciência Química, o aprendizado e a internalização dos conceitos é mediada pelos signos inerentes a essa ciência; por isso, a interação social é de extrema importância para que ocorra a internalização dos conceitos sem que ocorram grandes conflitos. Acreditamos que esse não é um processo linear, e os conhecimentos prévios ou cotidianos do aluno, adquiridos em relações sociais fora das situações formais de ensino, passarão a integrar esse novo ambiente social e dialógico, o da instituição de ensino. Sendo assim, o processo de internalização de novos signos, vindas desse novo meio externo, constantemente será alterado e transformado para o aprendizado dos conceitos científicos.

Os estudos de Vigotski, como foi brevemente mencionado, estavam pautados na investigação do desenvolvimento humano no que diz respeito às interações sociais, onde se investigava os processos inter e intrapsicológicos, bem como as funções mentais superiores. Trazer essas concepções para dentro da sala de aula, com o computador (Objetos de Aprendizagem) como ferramenta mediadora para o auxílio do ensino, insere-nos em outro ambiente com linguagens distintas. Citamos como exemplo: a linguagem do cotidiano, a linguagem da própria Química, com seus signos característicos e outra inerente ao ambiente da informática. Nesse sentido, estendemos nosso olhar para os trabalhos de Bakhtin, por entender que novos ambientes dão novos significados às palavras e o processo de internalização dos conceitos certamente sofrerá mudanças.

3.2 A NOÇÃO DE SIGNIFICADO E A DIALOGIA EM BAKHTIN

A noção de significado em Bakhtin está pautada em abordagens marxistas, apontando que as interações sociais não podem ser relativas apenas ao plano exterior, mas devem ser observadas a partir de uma fronteira entre o interno e o externo, no limiar do organismo e o mundo exterior (GIORDAN, 2008, p. 60). Suas

ideias estão bem próximas das de Vigotski, no entanto ele se preocupou primordialmente com a psicologia do corpo social no que se refere às interações verbais. Já Vigotski concentrava-se em questões dos processos mentais, das funções superiores e das mediações realizadas pelos diversos signos.

Bakhtin, de modo geral, prioriza a fala e a enunciação, não em um caráter individual, e sim ligada à natureza social, onde a fala, expressa pela enunciação, é o elo principal das relações de comunicação (BAKHTIN, 2006). Nesse sentido, a interação verbal ganha espaço no terreno da psicologia do corpo social, onde ocorrem os atos de fala com características de todos os aspectos do desenvolvimento ideológico, seja a religião, arte, ciência, dentre outros (GIORDAN, 2008).

Como Bakhtin centrava-se nas abordagens marxistas, acreditamos que a ideia de ideologia que ele traz se vincula ao poder de dominação que a palavra possui sobre as diversas esferas sociais. Não cabe ao escopo deste trabalho discutir essas questões em uma ampla escala, mas, sim, trazer essas ideias para dentro do contexto escolar e observar o papel que a enunciação, frente às interações verbais, cumpre na significação dos conceitos estudados.

O interesse de Bakhtin estava em entender os diferentes conflitos presentes na ideologia, preocupando-se, principalmente, com conflitos no interior de um mesmo sistema. Sendo assim, aponta que "todo signo é ideológico; a ideologia é um reflexo das estruturas sociais; assim, toda modificação da ideologia encadeia uma modificação da língua"(BAKHTIN, 2006, p.16).O signo é vivo e mutável, ao contrário do sinal, que é imóvel e é característico da língua como um sistema sincrônico abstrato.

Sendo o signo um sistema dinâmico e reflexo das estruturas sociais, a enunciação é considerada de natureza social, pois enunciar é mover a palavra da posição de sinal para a de signo, ou seja, é oferecer vida à palavra. A enunciação é o elo de comunicação de dois ou mais sujeitos pertencentes a uma sociedade organizada, é ela que orienta as diversas situações vivenciadas pelos indivíduos (BAKHTIN, 2003, 2006). Bakhtin criticava a Psicologia interpretativa, porque esta não considerava o signo como parte integrante da significação, nem seu caráter social, ignorando por completo os sistemas semióticos da atividade mental (GIORDAN, 2008, p.61).

Para Bakhtin, todas essas questões estão voltadas para o estudo da linguagem dialética, tomando a interação verbal dos fenômenos sociais como o cerne dos seus estudos, nos quais o diálogo é considerado em seu sentido amplo, seja pela escrita, pela fala, pelos gestos, etc. Assim, as intenções de Bakhtin estavam direcionadas à natureza do discurso, ao desenvolvimento da enunciação, a como a palavra transita entre o interno e o externo e quais métodos são utilizados para analisar tais questões. Desse modo, o discurso deve existir no interior do psicológico e fora dele, nas relações sociais. Não é viável considerar apenas o plano externo, mas, sim, transitar na fronteira que é estabelecida entre ambos:

[...] a enunciação humana mais primitiva, ainda que realizada por um organismo individual, é, do ponto de vista do seu conteúdo, de sua significação, organizada fora do indivíduo pelas condições extraorgânicas do meio social (BAKHTIN, 2006, p.124).

O discurso interior é uma atividade mental e só está acessível por meio da introspecção, no entanto, ele pode ser exteriorizado. "Durante o processo de autoexplicitação, o resultado da introspecção deve, obrigatoriamente, exprimir-se sob uma forma exterior, ou, em todo caso, aproximar-se o máximo possível do estado de expressão exterior" (BAKHTIN, 2006, p.61). A introspecção, de maneira geral, pode ser considerada como o ato de compreensão. No entanto, Bakhtin alerta que, na análise de um caso concreto, não é possível determinar uma ligação concisa entre a introspecção (signos interiores) e a observação exterior (signos exteriores), que possa fornecer "um comentário ininterrupto, tanto semiótico quanto concreto a respeito dos signos interiores, na medida em que eles são decodificados" (BAKHTIN, 2006, p.62).

Desse modo, a lógica estabelecida pela linguística para o estudo das formas da língua exteriorizada (lexicologia, gramática, fonética) não é aplicável ao discurso interior, caso fosse, precisaria ser radicalmente modificada. Porém, as relações dialógicas não estão separadas e nem são independentes das relações lógicas, pois, quando estas relações lógicas se manifestam e se materializam no enunciado, elas passam a existir em outro campo e são orientadas pelas condições históricas e sociais, que lhes emprestam um novo estilo próprio da situação e dos sujeitos enunciadorees (GIORDAN, 2008, 61-62).

Em outras palavras, de acordo com Bakhtin (2006, p.32), a compreensão é uma cadeia ideológica que nunca se quebra, pois ela se manifesta por meio de um

material semiótico (o discurso interior) – advindo das experiências do mundo exterior – de uma consciência individual para outra consciência individual com experiências diferentes, é uma cadeia de ligação contínua. A compreensão é a aproximação de um signo apreendido de outros signos já conhecidos, é a resposta a um signo por intermédio de outro signo, que se move em direção para um novo signo (BAKHTIN, 2006, p. 32).

A respeito da sala de aula, Giordan (2008, p.62) nos alertar que:

Esta aproximação nos parece bastante útil para focarmos as investigações sobre a formação de conceitos em situações de sala de aula, nas quais temos observado uma diversificada fonte de influências, desde a especificidade das relações sociais, dos papéis ocupados por alunos, professores e interlocutores próximos, passando por aspectos da organização do ensino como o caráter problematizador ou descritivo das atividades, a função e a diversidade dos meios mediacionais, chegando às formas particulares de interação verbal da sala de aula, como o caráter dialógico dos enunciados. Nesse sentido, não é possível reduzir o processo de construção de significados na sala de aula à lógica subjacente aos princípios teóricos das áreas de conhecimento.

A partir do comentário acima, podemos inferir que as situações de ensino não devem ser consideradas como um sistema simples, com alunos sendo classificados como tabulas rasas do conhecimento. Esse sistema é complexo e necessita de um olhar mais crítico, que dê valor a ótica dialógica, aos processos semióticos e aos diversos meios mediacionais, sejam eles físicos ou não físicos, uma vez que cada indivíduo possui uma introspecção diferente dos conceitos advindos das relações sociais de ensino. A ciência Química possui uma linguagem própria e esses signos são assimilados de diferentes maneiras por cada aluno, na fronteira interno-externo, no limite entre o organismo e o mundo exterior.

Ao transpormos as ideias de Bakhtin (2003, 2006) para a sala de aula, é necessário ficar claro que o enunciado cumpre o principal papel na comunicação verbal. Ele é organizado dentro e fora do indivíduo, é parte integrante do processo de compreensão, pois o resultado da introspecção (ato de compreensão), antes citado, só é alcançado por uma manifestação externa, sendo esta o enunciado e podendo ser classificada como compressão responsiva. Para Bakhtin (2003, p. 294-295), a fala não tem início e nem fim, é marcada pela alternância dos sujeitos falantes por meio do enunciado que, antes de tudo, se manifesta como enunciados dos outros e, depois de seu fim, como enunciados responsivos dos outros.” O locutor

termina seu enunciado para passar a palavra ao outro ou para dar lugar à compreensão responsiva ativa do outro"(Ibidem, p.295).

Se a fala não tem início e nem fim, mas é orientada pelo enunciado, então quem impõe os limites e direciona o enunciado? É o momento histórico, a situação em que os enunciados estão sendo realizados e a audiência⁵ que impõe restrições ao enunciado (BAKHTIN, 2006, p. 127), pois cada indivíduo desenvolve suas introspecções, apreciações e motivações, através de uma audiência social própria e bem definida (ibidem, p. 115). O enunciado é sempre direcionado a um interlocutor, a uma audiência organizada socialmente.

Voltando ao contexto escolar, onde encontramos uma audiência bem organizado, podemos observar que são vários os enunciados presentes nesse ambiente, que são identificados pelas diversas vozes que ali estão, seja a voz do professor, dos alunos, do livro didático, de um áudio, revista etc. Desse modo, a formação de conceitos que se desenvolve no cenário do ensino formal deve considerar as relações estabelecidas entre as vozes, que nos darão a possibilidade de analisar a formação dos enunciados e identificar a evolução dos sentidos e significados destes a um determinado fim (GIORDAN, 2008).

A noção de sentido e significado que Bakhtin apresenta está relacionada ao tema, que é caracterizado como o sentido da enunciação completa. O tema é único e se apresenta em uma situação histórica concreta que originou a enunciação (BAKHTIN, 2006, p.131). A unicidade do tema se dá pelo sentido que qualquer enunciação toma a cada vez que é proferida, ou seja, um mesmo enunciado pode ser dito de diversas maneiras, dependendo da situação histórica que originou a enunciação, tomando outro sentido. Então, para compreender adequadamente a enunciação, não se pode perder de vista os elementos de seu tema, que são os verbais (palavras, entonações, formas morfológicas e sintática e sons) e os não verbais (gestos, expressões, interações). Isto é, deve-se tomar a enunciação em toda sua amplitude concreta para que possamos enxergar seu tema.

A enunciação também apresenta significação que, diferente do tema, toma o mesmo sentido cada vez que é repetida. Por exemplo, Bakhtin (2006, p.131-132) usa a seguinte enunciação: "Que horas são?", do ponto de vista do tema, ela pode tomar vários sentidos dependendo do contexto histórico que esteja sendo

⁵ A audiência a qual Bakhtin se refere são as diversas vozes presentes no ambiente, seja a voz do livro, professor, alunos, revistas, etc.

proferida, isto é, se estivermos atrasados para um compromisso, a enunciação possui um sentido, caso estejamos esperando um jogo de futebol começar, essa mesma enunciação possui outro sentido. No entanto, a significação da enunciação é a mesma em todas as situações históricas concretas, "ela se compõe das significações de todas as palavras que fazem parte dela, das formas de suas relações morfológicas e sintáticas, da entoação interrogativa, etc" (ibidem, 132). Pela significação se realiza o tema, mas não é possível definir uma fronteira concisa entre as duas, o que podemos dizer é que uma não se realiza sem a outra.

Bakhtin aponta que o tema é um atributo somente da enunciação completa, e mesmo que o tema esteja inserido a qualquer palavra isolada, esta deve atuar como uma enunciação completa. Assim, aponta que o tema é o "estágio superior real da capacidade linguística de significar e a significação é o estágio inferior da capacidade de significar." Em outras palavras, a significação serve de alavanca potencial para significar um tema concreto (ibidem, 134).

A compreensão, como já foi salientado, ocorre interna e externamente ao indivíduo, é introspectiva e responsiva, portanto é ativa. Somente essa compreensão ativa que permite apreender o tema, é um processo evolutivo na compreensão do enunciado de outrem em um contexto correspondente. Quanto maiores forem as réplicas, das palavras enunciativas internalizadas, mais profundamente adentraremos ao tema, pois maior será o grau de compreensão ativa.

Outro ponto importante da enunciação, além do tema e da significação, é o valor apreciativo que cada palavra possui em um enunciado. A apreciação indica que alguma significação objetiva está presente "no horizonte dos interlocutores - tanto no horizonte imediato como no horizonte mais amplo de um dado grupo social". A apreciação também é responsável pelo papel criativo das mudanças de significação, ou seja, o deslocamento de uma palavra de um contexto apreciativo para outro (ibidem, p.138). Nesse contexto, a apreciação é indispensável para compreender a evolução histórica do tema e a significação inerente a ele.

No contexto escolar, para que haja maiores interações e compreensões ativas dos conceitos, é preciso ampliar o horizonte apreciativo dos interlocutores, os alunos. Somente assim daremos maiores capacidades criativas a esses sujeitos para que possam transitar por diferentes grupos sociais ou auditórios, em diversificados contextos (GIORDAN, 2008, p.71). Isso é tanto importante nas aulas de Química, que pode seguir esse mesmo caminho e facilitar o processo de

significação dos conceitos químicos. Para esse propósito, é importante não reduzirmos todo o processo à esfera do cotidiano, nem mesmo ficarmos presos ao rigor científico que muitas vezes é conferido aos livros didáticos. Como já foi dito, é preciso alargarmos o horizonte apreciativo, e isto pode ser feito pelo desenvolvimento de situações de ensino diferentes das habituais ao tradicionalismo, pela valorização do diálogo e pela negociação de significados (MORTIMER & SCOTT, 2002).

Além disso, a Química possui um gênero discursivo (tipo relativamente estável de enunciado) específico do seu contexto, e não é uma tarefa trivial identificar os enunciados relativamente estáveis dos alunos proferidos em direção ao significado do conceito. A heterogeneidade dos tipos enunciativos e dos gêneros discursivos nos quais estão presentes dificulta essa tarefa. Desse modo, é necessário que os gêneros da ciência Química possam resignificar os gêneros da vida cotidiana, onde estes últimos perderão sua ligação imediata com a realidade outrora estabelecida. Bakhtin classifica esses gêneros como primários e secundários, sendo que, durante a formação dos gêneros secundários (os gêneros da ciência Química, no nosso exemplo), os gêneros primários serão assimilados e transformados, perdendo sua relação imediata com a realidade existente e com a realidade dos enunciados alheios (GIORDAN, 2008, p. 73).

Tendo em vista que nossa unidade de análise é o significado do conceito, no que diz respeito ao modelo atômico atual, em especial os números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas, daremos ênfase aos enunciados dos alunos ao utilizarem os objetos de aprendizagem durante toda a sequência didática, e qual significado eles atribuíam para os conceitos no presente contexto e em contextos distintos. Desse modo, a teoria da ação mediada de Wertsch é fundamental para observarmos as situações em que os significados são produzidos diante do uso das ferramentas culturais, onde se estabelece uma tensão irreduzível entre o agente e tais ferramentas. Portanto, ao verificar o nível de domínio e de apropriação dos conceitos, também estaremos inseridos na verificação do domínio da e apropriação das ferramentas culturais, como ficará claro no próximo tópico.

3.3 TEORIA DA AÇÃO MEDIADA

Diante do exposto, trazemos as contribuições de James V. Wertsch (1985, 1991a, 1991b, 1998) sobre o funcionamento da mente humana no contexto

sociocultural. James V. Wertsch é um psicólogo americano e professor da Washington University em Saint Louis, atuando no Departamento de Educação, onde atualmente é um dos teóricos mais expressivos da psicologia sociocultural. Wertsch é um adepto das ideias de Vigotski na corrente sociocultural, tendo como foco o estudo sociocultural da mente (WERTSCH, 1991b) e a memória coletiva sobre os aspectos oficiais da história, mediadas pelas ferramentas culturais concernentes às instituições formais de ensino na antiga União Soviética e nos Estados Unidos (WERTSCH, 1998).

Seu trabalho é pautado principalmente na crítica de que as pesquisas contemporâneas em psicologia, principalmente nos EUA, fazem estudos sobre o funcionamento mental humano como se ele fosse isento do meio cultural, institucional e histórico, tratando-se apenas do indivíduo de forma isolada. Porém, essa crítica não é nova, ela foi primeiramente dirigida por John Dewey em seu discurso intitulado "Psicologia e Práticas Sociais", proferido na Associação Americana de Psicologia em 1901. As ideias de Dewey nunca foram adiante em meio à comunidade científica dos EUA. Portanto, o que Wertsch propõe em seu trabalho é uma abordagem sociocultural à mente, onde as "vozes" da psicologia e da semiótica possam entrar em um diálogo produtivo com as vozes de outras disciplinas para a compreensão entre os processos mentais e seus contextos culturais, históricos e institucionais (WERTSCH, 1991b, p.3).

Como já foi exposto anteriormente, a influência de Vigotski nos trabalhos de Wertsch é marcante, apontando que a semiótica era um dos principais interesses nos estudos de Vigotski (WERTSCH, 1985). Desse modo, Wertsch busca apoio em Bakhtin para tratar sobre os sistemas sógnicos na regulação da atividade humana (GIORDAN, 2008, p.76) por meio da dialogia e dos gêneros discursivos.

Nossa intenção é trazer as contribuições de Wertsch para estudarmos as formas de domínio e a apropriação dos conceitos químicos mediados por ferramentas culturais no ambiente de ensino; assim, pretendemos expandir as pesquisas socioculturais que permitam estudar a sala de aula, como apontam as ideias de Giordan (2008,p.76):

É também desta perspectiva geral da semiótica, e não exclusivamente da Linguística ou da teoria da atividade, que estamos interessados em tratar o princípio da mediação para estudar os processos de construção de significados na sala de aula, particularizando-as para situações de estudo na presença do computador e sobre conteúdo das ciências da natureza.

A Teoria da Ação Mediada considera os sistemas semióticos, dentre eles a linguagem, determinantes no processo de elaboração de significados, pois é por meio da fala que ocorrem as principais e mais significativas ações humanas (GIORDAN, 2008). O significado é um conceito central para a aproximação sociocultural à ação mediada. Como o significado só existe na interação social, a elaboração de significados é um processo ativo e dialógico por natureza. Adiante explanaremos sobre o trabalho de Wertsch em mais detalhes.

3.3.1 A ação mediada na perspectiva sociocultural

A unidade de análise que Wertsch utiliza para sustentar suas pesquisas sobre os processos mentais é a ação mediada. A ação mediada se refere à ação humana, e essa ação, normalmente, está vinculada a instrumentos de mediação, como as ferramentas materiais e a linguagem. Tais instrumentos moldam a ação de forma essencial, portanto, é justificável e útil fazer uma distinção analítica entre ação e instrumentos de mediação, tornando-se mais adequado falar de *agentes-agindo-com-ferramentas-socioculturais* em vez de falar de indivíduos isoladamente (WERTSCH, 1991b, p.12). Para analisar tais ações, é preciso considerar a voz e seus enunciados como partes integrantes do processo.

A voz, nos trabalhos de Wertsch, é um termo empregado a partir das pesquisas de Mikhail Bakhtin (1981, 1984, 1986) e Vigotski, refletindo três ideias básicas. A primeira delas diz que, para a compreensão da ação humana, é necessário entender os dispositivos semióticos empregados para mediar tal ação. A segunda ideia é a de que o funcionamento mental humano se fundamenta nos processos comunicativos, ou seja, a voz está relacionada aos processos psicológicos, mesmo o indivíduo estando isolado, que são vistos como envolvendo a natureza comunicativa. A terceira ideia diz respeito ao funcionamento mental humano e que somente as práticas comunicativas dão origem ao funcionamento mental do indivíduo (WERTSCH, 1985, 1991b).

A noção de voz ajuda a manter a suposição sobre a estreita relação entre os processos comunicativos sociais e os processos psicológicos individuais, baseados na noção de ação mediada. As ideias de Bakhtin salientam que esses dois processos são caracterizados pela dialogicidade das vozes, ou seja, a existência de, pelo menos, duas vozes.

O termo sociocultural é utilizado por Wertsch na pretensão de entender como a ação mental está situada no contexto cultural, histórico e institucional. Wertsch alerta que se deve tomar cuidado em utilizar o termo sociocultural, pois as dimensões históricas podem receber pouca atenção, mas deixar de incorporar a palavra cultural pode trazer maiores prejuízos, tal como reduzir as diferenças culturais em diferenças históricas (WERTSCH, 1991b, p.16).

Para realizar um estudo mais profundo das abordagens socioculturais, Wertsch recorre aos escritos de Vigotski e a algumas ideias de Bakhtin. As ideias de Bakhtin, das quais Wertsch recorre, estão ligadas especialmente ao *enunciado, voz, linguagem social e diálogo* para ampliar as declarações de Vigotski sobre a mediação humana por sinais. O entendimento das abordagens socioculturais à mente, portanto, inicia com o pressuposto que a ação é mediada, e não existe separação do meio em que é realizada. Desse modo, a mente é definida com base em suas propriedades sociais e mediacionais e não em algo baseado apenas no indivíduo.

A partir dos escritos de Vigotski, Wertsch (1991b, p.19) esboçou três temas gerais: 1) *a confiança no método genético ou evolutivo*; 2) *a afirmação de que as funções mentais superiores no indivíduo derivam da vida social*; 3) *a afirmação de que a ação humana, tanto no plano individual como no social, é mediada por instrumentos e signos*. Porém, é no terceiro tema que Wertsch concentra maiores esforços, apontando que a propriedade definidora do funcionamento mental superior, exclusiva dos seres humanos, é mediada por ferramentas e signos, tais como a linguagem.

A defesa dessa ideia é um debate contra o individualismo metodológico que as pesquisas contemporâneas em ciências sociais, principalmente em psicologia, adotam, especialmente nos Estados Unidos (WERTSCH, 1985). Ao considerar o individualismo, esse tipo de pesquisa se baseia no pressuposto de que é possível, e até mesmo desejável, estudar o indivíduo, ou áreas específicas do funcionamento mental desse sujeito, de maneira isolada. A justificativa está na afirmativa de que, para resolver os problemas deve-se simplificá-los para obter resultados concretos (WERTSCH, 1991b). Como afirma Pereira e Ostermann (2012), isso se caracteriza como um reducionismo social, que foi classificado por Cole e Wertsch (1996 apud PEREIRA e OSTERMANN, 2012) como "antinomia indivíduo-sociedade". Essa postura adotada nas pesquisas praticamente obriga os

pesquisadores a escolherem a defesa de uma das posições e a negar a outra no estudo do funcionamento mental humano.

Wertsch (1998, p.8) contrapõe a "antinomia indivíduo - sociedade" por meio das ideias de Luria (1981, p.25):

Com o intuito de explicar as muitas formas complexas de consciência humana, é preciso ir além do organismo humano. É preciso procurar as origens da atividade consciente e do comportamento "categórico", não nos recessos do cérebro humano ou nas profundezas do espírito, mas nas condições externas da vida. Apesar de tudo, isso significa que se devem buscar essas origens nos processos externos da vida social, nas formas sociais e históricas da existência humana (**nossa tradução**).

Outro autor que Wertsch faz grande referência para defender suas ideias é Kenneth Burke, dedicando boa parte da sua obra à análise de seus escritos (1966, 1969a, 1969b, 1972, 1984). Apesar dos trabalhos de Burke terem implicações para a literatura, Wertsch argumenta que tais ideias também podem ser utilizadas em diversos outros campos acadêmicos, sendo difícil confiná-las a uma única disciplina. O que Wertsch resgata dos escritos de Burke é especialmente o dramatismo para explicar as múltiplas perspectivas da ação humana.

A noção de ação, extraída de Burke, está ligada aquilo em que as pessoas estão fazendo e por que elas estão fazendo, ou seja, é o motivo. Desse modo, na tentativa de evitar as armadilhas da "antinomia indivíduo-sociedade", Wertsch empresta de Burke a ideia das múltiplas perspectivas da ação humana por meio do pentagrama da ação:

- 1) **ato**: o que aconteceu no pensamento ou na ação;
- 2) **cena**: o panorama do ato, a situação em que tal ato ocorreu;
- 3) **agente**: quem é a pessoa ou tipo de pessoa que realizou o ato;
- 4) **agência**: que meios ou instrumentos foram utilizados;
- 5) **propósito**: os motivos do agente.

O pentagrama de Burke será discutido com mais detalhes na metodologia deste trabalho por meio do modelo topológico de ensino de Giordan (2008) que utilizamos para organizar nossa sequência didática. O que trazemos até aqui foi apenas para justificar a relação íntima do indivíduo com a sociedade que, na visão de Wertsch, não devem ser tratadas distintamente, ou seja, existe um laço forte e

irredutível entre o agente e os modos de medição (ou ferramentas culturais), que permite usarmos a expressão do agente-agindo-com-ferramentas-culturais. Desse modo, uma das tarefas da análise sociocultural é encontrar uma maneira de evitar tal reducionismo individualista e suas armadilhas, tendo a ação mediada como unidade de análise para tal fim (WERTSCH, 1998; WERTSCH, DEL RIO & ALVAREZ, 1998). No entanto, fica uma indagação no ar, o porquê de existir um laço forte e irredutível entre o agente e as ferramentas culturais? O próximo tópico dedica-se a responder tal questão.

3.3.2 A irredutibilidade da ação mediada

A irredutibilidade da ação mediada, de certa forma, já foi justificada anteriormente; o que pretendemos neste tópico é trazer alguns exemplos que esclareçam melhor tão questão. De acordo com Wertsch (1998), essa irredutibilidade seria o núcleo da aproximação sociocultural, onde observa a ação humana em um cenário histórico, cultural e institucional.

Iremos usar duas metáforas para explicar tal irredutibilidade e como as ferramentas culturais podem influenciar no resultado da ação em um determinado contexto histórico.

Consideremos um exemplo adaptado de Pereira e Ostermann (2012), onde se considera a internet como uma ferramenta cultural que surgiu recentemente. Suponha que um professor universitário de Química queira indicar um livro sobre o modelo quântico do átomo a sua turma, porém ele não se lembra do título e rapidamente acessa a internet do smartphone, indo até um site de busca e digitando as seguintes palavras-chave: livro e teoria quântica do átomo. Logo aparece uma lista de links que o direcionam para sites de vendas de livros. Ao acessar um desses sites, é exibido um catálogo com vários títulos, no qual é possível localizar aquele que ele estava procurando. Portanto, quem lembrou o título? O professor ou a internet acessada por meio do smartphone? A princípio, parece ter sido o professor, pois ele é o agente ativo dessa ação e, sem ele, a internet não funcionaria. Porém, ele não foi capaz de lembrar-se do título do livro sem a ajuda da internet, mas a internet não pode levar todo o mérito porque ela sozinha não realizaria a ação. Considerando a aproximação sociocultural, do ponto de vista da ação mediada, tanto o agente como a ferramenta cultural estavam

envolvidos na ação, então é mais adequado falar que o professor agindo com a internet (acessada do smartphone) lembraram do título do livro. Outros exemplos podem ser utilizados para ilustrar a irredutibilidade da ação mediada, porém não nos estenderemos, alguns destes podem ser encontrados em Wertsch (1998, p.28) e Pereira Ostermann (2012, p.27) sobre o ensino de matemática básica.

É importante salientar que a ferramenta por si só não possui e nem executa nenhuma ação, é necessário uma pessoa habilidosa que, ao usar tais meios mediacionais, consiga produzir significados com sua aprendizagem (WERTSCH, 1998). Além disso, Martins e Moser (2012 p.12) alertam que o "significado está na utilização da palavra realizada pelas pessoas. Os meios são opacos por si só: dependem do contexto, da cultura e da utilização que se faz deles". Esses meios mediacionais ou ferramentas culturais alteram a ação humana e as estruturas psicológicas, trazendo grandes implicações na maneira como são utilizadas. Para ilustrar essa questão, podemos citar a metáfora do "salto com vara" exposto por Wertsch (1998) e utilizada como exemplo por vários autores, dentre eles Martins e Moser (2012, p.12), que o apresentam resumidamente de forma clara:

Trata-se da metáfora do salto com vara. Sem vara, o salto humano alcançou apenas pouco mais de 2 metros de altura. A vara foi usada para o salto em 1896, quando o atleta deveria correr 38,1 m com a vara para saltar sobre uma barra suspensa por dois pilares. Como a vara era pesada e pouco flexível, o salto foi de 3,30 m. A partir de 1900, foi iniciado o uso de varas de bambu, que permitiam saltos mais altos. Em 1943, Cornelius Warmerdam saltou 5,78 m, recorde que durou até 1959. Após, foram introduzidas as varas de alumínio e, finalmente, as varas feitas de fibra de vidro, que permitiram a Sergei Bubka saltar mais de 7 metros.

Como pode ser observado por meio dessa metáfora, o resultado da ação foi radicalmente alterado com a inserção das novas varas feitas por um plástico com reforço de compósito de vidro, viabilizando um recorde bem maior do que o alcançado com varas de bambu. Tal discussão, portanto, não pode limitar-se a dizer que, para efeito de comparação dos resultados, as ferramentas usadas deveriam ser semelhantes, pois, como dito anteriormente, esses meios dependem do contexto histórico e cultural em que estão inseridos. O mais adequado, então, seria discutir que a ação de saltar pode ser radicalmente influenciada pela ferramenta cultural utilizada (MARTINS & MOSER, 2012).

A ação mental, nessa perspectiva, não pode ser vinculada ao indivíduo agindo no vácuo. Ela deve ir além, isto é, buscar uma tensão irreduzível com as ferramentas culturais.

3.3.3 O significado e o propósito das ferramentas culturais e as vozes envolvidas

A posição que Wertsch defende sobre o significado e o propósito das ferramentas culturais está vinculada às ideias de Zinchenko (1985), o qual refaz uma leitura de Vigotski sobre o significado atribuído aos signos⁶ como ferramentas psicológicas. Assim como Wertsch, Zinchenko também se apoia em Bakhtin e "observa que nem toda ferramenta é dotada de significado, mas pode sim, ser dotada de propósito. Assim, as ações podem ser mediadas por ferramentas desprovidas de significado, mas plenas de propósitos" (GIORDAN, 2008, p.77). Esse argumento corrobora com o que apresentamos antes, quando Martins e Moser (2012) apontaram que as ferramentas culturais podem ser utilizadas para favorecer certo significado ao aprendizado, porém o significado está mais ligado ao uso da palavra do que a ferramenta em si. Por isso, podemos dizer que as ferramentas são dotadas de significados quando as utilizamos para uma determinada finalidade em que esses significados sejam internalizados pelo sujeito, e caso não ocorra a internalização dessa atividade, a ferramenta poderá ser manipulada "mecanicamente" e estará provida apenas de propósito, isto é, será utilizada, por exemplo, apenas para executar uma tarefa que foi estabelecida, mas o sujeito não entende os conceitos ali estabelecidos.

Diante do exposto, Giordan (2008,p.78) levanta a seguinte questão: "Se, no entanto, aquilo que se internaliza, ou seja, se converte de ação externa em ação interna, é o significado da ferramenta, como explicar a internalização do significado de ferramentas que, na ação externa, são desprovidas de significados?" A resposta é colocada por Zinchenko ao propor se pensar no "significado do objeto", que seria internalizado em um processo de atividade conjunta e, posteriormente, se transformaria em significado. Mas como acontece essa transformação? De acordo com Zinchenko (1985, p.102 apud GIORDAN 2008), só ocorrerá a transformação do

⁶ Giordan (2008, p.78) afirma que Zinchenko não faz distinção entre ferramenta e signo.

significado do objeto para significado real quando a ação externa for dotada pelo propósito e pelo significado concomitantemente. Em outras palavras, e voltando às ideias de Martins e Moser (2012), a internalização é verificada apenas por meio da externalização, ou seja, é pelo uso da palavra e da ação externa que estabelecemos o significado.

Nessa vertente é que Wertsch adota a ação mediada como unidade de análise para estudar os processos mentais, deixando claro que a ação interna não deve ser separada da ação externa, onde "o processo de internalização é aquele pelo qual ocorre a formação de uma estrutura interna e não a transferência da atividade externa ou de signos e ferramentas para um plano interno preexistente." (GIORDAN, 2008, p.78). A partir dessas considerações, as formas de mediação, semiótica e instrumental passam a não ter diferenças e a ação mediada decorre do uso de qualquer ferramenta, sem priorizar a palavra ou qualquer outro meio (GIORDAN, 2008).

Nossa pesquisa tem como principal unidade de análise o significado do conceito. Pois, como afirma Giordan (2008, p.80), ao estudar a sala de aula de Química,

[...] é evidente a centralidade dos sistemas semióticos para o desenvolvimento conceitual dos estudantes. [...] o estudo da estrutura da matéria e da teoria molecular, em especial, nos remete a formas de representação sem as quais a elaboração de conceitos pelos alunos torna-se praticamente inviável.

Portanto, acreditamos ser indispensável entender a organização e o desenvolvimento da "esfera de comunicação e atividades dos químicos diante dos condicionantes da representação estrutural (ibidem, p.80)". Desse modo, o significado do conceito como unidade de análise torna-se importante para este trabalho, e "considerar as propriedades únicas dos fenômenos semióticos na formação de conceitos químicos é uma exigência teórica e metodológica. (ibidem, p.80)".

Considerando o interesse de Wertsch em relacionar os fatores socioculturais e socioinstitucionais para o estudo da mente humana, é que o autor busca em Bakhtin a noção de vozes e dialogia para a produção do sentido. Assim, os enunciados podem ser analisados diante das situações em que estão sendo proferidos e como podem ser orientados por tal situação para a formação do sentido.

É a indexação da voz, isto é, o valor apreciativo que cada enunciado carrega consigo que confere a produção do sentido, orientadas, segundo Wertsch, pela entonação ou pela utilização de signos não pertencentes à mesma voz (GIORDAN, 2008).

A noção de enunciado, para Bakhtin, está integralmente ligada à voz, ou como coloca Holquist e Emerson (1981, apud WERTSCH, 1991b) é uma "personalidade falada", ou seja, a "consciência falada". Wertsch (1991b, p.51), argumenta que isso só ocorre porque um enunciado só poderá existir se for produzido por uma voz:

Uma palavra, falada ou escrita, é sempre expressa a partir de um ponto de vista (a voz), que para Bakhtin é um processo e não um local. Enunciado é uma atividade que promulga as diferenças de valores. Em um nível básico, por exemplo, as mesmas palavras podem significar coisas diferentes, dependendo da entonação especial com que são pronunciadas num contexto específico: entonação é o som que valorizam as marcas (CLARK & HOLQUIST, 1984, p. 10) **(nossa tradução)**.

Outra marca que orienta o sentido é a utilização de signos, como já foi descrito anteriormente e que estamos particularmente interessados em estudar na sala de aula. Em uma determinada situação, existem várias formas de indexação da voz e, uma delas, talvez a que se dê menos importância em vários estudos, são as formas enunciativas não indexadas, ou seja, aquelas nas quais as crenças e os valores culturais são determinantes em relação às referências institucionais, conferindo um alto grau apreciativo. Diante disso, concordamos com Giordan (2008, p.83) ao argumentar que:

O fato de estas formas enunciativas não-indexadas manifestarem valores apreciativos sobre os critérios utilizados na resolução de problemas pode nos informar a respeito de como os estudantes conferem sentido aos meios mediacionais, ou aos dispositivos de pensamento, pertencentes a uma determinada esfera de comunicação e atividade. Sendo assim, a observação e a análise da evolução das formas enunciativas em situações estruturadas de ensino são meios potencialmente eficazes para se avaliar a elaboração de conceitos.

Em resumo, Wertsch busca defender a ação mediada no estudo da consciência humana, expondo as limitações da abordagem semiótica por meio de Zinchenko. Já em Vigotski, Wertsch reforça o uso do signo em detrimento de outras ferramentas, destacando as questões socioinstitucionais para demarcar as

propriedades semióticas. No entanto, o ponto de equilíbrio entre as abordagens semióticas e da atividade é encontrado no conceito de vozes, através das ideias de Bakhtin em reforço às contribuições de Vigotski do ponto de vista semiótico para a análise da ação mediada por ferramentas, valorizando as questões socioculturais com fatores socioinstitucionais (ibidem).

A respeito do exposto, poderíamos então formular a seguinte pergunta: Qual o verdadeiro ou principal papel das vozes na análise da ação mediada? Uma possível resposta a essa pergunta é reconhecer que as interações verbais são sempre mediadas por ferramentas, mesmo que o indivíduo não esteja em contato com o outro, ele sempre age por meio dessas ferramentas (sejam elas físicas ou não físicas). Desse modo, observando através das formas enunciativas dos sujeitos, podemos analisar a produção de significados e as interações estabelecidas neste meio. Além disso, Wertsch refuta a separação entre o indivíduo e o meio, reconhecendo a mediação de qualquer ação e incluindo os conceitos de vozes e gêneros discursivos no âmbito situacional de aspectos culturais, históricos e institucionais compreendidos na significação.

3.3.4 As propriedades da ação mediada

Algumas propriedades da ação mediada são apresentadas a seguir como forma de identificar os principais pressupostos desenvolvidos por Wertsch (1998) para estudar os processos de domínio e apropriação das ferramentas culturais. O objetivo de Wertsch, ao apresentar essas propriedades, não é fornecer uma estrutura rígida ou um sistema de categorização que englobe todas as instâncias da ação mediada por ferramentas culturais, mas, sim, delinear um conjunto básico capaz de caracterizar a ação mediada por ferramentas culturais. Abaixo segue o resumo dessas propriedades (WERTSCH, 1998, p.23-71):

- A ação mediada se caracteriza por uma tensão irreduzível entre o agente e os modos de mediação, onde qualquer forma de ação é impossível sem uma ferramenta cultural e sem um usuário hábil em seu emprego. Essa propriedade já foi discutida acima com alguns exemplos, e mostra a sua indissociabilidade entre o sujeito e a ferramenta cultural.

- Os modos de mediação são materiais, isto é, a materialidade é uma propriedade de qualquer modo de mediação, e as propriedades materiais externas das ferramentas culturais têm implicações importantes para a compreensão de como se desenvolvem as habilidades. Até mesmo a fala, que é uma ferramenta cultural, é material, pois a materialidade está relacionada à sua capacidade de mediação que causa modificações nos agentes e não às características físicas.
- A ação mediada possui múltiplos objetivos simultâneos, pois os objetivos do agente podem ou não estar em acordo com os objetivos originais das ferramentas culturais. Essa propriedade decorre dos escritos de Burke (1969a) acerca dos elementos do pentagrama, onde a ação humana está relacionada ao propósito que a ferramenta irá servir. "Isso significa que a ação mediada dificilmente se organiza em torno de um objetivo único e facilmente identificável. Pelo contrário, ela costuma servir a vários propósitos, muitos dos quais estão em conflito um com o outro" (PEREIRA & OSTERMANN, 2012, p.28).
- A ação mediada situa-se em um ou mais caminhos evolutivos. Essa ideia é inerente à noção de desenvolvimento, que supõe uma direção pré-definida, um objetivo final ideal, e que irá variar de acordo com o contexto de cada agente, ou seja, a ação humana é historicamente situada. "Entre outras coisas, isto significa que os agentes, as ferramentas culturais e a irredutível tensão entre eles têm sempre um passado peculiar e estão sempre em um constante processo de transformação" (Ibidem, p.29). Pereira e Osterman (2012) ainda ressaltam que, mesmo existindo ótimas ferramentas culturais, tais como as simulações computacionais para tratar dos processos físicos, químicos e biológicos, não basta apenas ter como base a inteligência e habilidade do sujeito, é preciso conhecer o local onde será situado esse processo, pois professores com ótima familiaridade com tecnologias, por exemplo, dificilmente conseguiriam atender às necessidades de uma sala de aula tradicional. Portanto, se torna mais confortável melhorar o uso da ferramenta cultural, ou seja, suas finalidades, em vez de melhorar as habilidades para usar a ferramenta.
- Os modos de mediação limitam e, ao mesmo tempo, possibilitam a ação. Então, com o desenvolvimento de uma nova ferramenta cultural, o objetivo é

superar alguma limitação prévia, mas isso introduz novas limitações à ação mediada. Isso pode ser ilustrado pelo exemplo do uso da internet. Antes existia apenas a conexão discada e não sabíamos dos seus limites, acreditávamos ser a melhor. No entanto, com o surgimento da banda larga, não nos demos conta das restrições que essa ferramenta possuía (ibidem, 2012). Diante disso, novas limitações foram surgindo, tais como transferir pacotes de dados com grandes quantidades de informações.

- Os novos modos de mediação transformam a ação mediada. A nova ferramenta cultural cria uma espécie de desproporção na organização sistêmica da ação mediada e isso desencadeia mudanças nos outros elementos da ação como, por exemplo, no agente, podendo levar ao surgimento de uma ação mediada completamente diferente da anterior. De acordo com Wertsch (1991a, apud PEREIRA &OSTERMANN, 2012), as ferramentas culturais não apenas facilitam uma função mental já existente, mas a transforma fundamentalmente.
- A relação dos agentes com os modos de mediação pode caracterizar-se sob o ponto de vista do domínio. O domínio pode ocorrer externamente, sem necessariamente passar para o plano interno, o agente pode usar uma ferramenta cultural, mas admitir uma sensação de conflito ou resistência.
- A relação dos agentes com os modos de mediação pode caracterizar-se sob o ponto de vista da apropriação. A apropriação seria o processo de adotar algo para si, como se fosse próprio, sem resistência. O domínio e a apropriação podem ou não se relacionar, em maior ou menor grau.
- Os modos de mediação podem se produzir por razões alheias à facilitação da ação mediada, visto que o desenvolvimento de uma ferramenta cultural não se dá necessariamente devido a uma intenção consciente do agente, e pode ocorrer por razões completamente alheias à ação mediada. Como, por exemplo, os jogos digitais surgiram primeiramente para fins de treinamento militar, somente depois eles foram inseridos para entretenimento e fins educacionais. Nessa vertente, também se deve levar em conta o poder do contexto histórico sobre o desenvolvimento das ferramentas culturais. O contexto configura os modos de mediação que, por sua vez, configuram a ação mediada.

- Os modos de mediação se associam com o poder e a autoridade. Isso significa que as ferramentas culturais não são neutras, pois estão carregadas das intenções do agente. O agente não é necessariamente um indivíduo, mas pode representar uma comunidade, um grupo social, onde o indivíduo esteja inserido ou de onde “tomou emprestada” a ferramenta cultural. Essas propriedades partem das ideias de Bakhtin sobre discurso autoritário e persuasivo. Podemos ilustrar tal situação com um exemplo de Wertsch (1998), bem interpretado por Pereira e Ostermann (2012, p.31), com alunos do ensino fundamental de uma escola pública dos EUA:

Nesse episódio, o professor suspendeu uma bola de argila em uma mola e perguntou aos alunos o que aconteceria com o sistema se ele fosse colocado dentro de um recipiente com água. Ao debater sobre o assunto, alguns alunos sustentavam que a mola deveria distender, até que Ian, um aluno da quarta série, fez o seguinte pronunciamento: *“mesmo que ela [a bola] esteja presa, mesmo que você coloque espaço ao seu redor, ela subiria... é uma atmosfera diferente para mudar”* (apud WERTSCH, 1991b, p. 137, tradução nossa). É interessante notar que o argumento de Ian tem pouca relação com os processos físicos ali envolvidos. Ainda assim, esse discurso teve um efeito poderoso sobre o restante do grupo, já que muitos dos alunos mudaram de opinião, concordando que a mola deveria contrair. Uma questão fundamental, nesse caso, é: qual foi a fonte de autoridade nesse contexto? Ainda que Ian gozasse de boa reputação para questões acadêmicas, ele não se limitou a escolher uma alternativa, deixando que sua reputação fizesse o restante do trabalho. Pelo contrário, ele se apropriou de fragmentos do gênero discursivo da “ciência oficial” – isto é, da ciência ensinada explicitamente no currículo formal – com a finalidade de persuadir seus colegas. O uso da palavra “atmosfera” foi determinante nesse processo, especialmente porque nenhum outro aluno recorreu a esse termo.

3.3.5 Internalização como domínio e apropriação

Apresentamos as propriedades da ação mediada e a relevância que Wertsch dá aos instrumentos de mediação, focando nas competências necessárias de um agente para usar tais ferramentas, por meio das quais surgem várias habilidades. Agora, destacaremos que a ênfase das ideias de Wertsch, nesse aspecto, está em como o uso de determinadas ferramentas culturais podem desenvolver habilidades específicas, em vez de habilidades ou aptidões generalizadas (WERTSCH, 1998).

Para entender as formas de ação mediada que realmente o indivíduo pode realizar, devemos mudar os domínios genéticos, da filogênese para a história

sociocultural, ontogênese e microgênese⁷, ou seja, é necessário examinar a história de encontros reais dos sujeitos com instrumentos de mediação materiais. A análise de como as ferramentas culturais são dominadas pelos indivíduos na ontogênese é frequentemente formulada em termos de "internalização" (ibidem, p. 48). Porém, como Wertsch (1998, p.48) já havia explicado em outros estudos (WERTSCH, 1993, 1995), essa expressão pode ser enganosa, uma vez que ela encoraja a se engajar na busca de conceitos, regras e outras entidades mentais internas que são bastante suspeitas aos olhos dos filósofos, como Wittgenstein (1972).

A construção de internalização parece implicar uma oposição entre os processos internos e externos, porém o termo internalização é bastante utilizado tanto no contexto do cotidiano assim como profissional. Sendo assim, Wertsch (1998) afirma não se opor e nem substituir o uso do termo, mas esclarece o processo de internalização por meio da ação mediada, preferindo utilizar os termos domínio e apropriação.

O domínio se refere a saber como utilizar uma ferramenta cultural habilmente, a questão se pauta em "saber como" em vez de "saber o que" (WERTSCH, 2002 apud PEREIRA &OSTERMANN, 2012, p.32):

Segundo o autor, a noção de domínio possui importantes vantagens com relação à noção mais geral de internalização. Isso porque essa última evoca uma imagem na qual os processos realizados inicialmente em um plano externo passam a ser realizados em uma espécie de plano interno. Tal imagem é encorajada por análises como a de Vygotsky (1994) sobre como a ação de contar ocorre originalmente no plano externo, com a ajuda dos dedos, para, posteriormente, sumir de vista, quando o processo é internalizado. De acordo com o autor, muitas formas de ação mediada são (e devem ser) realizadas no plano externo.

A apropriação é o processo de tomar para si algo pertencente ao outro (WERTSCH, 1998, p.53); esse termo é emprestado dos escritos de Bakhtin (1981). Nessa perspectiva, a apropriação das palavras do outro para si não acontece de qualquer maneira, mas, sim, na produção dos significados. De outra maneira, a apropriação é carregada de intenções próprias em benefício da construção de significados. Ao "se apropriarem da palavra de outros, os agentes as utilizam em um

⁷ De acordo com a psicologia comportamental, ontogênese refere-se ao histórico de desenvolvimento e aprendizagem e microgênese diz respeito ao fato de que cada fenômeno psicológico tem sua própria história (MARTINS; VIEIRA, 2010).

novo contexto, com sua própria intenção, imprimindo seu próprio acento" (PEREIRA & OSTERMANN, 2012, p.2012).

Em se tratando do uso de instrumentos, o domínio ocorre em saber como utilizá-los para o propósito ao qual foi destinado. Por exemplo, suponha o uso de um simulador computacional para explicar os estados físicos da água; então, aprender a manusear corretamente a ferramenta para explicar sobre as mudanças de estado caracteriza-se como domínio, pois essa ferramenta foi perfeitamente utilizada para o propósito para o qual foi designada. Caso a ferramenta seja utilizada em outro contexto, como, por exemplo, explicar fenômenos geográficos que envolvam as mudanças de estado da matéria, esse processo é característico da apropriação. Aqui, foi tomado para si o que pertencia ao outro, ou seja, a ferramenta foi utilizada a partir do propósito para o qual ela havia sido designada para outro de interesse exclusivo do agente. É importante salientar que o domínio e a apropriação se referem às ferramentas culturais e, como descrito anteriormente, elas podem ser físicas (computador, livros, objetos de aprendizagem) e não físicas (palavra, signos, enunciados e inclusive os conceitos). Desse modo, fica entendido que pode ocorrer o domínio, mas nem sempre ocorrerá a apropriação.

Neste trabalho, estamos interessados no significado do conceito e no nível de domínio e de apropriação deste ao utilizarem Objetos de Aprendizagem (OA). Para tanto, será impossível analisar essas questões e deixar passar despercebido o processo de domínio e apropriação dos OA, tendo em vista que tanto os conceitos como os OA fazem parte do "kit de ferramentas" (ou caixa de ferramentas) culturais e podem transformar a ação dos sujeitos.

3.3.6 O conjunto das ferramentas socioculturais

Com intuito de evitar confusões sobre ferramentas técnicas e instrumentos psicológicos utilizados em uma analogia por Vigotski, Wertsch (1991b) prefere não fazer distinções e sugere que as ferramentas sejam vistas como um conjunto, em vez de isoladamente. Esse conjunto de ferramentas é então classificado por ele como "kit de ferramentas" ou "caixa de ferramentas" ⁸ como

⁸ O termo originalmente empregado é *tool kit*. No entanto, Giordan (2008, p.88) prefere usar a tradução caixa de ferramentas, pois Wertsch faz referência direta à expressão *tool box* utilizada por Wittgenstein em *Investigações Filosóficas*.

aponta Giordan (2008,p.88). Optaremos em utilizar o primeiro termo, tendo em vista que em várias obras de Wertsch e outros títulos em português que o citam utilizam a expressão "kit de ferramentas".

Ao incorporar a noção de "kit de ferramentas", nas abordagens de Vigotski, a ação continua sendo orientada pelos meios de mediação, no entanto Wertsch (1991b, p.93-94) salienta que novas questões podem emergir, tais como: qual é a natureza da diversidade dos instrumentos de mediação e por que um desses é sempre mais priorizado que outros na realização de determinada forma de ação? Esse tipo de questão, certamente, ajudará a determinar as formas que uma abordagem sociocultural terá na ação mediada, em especial, como as diferenças culturais, históricas e institucionais da ação mental devem ser entendidas.

Segundo Giordan (2008), o "kit de ferramentas" seria o local de onde o indivíduo retira as formas enunciativas relativamente equilibradas em prol de estabelecer um diálogo pela interação verbal com um interlocutor. Essa gama de ferramentas culturais pertencentes a um kit está relacionada a diversas vozes ou heterogeneidade de vozes, que já havíamos comentado antes, e assim foi descrito por Wertsch (1991b, p.97) ao citar Tulviste (1986):

Em sua ideia sobre o pensamento verbal, Tulviste (1986) abordou o que eu estou aqui denominando de uma abordagem por kit de ferramentas sob o título heterogeneidade: "O fenômeno da heterogeneidade do pensamento verbal (ou "pluralismo cognitivo") consiste no fato de que, em qualquer cultura e em qualquer indivíduo não existe apenas uma forma homogênea de pensar, mas diferentes tipos de pensamento verbal" **(tradução nossa)**.

Portanto, é importante notar que a aceitação de um enunciado particular, proferida por um sujeito individualmente, não é simplesmente uma questão imparcial e reflexiva. Em vários casos, é orientada pelo poder e a autoridade associadas aos itens do "kit de ferramentas culturais", fornecidos por um contexto sociocultural (WERTSCH, 1991b, 1998). Sendo assim, tais instrumentos de mediação são diferentemente inclusos com poder e autoridade, podendo ser caracterizados em termos de privilégios. "A privilegiação refere-se ao fato de que uma ferramenta cultural, tal como uma linguagem social, é concebida como mais eficaz ou adequada do que outras em um determinado cenário sociocultural." (PEREIRA; OSTERMANN, 2012, p. 34). Essa abordagem já foi ilustrada acima com um exemplo exposto no final da última propriedade da ação mediada. O exemplo em questão foi sobre o

episódio em que o professor suspende uma bola de argila e interage com a sala de aula.

3.3.7 A Teoria da Ação Mediada no Ensino de Química

A teoria da ação mediada, que propomos discutir, pode ser tratada em todo o rol do ensino de ciências, e optamos enfatizar sobre o ensino de Química por ser de interesse deste trabalho. No início das abordagens do nosso referencial teórico, ao tratarmos das concepções de Vigotski, demos alguns exemplos de como ocorrem os processos de internalização dos conceitos e de como eles são mediados pelos meios externos. Adiante, tratamos sobre os novos gêneros discursivos inerentes à ciência Química e como eles podem transformar o significado, dando um olhar especial às noções de enunciados por Bakhtin. Por fim, apresentamos as ideias de Wertsch sobre a teoria da ação mediada, e como elas foram fundamentais a partir dos trabalhos de Vigotski, Bakhtin, Burke e outros estudiosos. Ademais, apresentamos uma abrangência sobre os processos de internalização por meio da noção de domínio e apropriação. Neste tópico, inserimos todas essas discussões no ambiente do ensino de Química, apesar de isso já ter sido feito em alguns momentos acima.

Durante todas as nossas abordagens, tratamos sobre a importância dos meios mediacionais como participantes ativos no desenvolvimento do indivíduo, diante dos meios culturais, históricos e institucionais (WERTSCH 1991a, 1991b, 1998, 1998b, WERTSCH, DEL RIO & ALVAREZ, 1998). Nessa perspectiva, para contemplar os meios mediacionais no ensino de Química, é necessário enxergar a capacidade que estes possuem em ressignificar os fenômenos conceituais no contexto da ciência. De acordo com Giordan (2008), não há como desenvolver as formas superiores de pensamento sem a abstração dos conceitos científicos, pois, mesmo considerando as problematizações advindas dos fenômenos cotidianos, se não forem observados os meios mediacionais como capazes de ressignificar a aprendizagem, isso pode trazer serias dificuldades ao entendimento dos conceitos científicos.

A transposição dos conceitos científicos de Química no ambiente formal de ensino deve, dessa maneira, ser trabalhada por meio de atividades ou sequências didáticas estruturadas, envolvendo os fenômenos do cotidiano e os

meios mediacionais capazes de abstrair tais conceitos. Corroborando com as ideias de Giordan (2008, p.100), é importante frisar a necessidade de considerar rigorosamente as "formas mediadas de interação social da sala de aula quando se planeja o ensino com base na inserção dos alunos em práticas culturais superiores como aquelas mediadas por abstrações e conceitos científicos", sempre observando o diálogo como meio de analisar as interações, os domínios e as apropriações. Alguns autores brasileiros podem ser destacados sobre o estudo da formação dos conceitos em ciências e que trabalham nessa perspectiva, tais como: Mortimer e Scott (2002), Giordan (2008), Cirino (2012), Posso (2010), Dotta (2009), dentre outros.

Visto que a teoria da ação mediada visa compreender as relações entre a subjetividade do agente, as ferramentas culturais, a internalização, a apropriação, a criatividade e as convenções culturais, primando pelo contexto histórico, cultural e institucional, é importante tratar os entes químicos e seus constituintes como formas típicas de pensar o mundo por meio dos conteúdos dessa ciência (GIORDAN, 2008), ou seja, aderir ao discurso de sala de aula os gêneros discursivos característicos da Química. Essa seria uma ótima maneira de encurtar os laços entre as formas históricas e socialmente construídas a partir da ciência Química, e as formas de pensamento que o aluno tem de enxergar o mundo (ibidem). Em resumo, ajudaria o aluno a entender sobre os processos químicos (submicroscópicos e macroscópicos) presentes nos fenômenos já conhecidos.

Compreender o discurso da sala de aula pode ser crucial para entender a força ou fragilidade de certa metodologia de ensino. Geralmente, os discursos nas aulas de ciências são bem padronizados, assim como aponta o trabalho de Mortimer e Scoot (2002) em uma atividade investigativa sobre a corrosão do ferro. Desse modo, identificar as diferentes vozes em sala de aula orientará de forma concisa os trabalhos, pois é possível observar as relações de poder e autoridade diante do discurso dos alunos e do próprio professor, além das ferramentas culturais empregadas nesses discursos.

No entanto, na maioria das aulas de ciências, o discurso do professor, que é dirigido aos alunos, manifesta-se por meio de perguntas instrucionais, ou seja, aquelas que já se sabe a resposta. Esses tipos de perguntas dão ao aluno a sensação de participar ativamente da discussão, sendo tais perguntas orientadas por um padrão triádico composto de iniciação (I) pelo professor, resposta (R) do

aluno e a avaliação (A) do professor (MEHAN, 1979 apud PEREIRA &OSTERMANN, 2012). Esse padrão I-R-A dá ao professor total controle das atividades, porém garante pouco impacto sobre a aprendizagem dos alunos (WERTSCH, 1998 apud PEREIRA &OSTERMANN, 2012). Todavia, Pereira e Osterman (2012, p.34) nos garantem que:

Na medida em que os alunos interagem com os enunciados concretos do professor, eles interagem também com tipos generalizados de vozes (linguagens sociais e gêneros discursivos) e se apropriam dos mesmos. Assim, o objetivo final de se formularem perguntas instrucionais não é o de resolver problemas no plano social, mas sim o de organizar o funcionamento intermental de modo a fomentar a transição genética desses modelos até o funcionamento intramental. Esse processo pode ser descrito em termos da transição da “regulação-de-outros” até a “autorregulação” (WERTSCH, 1979).

Anteriormente, tratamos sobre as diferentes maneiras que cada indivíduo possui de internalizar aquilo que é ensinado em sala de aula, e que essa compreensão se manifesta pela externalização das palavras, classificada aqui como "compreensão ativa". Então, compreender essas diferenças já é um bom caminho para se orientar. Outra questão fundamental é empregar um gênero discursivo que consiga conectar o pensamento químico, pelo discurso do professor, ao pensamento e formas de internalização dos conceitos científicos, pelos alunos. Isso pode se constituir como eficaz a múltiplos objetivos da sala de aula. Um desses objetivos, citado anteriormente, é identificar qual ferramenta cultural é selecionada do "kit de ferramentas" para um determinado fim específico em discussão.

Mas como trabalhar um novo gênero discursivo, capaz de aproximar o pensamento químico do pensamento espontâneo do aluno, por meio de abordagens socioculturais? Como fazer o aluno participar quando ele pertence a uma nova geração tecnológica, virtual e digital, tendo ele já adquirido novas habilidades, mas, em contrapartida, perdido outras, reduzindo seu tempo de atenção sob longos discursos? (TAPSCOTT, 2010). A resposta está em trabalhar com ferramentas culturais pertencentes ao meio cultural e histórico em que os estudantes vivem, tais como Objetos de Aprendizagem (OA) e gêneros discursivos do meio virtual, dando espaço para inserir o gênero discursivo inerente à Química e observar a sala de aula como um espaço dialógico de aprendizagem.

Tratar essa perspectiva à luz da teoria da ação mediada requer reelaborar a noção de ferramenta cultural, pois imergimos em um espaço desterritorializado e

virtual ao nos utilizarmos da internet e dos OA. Segundo Giordan (2008, p.108), os ambientes virtuais "alteram radicalmente a natureza das ações humanas, principalmente por serem decorrentes de uma combinação inusitada de propriedades e funções das ferramentas culturais". O autor acrescenta ainda que essa re-elaboração das ferramentas culturais só é possível apenas quando o agente a utiliza para um fim específico, o que se caracteriza como uma tensão irreduzível do agente com a ferramenta cultural, como já foi discutido em tópicos anteriores.

Neste trabalho, aplicamos uma sequência didática com uso de Objetos de Aprendizagem para tratarmos sobre os conceitos de estrutura atômica nos diversos modelos, tendo como foco o modelo atômico atual e, em especial, os números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas. Na introdução, justificamos a escolha do tema e algumas intenções. A seguir, na metodologia, descrevemos os procedimentos adotados para o desenvolvimento e aplicação dessa sequência. Portanto, gostaríamos de esclarecer, assim como apontado pelas propriedades da teoria da ação mediada, que o uso das ferramentas culturais (destacando os OA) são condicionadas pelos propósitos, e esses orientam os agentes durante a ação (GIORDAN, 2008).

Os conceitos de domínio e apropriação, propostos por Wertsch, servem para avaliar os níveis do processo de significação e internalização dos conceitos e das ferramentas culturais. Ressaltamos novamente que, para Wertsch, ferramenta cultural é empregada para designar os meios e os instrumentos utilizados pelo agente para executar uma determinada ação. Destarte, compartilhamos das ideias de Pereira e Ostermann (2012) ao afirmar que não devemos apenas apresentar as ferramentas culturais para o estudo da ciência, nesse caso a Química, e almejar um aprendizado espontâneo dos alunos; é necessário oferecer mais possibilidades e oportunidades para os alunos trabalharem com essas ferramentas, promovendo o debate, a interação social e as problematizações.

4 METODOLOGIA

Discutiremos a seguir as metodologias utilizadas no processo de ensino e de pesquisa deste trabalho. A Teoria da Ação Mediada de James V. Wertsch foi adotada como nosso referencial teórico, buscando-se analisar a produção de significados dos alunos acerca do assunto frente às relações de subjetividade do agente, às ferramentas utilizadas e às interações socioculturais. A organização da sequência didática foi realizada por meio de uma entrevista feita com o professor responsável pela disciplina de Química Geral II da Universidade Federal do Maranhão, onde a pesquisa foi aplicada; e alguns dados foram organizados de acordo com o modelo topológico de ensino desenvolvido por Marcelo Giordan. É importante salientar que o processo de ensino e de pesquisa não é algo a ser trabalhado separadamente e ora ou outra eles se integrarão; no entanto, optamos por dividi-los em subtópicos para caracterizar melhor as etapas do trabalho, sem significar que serão tratados indistinguívelmente.

4.1 METODOLOGIA DE ENSINO

4.1.1 Aspectos gerais da disciplina de Química Geral II

A intenção inicial era que o próprio professor da disciplina aplicasse a sequência didática, e antes de começar as aulas entramos em contato com ele e explicamos todos os objetivos da pesquisa. O professor gostou da iniciativa e apresentou total apoio a nossa pesquisa, porém propôs que o próprio pesquisador aplicasse a sequência didática, pois informou que, por algum motivo desconhecido por ele, os alunos se inibiam em participar e dialogar em suas aulas, embora ele buscasse diversas metodologias para proporcionar o diálogo em sala de aula. Além disso, levantou a hipótese de que os alunos poderiam se retrair se o pesquisador apresentasse a sequência didática com ele presente nas aulas, tendo em vista que sua experiência tem mostrado que os discentes ficam tímidos ao participar de um debate levantado por ele. Tal fato incomodava bastante o professor, que, segundo nos foi relatado, já havia tentado de várias maneiras resolver a situação e informou não ter obtido muito sucesso, por isso pediu ao pesquisador que aplicasse a

sequência didática sozinho para saber se teríamos as mesmas dificuldades ou não, podendo a pesquisa contribuir para o seu trabalho.

Estávamos esperando trabalhar com um total de 15 a 20 alunos, porém apenas 6 alunos se inscreveram pelo sistema acadêmico on-line da Universidade. Como a disciplina é oferecida todos os semestres, o professor nos informou que um número maior de alunos se inscreve no primeiro semestre letivo, e essa pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2014.

A ementa da disciplina de Química Geral II se encontra no Anexo 1 e é organizada pelo professor da seguinte forma:

Quadro 1 - Programa da disciplina Química geral II organizada em tópicos pelo professor responsável

Objetivo:

Fornecer os conhecimentos básicos da estrutura atômica e molecular.

Conteúdo teórico (60 h):

- **Estudo da estrutura:** *Histórico (Átomos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr), Espectro do átomo de hidrogênio, Propriedades ondulatórias e o Modelo Quântico do átomo.*
- **Propriedades Periódicas:** *Propriedades gerais dos elementos (tamanho atômico, energias de ionização, afinidades eletrônicas, eletronegatividades, etc)*
- **Ligações Químicas:** Geometria molecular e teorias da ligação (iônicas, covalente, metálica); forças intermoleculares.
- **Estudo elementar do núcleo e suas Propriedades:** *Radioatividade, Estabilidade nuclear, Decaimentos radioativos, Fissão e Fusão nuclear.*

Fonte: Material do professor responsável pela disciplina.

O professor disponibilizou 20 horas-aula para aplicarmos a sequência didática, sendo esse tempo reservado por ele para tratar do assunto de interesse da pesquisa: a estrutura atômica. A intenção da pesquisa foi analisar e caracterizar a produção de significados dentro de uma estrutura lógica conceitual, verificando o nível de domínio e apropriação dos conceitos referentes ao modelo atômico atual

(números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas). Para essa verificação, o pesquisador deveria permanecer em sala de aula até o final da disciplina, no entanto aplicaria a sequência didática nas 20 primeiras horas de aula e passaria a observar o restante das aulas com o professor ministrando-as. Essa observação serviria para analisar o nível de domínio, bem como para verificar se houve apropriação dos conceitos a partir da criação de significados ao utilizar os OA, pois o domínio e principalmente a apropriação deles só ficariam mais claros nos conteúdos seguintes, porque estes dependem dos anteriores que foram trabalhados inicialmente.

Após ter iniciado o semestre, outro professor teve que se ausentar da Universidade, deixando suas disciplinas sem aulas. Assim o professor que acolheu nossa pesquisa teve que ministrá-las. Nesse contexto, o professor e o departamento de Química pediram que o pesquisador continuasse ministrando a disciplina de Química Geral II, de forma a ajudar a resolver o imprevisto que surgiu. Desse modo, o pesquisador continuou a análise em suas próprias aulas, além de poder analisar sua própria prática, embora não tenha sido esse o objetivo desta pesquisa.

No primeiro dia de aula, foram apresentados os objetivos da pesquisa, o termo esclarecido de livre consentimento, a ementa da disciplina e o questionário para análise das concepções prévias dos alunos a respeito do assunto. As aulas foram ministradas às segundas e às quartas-feiras. Porém, algumas aulas foram marcadas nas quintas-feiras, com consulta prévia aos alunos e verificação da disponibilidade de tempo deles.

4.1.2 O questionário das concepções prévias dos alunos

A temática de ensino deste trabalho versa sobre alguns conceitos básicos da mecânica quântica moderna, que são considerados essenciais na Química para o aprendizado da estrutura do átomo e de seus constituintes. Antes de trabalharmos com essa temática no processo de ensino, elaboramos um questionário específico (Apêndice A) para analisar as concepções prévias dos alunos a respeito de alguns conceitos fundamentais para o estudo da estrutura atômica.

Como já foi salientado, segundo a literatura analisada, a evolução das concepções relativas a algumas propriedades atômicas parecem estar em função da escolaridade/idade crescente dos alunos e, mesmo depois de submetidos ao ensino

dos temas, os alunos ainda apresentavam algumas dificuldades, tais como transitar entre as observações fenomenológicas e as explicações atomísticas, (MORTIRMER, 2000, p.103; ARDAC 2002; SHILAND, 1995; TABER, 2004 & TSAPRLIS, 1997, STAFANI & TASPRLIS, 2009; NIAZ & FERNANDES, 2008). Desta maneira, este questionário serviu como um instrumento de avaliação diagnóstico das concepções iniciais dos alunos, discentes que cursaram a disciplina de Química Geral II no curso de licenciatura em Química da Universidade Federal do Maranhão em São Luis-MA, e nos ajudou como um guia para orientar melhor nosso trabalho no processo de aprendizagem com a sequência didática.

Esse instrumento é baseado em questões semiestruturadas, ou seja, questões dissertativas sobre alguns conceitos básicos como: a natureza dos elétrons e seu comportamento perante o núcleo, a dualidade onda-partícula, o princípio da incerteza de Heisenberg, as transições eletrônicas, a distinção entre os modelos clássicos e quânticos, o conceito de orbital, dentre outros. O instrumento é fundamental, tendo em vista que foi possível analisar as concepções iniciais ou alternativas dos alunos, que segundo a Teoria da Ação Mediada, é um ótimo guia de orientação.

Inicialmente pensamos em construir esse questionário e validá-lo com um grupo heterogêneo de alunos, no intuito de verificarmos a veracidade das informações relatadas na literatura sobre alguns equívocos das concepções científicas concernentes a algumas propriedades atômicas, mesmo o aluno tendo sido exposto a níveis mais avançados de ensino. Os alunos que estariam selecionados para responder ao questionário corresponderiam àqueles que já foram instruídos sobre algum conteúdo referente à mecânica quântica – representado o grupo de controle – e os alunos que ainda seriam instruídos – representando o grupo de pesquisa -. Sendo assim, aplicaríamos o questionário a quatro subgrupos de alunos: os que só fizeram a disciplina de Química geral II; os que já fizeram a disciplina de Química geral II, Físico-Química e Química Inorgânica; os que fizeram as anteriores e introdução à Química quântica; e os que iriam iniciar a disciplina de Química Geral II. No entanto, a partir de uma análise mais profunda, pudemos observar que esse não era o propósito da pesquisa e deveríamos nos preocupar principalmente com o processo de ensino e fazer uma análise mais profunda com o grupo que foi acompanhado até o final do trabalho.

A intenção de verificar algo é inerente às pesquisas em que o pesquisador pode controlar as variáveis e os objetos de estudo como, por exemplo, um experimento em laboratório. Nossa pesquisa trabalha com seres humanos e torna-se inviável verificarmos semelhanças como verdades absolutas em contextos de ensino distintos, tendo em vista que as pessoas são diferentes e devemos adotar uma metodologia que considere tais diferenças. As maiores preocupações não são com dados numéricos, mas, sim, com a dialogia que ocorre naquele contexto, as interações sociais, as ações, as representações, ou seja, o interesse centra-se em uma análise descritiva que procura absoluta riqueza nos detalhes e se importa com a originalidade das informações coletadas. Aqui, o processo de ensino é parte integral dos dados a serem coletados, pois a análise desses últimos depende de como os indivíduos interagiram, posto que esses também controlam, monitoram, ajustam e avaliam seu próprio comportamento ao longo do tempo, tendo profundas implicações para o estudo (MOREIRA, 2002, p.48).

De acordo com Carmo, Marcondes e Martorano (2010, p.35), ao considerar a aprendizagem como um processo de ensino, é necessário analisar as etapas de formação dos conceitos que ocorrem ao longo do desenvolvimento de uma sequência de ensino. As autoras relatam que as ideias prévias dos alunos são parte fundamental das etapas, porque por meio dessas ideias podem planejar as intervenções pedagógicas com atividades problematizadoras, tendo como objetivo a reelaboração conceitual e a posterior análise das concepções adquiridas.

Mortimer e Scott (2002, p.284) abordam que as ideias prévias ou concepções anteriores, antes do processo de ensino, devem ser tratadas como uma negociação de novos significados, e não como a substituição pelos novos conceitos científicos. Essa negociação se dá em um espaço comunicativo onde existe a incidência de diferentes perspectivas culturais em um processo de crescimento mútuo.

Tendo em vista a grande importância das concepções iniciais dos alunos para orientar a aprendizagem como um processo de ensino é que construímos o referido questionário.

4.1.3 Sobre os conteúdos

O conteúdo que foi abordado na sequência didática para a produção inicial dos significados versa sobre os modelos atômicos, em especial a forma dos orbitais e as transições eletrônicas dos átomos a partir da observação da variação dos números quânticos (n, l, m_l e m_s). Acreditamos que o entendimento adequado dos conceitos relacionados a esses conteúdos pode ajudar o aluno a entender diversas características, tais como:

- Os orbitais são funções matemáticas de ondas. Desse modo, funções de onda podem ser somadas e subtraídas, no entanto a mesma compreensão para espaços fica complicado, como aponta o trabalho de Tsaparlis e Papaphotis (2009). Essa compreensão facilita a noção de ligações Químicas - combinação linear de orbitais atômicos para formar orbitais moleculares - que são apresentadas em vários livros de Química Geral;
- Os elétrons não seguem orbitas predefinidas, como no modelo de Bohr, e nem possuem comportamento característico da mecânica clássica. Além disso, são indistinguíveis uns dos outros, independentemente do átomo que ocupam. Porém, a maioria dos livros de Química do ensino médio (de onde o aluno de Química traz seus conhecimentos prévios) aborda esse modelo como o mais atual e favorável para explicação da estrutura atômica. Uma adequada compreensão do assunto poderia ajudar o aluno a entender o funcionamento de algumas tecnologias atuais;
- A forma dos orbitais, como é apresentada nos livros de Química, é apenas uma generalização pictórica mais próxima daquela que possivelmente seria pelas funções de onda baseadas na equação de Schrödinger, e são poucos os livros que tratam do caráter matemático a ela atribuído. Essa abordagem pode auxiliar os alunos a entenderem os objetivos pretendidos pelos livros didáticos, além de discernirem sobre o uso estabelecido desses conceitos para explicar determinados fenômenos.

Porém, antes de trabalharmos com esses conteúdos, foi necessária a introdução de um breve percurso histórico pelos modelos da estrutura do átomo baseado na física clássica e na antiga mecânica quântica. Pois, como já foi abordado na pesquisa de Mortimer (2000), os alunos não substituem modelos antigos por modelos novos, em vez disso agregam os novos conceitos e os utilizam nas situações adequadas. Além disso, os conhecimentos da antiga mecânica quântica podem servir de auxílio para a aprendizagem do modelo quântico atual por meio de um processo de construção histórico-cultural na formação dos conceitos (STEFANI & TSAPARLIS, 2009; TSAPARLIS & PAPAPHOTIS, 2009). O referencial teórico deste trabalho coaduna com essas ideias, pois a base da Teoria da Ação Mediada, segundo Wertsch (1991b,1998), é a análise sociocultural, que consiste em compreender como se relaciona o funcionamento da mente com o contexto cultural, institucional e histórico, isto é, visa compreender as relações entre a subjetividade do agente, as ferramentas culturais, a internalização, a apropriação, a criatividade e as convenções culturais.

Para tratar sobre o processo histórico-cultural, utilizamos seis vídeos curtos⁹ (aproximadamente 10 minutos cada) que explicam sobre a dualidade onda – partícula. Nesse percurso, os vídeos tratam sobre as propriedades clássicas da luz: refração, reflexão, difração, campos eletromagnéticos, efeito fotoelétrico, efeito Compton, interferência, dentre outros. Também utilizamos alguns Objetos de Aprendizagem¹⁰, dentre eles um que simula o efeito fotoelétrico e outro sobre os modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld, De Broglie e Schrödinger. Determinamos maiores esforços na simulação do modelo atômico de Schrödinger, uma vez que esse mostra as formas dos orbitais e os níveis de transições de energia à medida que os números quânticos n, l e m_l são alterados quando o átomo é excitado por diferentes comprimentos de onda na faixa de absorção.

Os vídeos e as simulações dos modelos atômicos permitiram mostrar as incoerências existentes de cada modelo até chegarmos ao modelo mais atual que é o de Schrödinger. Como as equações matemáticas de função de onda desse

⁹ Esses vídeos pertencem a uma série didática produzida para a TV educativa pública da província de Ontário, no Canadá, a TVO, em 1984. Sua escolha está relacionada à simplicidade e ao caráter didático na transmissão dos conceitos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rqwKPJ3wluI>

¹⁰ Esses Objetos de aprendizagem são de livre acesso e se encontram disponíveis em: http://phet.colorado.edu/pt_BR/.

modelo são complexas para um nível universitário introdutório e considerando a importância do caráter essencialmente matemático a ele atribuído, foram apresentadas duas aulas expositivas sobre o formalismo matemático das funções de onda de Schrödinger e, sempre que possível, essas equações foram relacionadas à forma dos orbitais gerada pelo OA. Não aprofundamos as deduções matemáticas das funções de onda, posto que não era o objetivo da disciplina, mas procuramos deixar bem claro o caráter qualitativo da apresentação do tema.

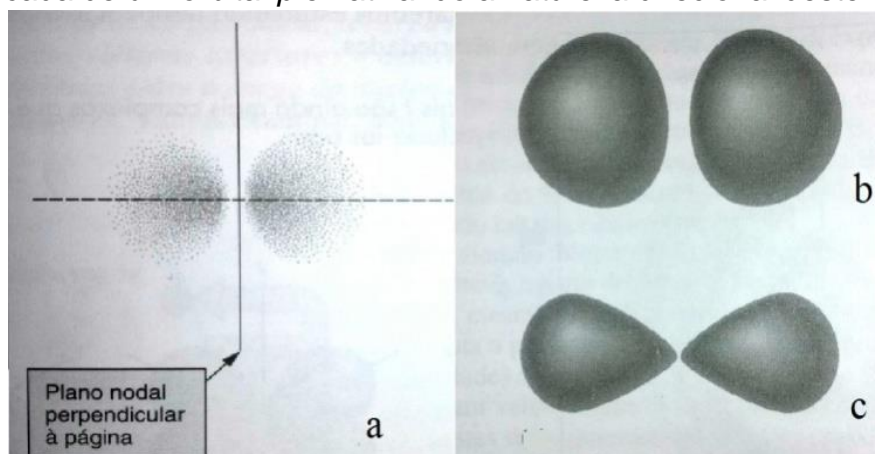
Quando estávamos aplicando a sequência didática, pretendíamos relacionar as funções de onda de Schrödinger com uma função trigonométrica no domínio dos números complexos, que é bem mais simples, por meio de um software de matemática dinâmica, o Geogebra[®], que nos possibilita criar e variar qualquer parâmetro da equação, observando as mudanças no gráfico em tempo real. Como as funções de onda de Schrödinger também são funções complexas, acreditávamos que a variação dos parâmetros da função trigonométrica complexa pudessem ser comparadas com a equação de Schrödinger e a variação dos números quânticos (n, l e m_l), as quais, qualitativamente, nos informam sobre o tamanho, a forma e a orientação espacial dos orbitais atômicos. No entanto, tal abordagem poderia trazer alguns problemas: conflito cognitivo e possível consideração da analogia como o próprio conceito científico; as funções de onda são representadas como coordenadas polares, em três dimensões, e as equações trigonométricas complexas, no plano. Seria necessário um tempo maior de aula para revisão das funções complexas, manipulação do software Geogebra[®] e "quebra" da analogia.

Além dos problemas citados, a sequência didática foi aplicada dentro do cronograma da disciplina, e tínhamos uma carga-horária a ser cumprida; assim sendo, preferimos seguir por outro caminho, a apresentação de duas aulas expositivas, como já foi citado. As aulas expositivas tinham a intenção de possibilitar que os alunos avançassem de um nível realista dos modelos, baseado apenas em imagens, para um nível racionalista, a partir do qual pudessem observar as possíveis imagens dos orbitais geradas pelo Objeto de Aprendizagem, como concepções essencialmente matemáticas.

Dessa forma, os alunos puderam observar que as imagens dos orbitais atômicos expostas na maioria dos livros de Química eram apenas generalizações das possíveis imagens geradas pelas equações de Schrödinger. Na Figura 1, apresentamos a possível imagem de distribuição da densidade eletrônica de um

orbital 2p, de modo que a Figura 1a é gerada pelas funções de onda, a Figura 1b mostra a forma de uma superfície de probabilidade constante (generalização da Figura 1a), e a Figura 1c simplifica esse formato, desenhando dois “balões” conectados no núcleo e apontando em direções opostas (generalização da Figura 1b). Brady, Russell e Holum (2002, p. 219) afirmam que os químicos simplificam esse formato (ver Figura 1c) para enfatizar o fato de um orbital p ter dois lobos com dimensões iguais, estendendo-se em sentidos opostos ao longo de uma linha que passa pelo núcleo. Essa representação (Figura 1c) possui uma relação indireta com a solução da equação para átomos hidrogenóides, e muitas vezes sua relação direta (Figura 1a) é ignorada.

Figura 1 - Distribuição da densidade eletrônica do orbital 2p. (a) Diagrama de pontos representando a distribuição de probabilidade em um orbital 2p. (b) Forma de uma superfície de probabilidade constante em um orbital 2p. (c) Uma representação simplificada de um orbital p enfatizando a natureza direcional deste orbital



Fonte: Brady, Russell e Holum (2002).

Além dos fatores acima mencionados, sobre a importância do aprendizado dos conceitos, podemos destacar que, apesar de vários trabalhos, como foi possível constatar na introdução, terem investigado sobre as concepções dos alunos a respeito de diversos temas sobre a mecânica quântica, não parecem dar tanta atenção às concepções adquiridas, sendo essas tratadas em segundo plano. Considerando a Teoria da Ação Mediada, as concepções adquiridas não teriam um fim em si mesmo, podendo, de modo contrário, ser entendidas como um processo contínuo em que se pretende chegar ao nível de apropriação dos conceitos para que esses possam ser usados em diferentes contextos.

4.1.4 Descrição da Sequência didática e dos Objetos de Aprendizagem utilizados.

A sequência didática foi dividida em três etapas, que seguiu o cronograma de aulas apresentado no Quadro 1, e foi organizada de acordo com a entrevista realizada com professor responsável pela disciplina. A disciplina de Química Geral II tem uma carga horária de 60 horas e a divisão da sequência didática foi realizada da seguinte maneira:

- **Estudo da estrutura do átomo (25h):** Uso de vídeos, slides, objetos de aprendizagem, material impresso, aulas expositivas no quadro-negro, resolução de exercícios e debates a respeito do assunto. Nessa primeira etapa, fizemos um levantamento das concepções prévias dos alunos, inserimo-nos no contexto sociocultural que esses alunos se encontram: o meio digital em especial, o WhatsApp, e criamos um ambiente que descentraliza a ideia de que o aluno é considerado apenas um receptáculo de conteúdo, proporcionando, dessa maneira, a produção de significados com o uso das ferramentas;
- **Propriedades Periódicas e Ligações Química (25h):** Uso de slides, objetos de aprendizagem, material impresso, aulas expositivas no quadro-negro, resolução de exercícios e debates a respeito do assunto. Aqui, o pesquisador orientou as atividades para que os alunos debatessem o conteúdo em estudo com o domínio e a apropriação da linguagem científica;
- **Estudo elementar do núcleo e suas propriedades (10h):** Uso de slides, vídeos e debates a respeito do assunto. Houve uma participação intensa dos alunos nesta etapa, pois eles pesquisaram sobre as propriedades do núcleo e seu uso na ciência, conteúdos esses que foram apresentados por eles em aulas que tiveram a duração de 20 minutos. Debatesmos sobre a importância de se conhecer os modelos atômicos, o contexto conflituoso que existiu e ainda persiste no ensino, e o grande avanço tecnológico com o desenvolvimento do modelo atual. Encerramos as atividades com uma breve

entrevista coletiva e com a apresentação das respostas do questionário de análise prévia dos conceitos.

Na análise dos dados deste trabalho, foi enfatizado apenas o primeiro eixo sobre o estudo da estrutura do átomo. A organização da sequência didática só será detalhada em seguida, na metodologia de pesquisa. A seguir, será apresentada a descrição dos recursos utilizados na sequência didática.

4.1.4.1 Os computadores

O departamento de Química da Universidade Federal do Maranhão, Campus de São Luis – MA, possui apenas um laboratório de informática com computadores de configuração não compatíveis, e como necessitávamos instalar o software para captura de tela, áudio e imagem (Camtasia®) precisávamos de computadores mais atuais. Destarte, conseguimos três notebooks com configurações atuais e os montamos dentro das salas de aula, mas utilizamos apenas dois, devido ao fato de apenas quatro alunos terem permanecido nas aulas, fato esse que relatado posteriormente.

As atividades no computador (com *webcam* e microfone) foram realizadas em dupla visando à interação entre os alunos, e foi feito registros em vídeo dos alunos e da tela do computador durante o uso, isto é, foi feita a captura sincronizada. Esse tipo de registro necessita de um software, o Camtasia®, que faz a captura da tela do computador e a captura das ações dos usuários via *webcam*, gerando vídeos do usuário e tela.

4.1.4.2 Os Objetos de Aprendizagem

Segundo David Wiley (2002), Objeto de Aprendizagem (OA) seria qualquer entidade digital que possa ser reutilizada para dar suporte ao aprendizado. O mesmo autor ainda descreve OA como elemento de um novo tipo de instrução, com base em computador e no paradigma de orientação a objetos utilizados na área de computação.

Na sequência didática, utilizamos vários OA, incluindo vídeos, simulações, slides e rede social, mas ora ou outra nos referimos apenas às

simulações como OA, porém isso não significa que os demais não estejam nessa classificação.

O uso dos diversos OA serviram para tratar os conteúdos descritos anteriormente nas três etapas da sequência didática, mas dedicamos maiores esforços no uso dos OA utilizados na primeira etapa, porque o conteúdo foco desta pesquisa foi o estudo dos modelos atômicos e da estrutura do átomo, o que precisa ser trabalhado com cuidado, tendo em vista que se trata da base constituinte da Química. Os OA utilizados nas demais etapas serviram para auxiliar e prosseguir com as abordagens subsequentes dos conteúdos, em que uma análise profunda dos dados na perspectiva de novos trabalhos poderão ajudar na verificação do nível de domínio e na apropriação dos conceitos que foram trabalhados na etapa analisada.

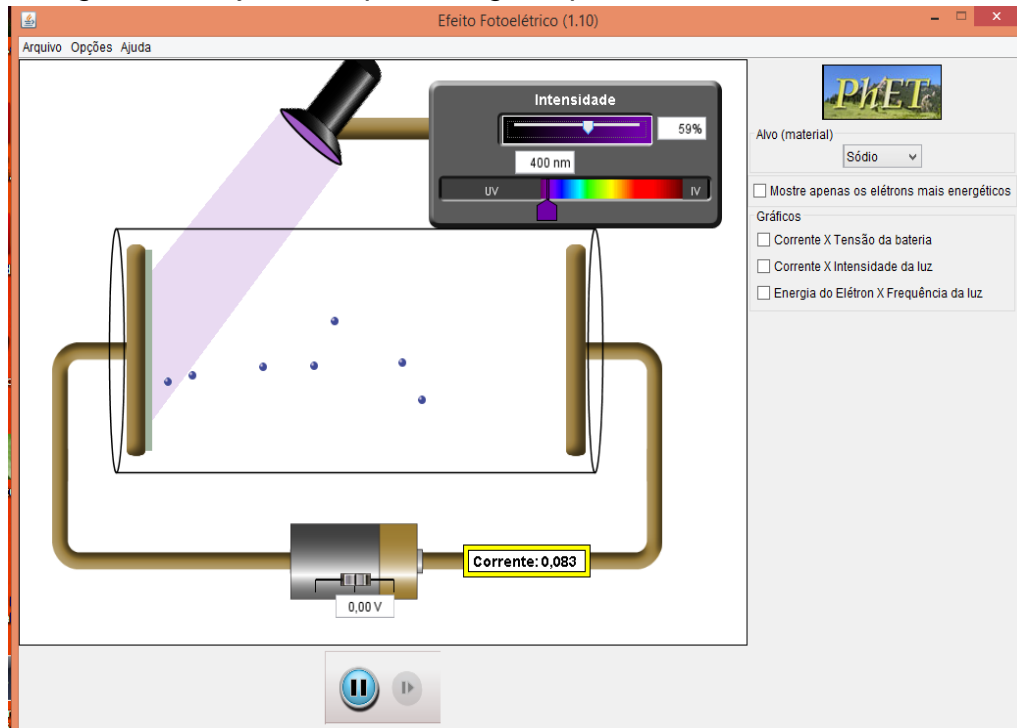
Os vídeos utilizados na primeira etapa foram os já descritos na introdução para tratar sobre o processo histórico-cultural, que explicam sobre algumas propriedades da luz para definir melhor as ideias de dualidade onda-partícula. Outros seis vídeos¹¹ também foram utilizados na última etapa da sequência didática, os quais elucidavam sobre a descoberta da radioatividade; propriedades dos raios de Becquerel; transmutações naturais; energia do núcleo; energia elétrica da fissão e subprodutos nucleares.

A rede social WhatsApp também foi utilizada. Nesse sentido, criamos um grupo intitulado “Química Geral II”, que serviu para realizamos interações sobre os conteúdos abordados em sala de aula, bem como para que pudéssemos repassar informações gerais. A intenção de criar esse grupo foi nos aproximar do contexto sociocultural em que os alunos estavam inseridos, uma vez que todos eles possuíam Smartphones e uma conta no WhatsApp. Cabe ressaltar que a criação desse grupo possibilitou uma maior aproximação entre aluno-professor, aluno-aluno e aluno-OA. O uso dessa ferramenta se deu durante todo o processo de ensino e os alunos ainda a utilizaram, mesmo depois do término da disciplina, para esclarecer dúvidas sobre conteúdos de outras disciplinas.

Um OA sobre o efeito fotoelétrico, ver Figura 2, também foi apresentado em sala de aula e discutido com os estudantes na primeira etapa da sequência didática.

¹¹ Esses vídeos pertencem a uma série didática produzida para a TV educativa pública da província de Ontário, no Canadá, a TVO, em 1985. Sua escolha está relacionada à simplicidade e ao caráter didático na transmissão dos conceitos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rqwKPJ3wluI>.

Figura 2 - Objeto de Aprendizagem que simula o Efeito Fotoelétrico

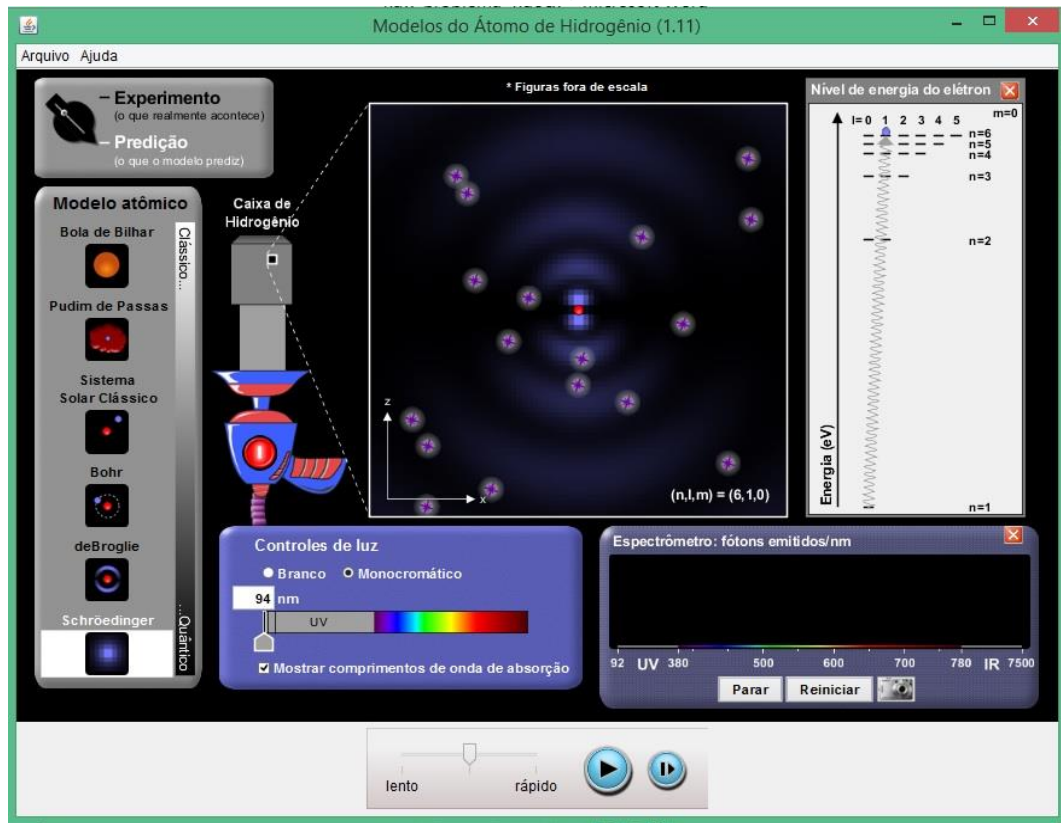


Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

O referido OA simula o experimento do efeito fotoelétrico, apresentando um seletor de intensidade e frequência da luz, representado pelo desenho de uma lanterna na caixa superior direita; duas placas metálicas de sódio, o anodo e o cátodo, no meio da tela; uma fonte de potencial variável positivamente e negativamente e um medidor de corrente, no centro inferior da tela; um botão para pausar o processo, abaixo da fonte de potencial; outras opções para mudar a natureza do metal e mostrar gráficos são apresentadas no canto superior direito da tela.

Para trabalharmos os modelos atômicos, usamos um Objeto de Aprendizagem (OA) que simula o comportamento dos elétrons em um átomo de hidrogênio, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Objeto de Aprendizagem que simula os modelos atômicos para o átomo de hidrogênio



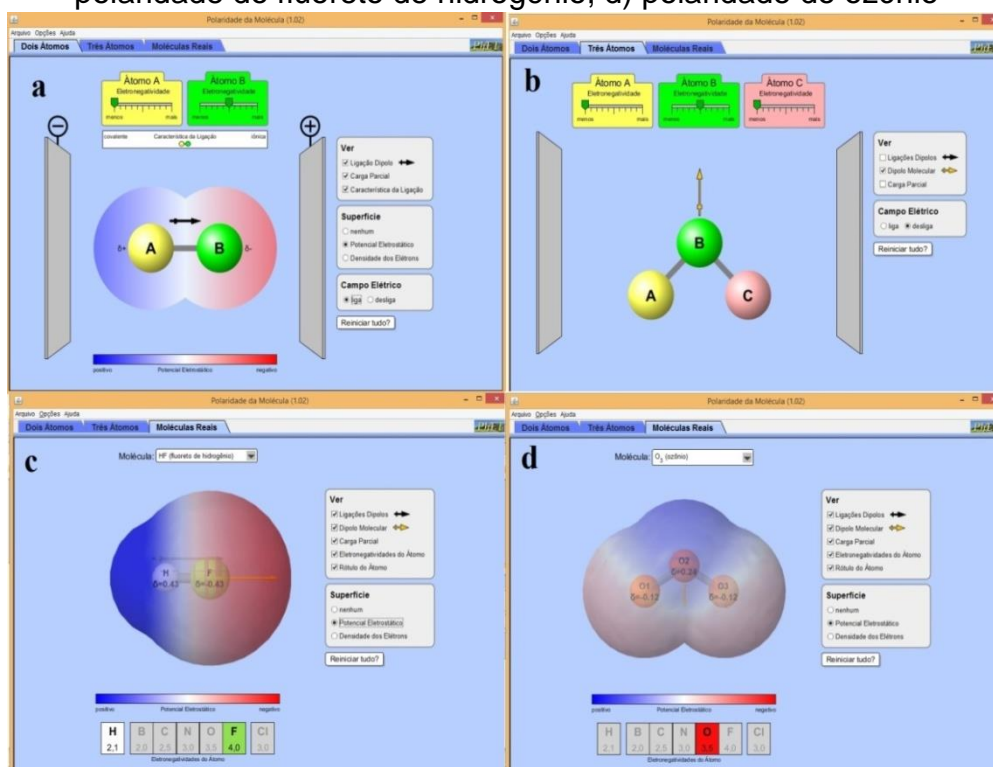
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

O OA apresenta, no canto superior esquerdo, um botão que permite o usuário mudar para o “modo experimental”, mostrando o que realmente acontece, e para o “modo de predição”, mostrando o que o modelo produz. O interessante é que, no modo experimental, aparece uma interrogação no centro da tela, informando que nada pode ser representado e o máximo que se pode fazer é prever o que está acontecendo. Logo abaixo desse botão, são apresentados os modelos atômicos no qual o usuário pode escolher qual modelo quer observar o comportamento, o qual é simulado no centro da tela, quando os elétrons são excitados por fótons gerados por um canhão de fótons. Acoplado ao canhão de fótons, temos um controle de luz que vai do comprimento de onda UV até o visível em todas as faixas, permitindo a visualização dos comprimentos de onda de absorção. No canto superior direito, podemos observar a transição dos níveis de energia, quando os elétrons são excitados. Os níveis de energia só estão presentes no modelo de Bohr, De Broglie e Schrödinger. Um espectrômetro que analisa os fótons emitidos é apresentado no canto inferior esquerdo e permite ao usuário observar as linhas espectrais de

emissão do átomo de hidrogênio. Todos os processos podem ser inicializados, pausados e acelerados por meio do botão que se encontra no centro inferior.

Na segunda etapa da sequência didática, trabalhamos com as propriedades periódicas, ligações Químicas e a geometria das moléculas, e utilizamos alguns OA para tratar o tema. A figura 4 mostra o OA que versa sobre a polaridade das moléculas, por meio do qual se pode trabalhar com dois e três átomos e moléculas, bastando mudar a opção nas abas que se encontram no canto superior direito com seus respectivos nomes.

Figura 4 - Objeto de Aprendizagem que simula a polaridade das moléculas. a) polaridade de dois átomos genéricos; b) polaridade de três átomos genéricos; c) polaridade do fluoreto de hidrogênio; d) polaridade do ozônio



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

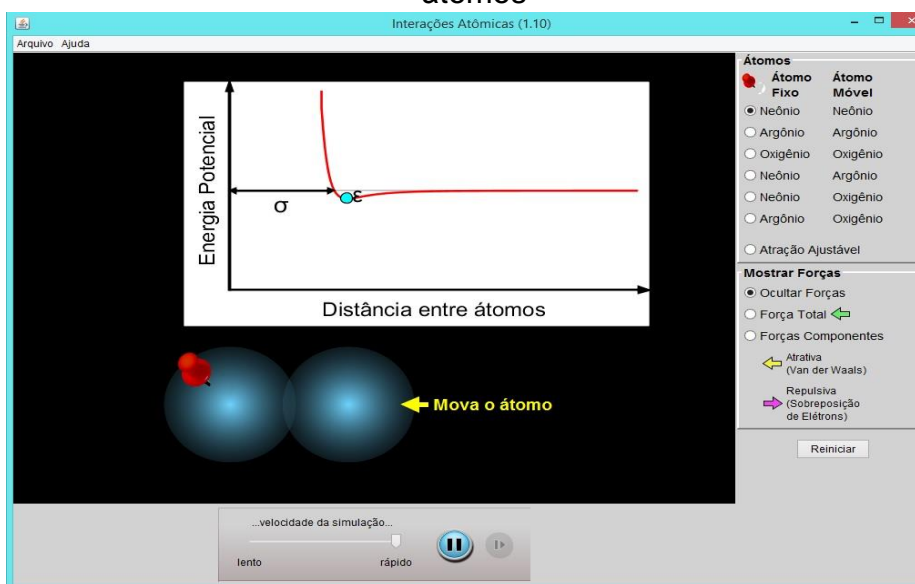
Na Figura 4a e 4b estão representados os átomos na parte central da tela do OA, que estão entre duas placas metálicas carregadas eletricamente e gerando um campo elétrico. No canto direito, são apresentadas algumas opções de visualização da ligação de dipolo, carga parcial, características da ligação, superfície e a opção para ligar ou desligar o campo elétrico. Alterando a eletronegatividade de qualquer um dos átomos nas janelas do canto superior esquerdo, é possível observar o comportamento dos átomos na presença ou não do campo elétrico,

verificando assim o sentido do dipolo e as cargas de cada átomo. Além disso, é possível movimentar os átomos separadamente, em duas dimensões, sem romper com a ligação e visualizar o que acontece.

As Figura 4c e 4d apresentam uma molécula de fluoreto de hidrogênio (HF) e Ozônio (O₃), respectivamente. Outras moléculas também podem ser selecionadas no centro superior da tela, mas não temos a opção de trabalhar com o campo elétrico, já que cada átomo possui um valor característico de eletronegatividade que também pode ser visualizado. Existem várias opções de visualização no canto direito e a molécula pode ser movimentada pelo mouse nas três dimensões.

O OA que trata sobre as interações atômicas, ou seja, como os átomos interagem para formar a ligação, é exposto na Figura 5. Nele é possível observar um gráfico da Energia potencial *versus* distância entre os átomos, mostrando que a ligação Química irá se formar quando a energia potencial for mínima a uma certa distância entre os átomos.

Figura 5 - Objeto de Aprendizagem que simula a interação atômica entre dois átomos com o respectivo gráfico da energia potencial *versus* distância entre os átomos



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

Dessa forma, é possível movimentar o átomo localizado no lado direito na parte inferior da tela, soltá-lo e esperar que ele seja atraído pelo átomo fixo esquerdo, onde o gráfico é apresentado ao usuário. Ademais, podem-se visualizar as forças totais e as forças componentes (canto inferior direito). Outros átomos

também podem ser selecionados no canto superior direito. Todo o processo pode ser acelerado e pausado por meio do botão que se encontra no centro inferior da tela.

Para trabalharmos a geometria espacial das moléculas, que às vezes é difícil de ser compreendida pelos alunos, devido às figuras serem apresentadas em duas dimensões nos livros didáticos, utilizamos um OA que mostra a forma da molécula em três dimensões, ver Figura 6.

A Figura 6 possui duas abas com as opções "Modelo" e "Molécula real" no canto superior direito. Na opção "Modelo" (Figura 6a), é possível visualizar uma molécula genérica que pode ser movimentada nas três dimensões pelo mouse. Além disso, é possível verificar a geometria molecular e o elétron no canto inferior esquerdo da tela e modificar o número de ligações e adicionar pares isolados de elétrons no canto superior direito da tela. O usuário também tem a opção de visualizar os ângulos de ligação da molécula logo abaixo da opção de adicionar os pares isolados.

Na aba "Molécula real", mostrada na Figura 6b, é possível visualizar todos os efeitos anteriores, mas com a opção de escolher a molécula no canto superior direito. Nessa opção, ainda é possível observar os ângulos de ligação no modelo que os definiu e os ângulos reais medidos experimentalmente. O referido OA possui a intenção de relacionar a possível geometria das moléculas com a quantidade de ligações e pares de elétrons livres.

Figura 6 - Objeto de Aprendizagem que simula a forma geométrica da molécula. a) modelo que pode ser manipulado; b) molécula real de acordo com o modelo e outro de acordo com os resultados experimentais

The image displays two screenshots of the PhET 'Forma da molécula' (Molecular Shape) simulation interface. Both screenshots show a central purple atom with three white atoms and one lone pair, with bond angles of 109.5° and 120.0° respectively.

Screenshot a) shows a central purple atom with three white atoms and one lone pair. The bond angles are labeled as 109,5°. The interface includes a 'Vínculo' (Bond) section with three types of bonds (single, double, triple) and a 'Par solitário' (Lone pair) section with one type of lone pair. The 'Opções' (Options) section has checkboxes for 'Mostrar pares solitários' (Show lone pairs) and 'Mostrar ângulos de vínculo' (Show bond angles). The 'Nome' (Name) section has checkboxes for 'Geometria molecular' (Molecular geometry) and 'Geometria do elétron' (Electron geometry), with 'Piramidal trigonal' (Trigonal pyramidal) and 'Tetraédrico' (Tetrahedral) selected.

Screenshot b) shows a central purple atom with two white atoms and one lone pair. The bond angle is labeled as 120,0°. The interface includes a 'Molécula' (Molecule) section with a dropdown menu showing 'SO₂'. The 'Opções' (Options) section has checkboxes for 'Mostrar pares solitários' (Show lone pairs) and 'Mostrar ângulos de vínculo' (Show bond angles). The 'Nome' (Name) section has checkboxes for 'Geometria molecular' (Molecular geometry) and 'Geometria do elétron' (Electron geometry), with 'Dobrada' (Bent) and 'Planar trigonal' (Trigonal planar) selected.

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

4.1.4.3 Os slides e o material impresso

Durante toda a sequência didática, nas três etapas, usamos os slides que o professor responsável pela disciplina produziu e também os utilizava em suas aulas. A intenção foi criar uma sequência didática, mas sem desconsiderar o material que o professor utilizava e que já era de conhecimento dos alunos. No entanto, não utilizamos a mesma ordem de apresentação dos conteúdos que estava nos slides. Inicialmente, trabalhamos com os conceitos referentes à luz, por meio dos vídeos, pois acreditávamos que tais conceitos serviriam de introdução para compreensão dos demais temas.

Além dos slides do professor, também disponibilizamos outros slides¹² para os alunos, que só utilizamos após tratar sobre os conceitos da luz, visto que, na maioria desses materiais, começa-se o estudo do átomo pela matéria e os estudos da luz são abordados para explicar melhor o modelo de Bohr. É importante lembrar que foi o estudo da luz que trouxe grande repercussão para o estudo da matéria a nível quântico, assim como é abordado na maioria dos livros de Física do ensino superior.

Os últimos slides citados foram trabalhados apenas na primeira etapa da sequência didática, pois diziam respeito aos conceitos referentes aos modelos atômicos. Esses materiais serviram de grande apoio para os alunos no que tange aos aspectos históricos dos conceitos estudados, além de se constituírem em uma ótima ajuda nos estudos que os alunos realizavam em casa. Procuramos não nos atrelar tanto na leitura e exposição dos slides em sala de aula; por várias vezes comentávamos os conteúdos neles apresentados, priorizamos principalmente o debate que ocorria após os comentários do pesquisador.

Como os postulados do efeito fotoelétrico enfatizados por Einstein tiveram grande importância na constituição da mecânica quântica e os vídeos o explanaram de forma sucinta, foi enviado aos alunos um material de apoio impresso – notas de aula de um professor de física da mesma Universidade – para que pudessem ter maiores esclarecimentos. O conteúdo foi trabalhado com o OA que trata do efeito fotoelétrico.

¹² Disponível pelo próprio autor em: <http://pt.slideshare.net/MarioTimotius/modelos-atmicos-5-modelo-atmico-quntico>.

Outro material impresso foi utilizado para auxiliar os alunos em seus estudos. Tal material se tratava dos capítulos 7, 8 e 9 do livro "Química: matéria e suas transformações" (BRADY, RUSSELL & HOLUM, 2002) e uma parte do capítulo 6 do livro "Química - Estrutura e Dinâmica" (SPENCE, BODNER & RICKARD, 2007) que trata sobre as propriedades das cores. O capítulo 7, de Brady, Russell e Holum (2002), e o capítulo 6, de Spencer, Bodner, Rickard (2007), foram utilizados para trabalhar na primeira etapa da sequência didática e os capítulos 8 e 9 na segunda etapa da sequência didática. Existiam outros livros de Química Geral na biblioteca, todavia optamos por trabalhar com esses porque eles contemplavam com alguns detalhes os conteúdos versados nesta pesquisa, assim como apontou uma revisão de vários livros de Química Geral realizada por Niaz e Fernandes (2008). Além destes, utilizamos parte do capítulo 10 do livro de Mahan & Myers (1995) para discutirmos as equações de Schrödinger com os alunos.

Como na primeira etapa da sequência didática estávamos interessados em como os alunos produziam os significados do modelo quântico, construímos quatro listas de exercícios (Apêndice B, C, D e E) para analisarmos o domínio das ferramentas socioculturais, do conteúdo e da linguagem científica. Envolve-nos com mais cautela na elaboração do material da primeira etapa, visto que a análise da pesquisa seria pautada em como os alunos produziram significados dos conceitos presentes nela. Além disso, na perspectiva de novos trabalhos, a análise das aulas da primeira etapa será determinante para traçar um caminho mais coeso para a análise profunda das demais etapas em razão de ser a base conceitual da Química.

Um exercício (Apêndice F) foi utilizado na segunda etapa da sequência didática, tratando das propriedades periódicas e das ligações químicas. E, na terceira etapa, os alunos responderam uma lista de exercício (Apêndice G) e debateram sobre o conteúdo em forma de seminário.

4.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

4.2.1 Sujeitos da pesquisa

No sistema acadêmico on-line de matrícula, apenas seis alunos se matricularam, como foi informado, mas apenas quatro frequentaram às aulas. O

Professor-pesquisador tentou entrar em contato com os outros dois alunos para se informar se eles ainda cursariam a disciplina. Um deles informou que realizaria o trancamento da matrícula e o outro disse que cursaria a disciplina, mas estava em um evento do PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência) e apresentaria uma declaração justificando sua ausência. Posteriormente, houve, de fato, o trancamento da matrícula por parte do aluno que informou que o faria, porém o outro não compareceu às aulas como havia mencionado ser seu intento.

Apesar de a sequência didática ter sido aplicada no curso de Química modalidade licenciatura, dois sujeitos da pesquisa estavam matriculados no curso de Química modalidade bacharelado. Isso é possível devido às ementas de Química Geral II para o curso nas modalidades licenciatura e bacharelado serem as mesmas. Outro fato interessante é que um dos alunos de bacharelado e outro de licenciatura eram repetentes na disciplina, o primeiro abandonou a disciplina logo no início do semestre anterior, já o segundo informou que, mesmo tendo ficado até o fim da disciplina, faltou a várias aulas. Essa informação não foi coletada logo de início, para não constranger os alunos, de modo que, no decorrer das aulas, eles mesmos informaram ao Professor-pesquisador.

4.2.2 Planejamento da sequência didática

A sequência didática foi planejada a partir da entrevista realizada com o professor (Apêndice H) responsável pela disciplina de Química Geral II, na qual a pesquisa foi realizada. A experiência do docente na disciplina nos permitiu conhecer o ambiente histórico, cultural e institucional de modo geral, sendo possível inserir novos elementos sem alterar radicalmente tal contexto. A principal intenção foi conhecer o ambiente e as dificuldades existentes para planejarmos uma sequência didática que envolvesse os alunos nas interações e produção de significados dos conceitos, o foco central de toda a pesquisa.

A ementa da disciplina fornecida pela coordenação do curso orienta iniciar o estudo do átomo a partir do modelo de Bohr, porém o professor responsável começa pelas leis ponderais e percorre os caminhos evolutivos anteriores ao modelo de Bohr, primando pelo contexto histórico e ressaltando sua importância quanto aos caminhos traçados para o desenvolvimento de teorias atômicas mais atuais. Essa informação teve grande relevância na organização da sequência didática,

permitindo-nos discutir sobre a evolução histórica relacionada aos conceitos de luz e matéria, adentrando mais a fundo em questões socioculturais vigentes na época.

Dessa maneira, fizemos algumas adaptações na organização dos conteúdos apresentados pelo professor responsável, iniciando as discussões a partir da evolução dos conceitos de luz, prosseguindo pelo desenvolvimento de suas propriedades e relacionando a influência desses estudos (paralelos ou não) com o estudo do átomo. Essa abordagem não teve a intenção de descaracterizar o planejamento do professor, pois até utilizamos seu material como apoio, uma vez que já era bem recepcionado pelos alunos egressos e ingressos.

Uma das principais intenções foi proporcionar condições para que os alunos entendessem o processo de construção das teorias e modelos e pudessem enxergar a ciência como atividade humana e falível e não como uma verdade absoluta. Além disso, pudemos debater e dialogar sobre questões polêmicas do início do século XX, como a dualidade onda-partícula, que ainda hoje “atormenta” muitos alunos, principalmente em cursos introdutórios de Química, nos quais o aluno está carregado de concepções a respeito do átomo baseadas na mecânica clássica.

O aporte histórico-cultural ao qual demos ênfase na sequência didática também estava baseado na revisão da literatura para o levantamento da problemática de pesquisa e tal busca foi influenciada pelo referencial teórico da Teoria da Ação Mediada de Wertsch (1991^a; 1991b;1998), que objetiva entender a ação mental frente as questões históricas, culturais e institucionais. E mesmo que essas abordagens socioculturais não sejam tão recentes, elas fazem parte das discussões no ambiente institucional, pois influenciaram no desenvolvimento da ciência e tecnologia por estarem anexadas à história e à cultura vigentes em sala de aula (GIORDAN, 2008).

Como esperávamos trabalhar apenas com alunos na modalidade licenciatura, para a qual a disciplina estava sendo oferecida, questionamos o professor sobre a relevância da teoria quântica tanto para os licenciandos como para os bacharelados em Química. O docente respondeu que a importância se dava para todos os profissionais de Química de modo geral. Como os alunos da modalidade bacharelado se inscreveram na disciplina, a resposta do professor viabilizou tratarmos com mais ênfase esse assunto, tanto nas abordagens voltadas para o ensino como para a pesquisa, atendendo ao interesse das duas modalidades. Além disso, o professor nos informou, com destaque, que esta é a única disciplina

do curso que trata com mais peculiaridades sobre o modelo quântico, reforçando nossa ideia de trabalharmos frente à produção de significado dos conceitos de números quânticos, formas dos orbitais e as transições eletrônicas para melhor compreensão dos temas subsequentes e as relações com as novas tecnologias.

Diante da relevância que a disciplina possui para o estudante de Química dessa Universidade, pois aborda conceitos estruturais para o estudo de outros temas, questionamos o professor sobre as principais dificuldades que ele enfrentava ao ministrar os conteúdos aos alunos, com o propósito de analisarmos cuidadosamente aquele contexto e inserirmos os OA como ferramentas mediadoras no estudo dos conceitos. A principal dificuldade apontada se insere no campo motivacional dos alunos, apesar do professor priorizar o diálogo em sala e se esforçar para ministrar aulas diferenciadas com o uso de vídeos.

De posse dessas informações, procuramos acrescentar à sequência didática uma ferramenta sociocultural que estivesse inserida no contexto Cotidiano dos alunos e nos permitisse uma maior aproximação. Sendo assim, como todos os alunos possuíam Smartphones e uma conta na rede social WhatsApp, criamos o grupo “Química Geral II” para dialogarmos sobre os conteúdos e transmitir informações gerais. Além disso, sempre procurávamos notícias, filmes e livros que despertassem o interesse dos alunos, como, por exemplo: a computação quântica, o filme “Interestelar” e o livro “Alice no país do quantum”.

O uso dessas ferramentas culturais e o diálogo sempre presente nas discussões do tema, segundo Wertsch (1991a, 1991b, 1998), cria uma tensão irreduzível entre os agentes e tais ferramentas, tornando-se viável falarmos de indivíduos-agindo-com-ferramentas-socioculturais e não do indivíduo ou ferramenta isoladamente. Dessa maneira, observamos que poderíamos manter a continuidade da atividade e analisar como ocorria a produção de significados dos conceitos pelos alunos.

Partindo da revisão da literatura no levantamento da problemática, supomos, inicialmente, que os alunos tivessem dificuldades em aceitar o modelo atômico quântico para explicar fenômenos submicroscópicos e continuavam a usar modelos clássicos para tal fim. Para realizarmos esse levantamento, precisávamos criar um questionário para analisar as concepções espontâneas dos alunos e procurar entender qual o valor apreciativo que os estudantes, ao longo dos anos,

naquele contexto de ensino, ofereciam ao modelo atômico mais vigente nos livros de ensino médio, o de Bohr.

Carmo, Marcondes e Martonano (2010) salientam a importância das ideias prévias dos estudantes como fundamentais no planejamento e gerenciamento das demais etapas da aula, uma vez que intervenções pedagógicas mais favoráveis podem ser inseridas. A resposta do professor responsável pela disciplina, informando que os alunos possuíam resistência em aceitar o modelo quântico e continuavam usando modelos clássicos para representar os fenômenos submicroscópicos, ajudou-nos a perceber a dificuldade antes citada para elaborarmos um questionário que orientasse melhor nossa sequência didática.

Ademais, Mortimer e Scott (2002) discutem que as concepções espontâneas ou ideias prévias dos alunos, anteriores ao processo de ensino, precisam ser tratadas como negociação de novos significados e não descaracterizadas absolutamente em função dos conceitos científicos. Diante disso, nossa tarefa foi apresentar com clareza os objetivos pretendidos pela Química ao usar um mesmo conceito para explicar diversos fenômenos e observar como os alunos produziam os significados no uso dos conceitos, sem descaracterizar as teorias anteriores ao classificá-las como sendo equivocadas.

O questionário não serviu ao propósito de levantar todas as concepções iniciais dos alunos a respeito do tema, pois isso seria improvável. Porém, o diálogo do Professor-pesquisador na abordagem inicial dos temas permitiu um mapeamento mais amplo e abriu espaço para inserir materiais de apoio, tais como textos, slides, dentre outros, por meio dos quais foi possível discutir as experiências anteriores vivenciadas pelos alunos em sala de aula com os novos temas propostos.

Preocupados com o nível matemático implícito no modelo atômico atual e de interesse desta pesquisa, adotamos o mesmo livro (MAHAN, 1995) que o professor responsável pela disciplina adotava em suas aulas, além do auxílio de outros materiais para discutirmos em duas aulas teóricas as equações matemáticas de Schrödinger. Durante as aulas, também demos apreço à partícula na caixa e a relacionamos com as figuras dos orbitais apresentadas pelo OA que trata sobre os modelos atômicos. Atentamos-nos, assim como o professor, a não exigir um nível matemático avançado por parte dos alunos, mas apenas que pudessem entender o formalismo a nível conceitual e que tomassem os devidos cuidados ao representar o orbital como um observável físico e bem delimitado em suas bordas. Ademais, tais

abordagens tornaram possível relatar a importância dos números quânticos e das transições eletrônicas, que serão discutidos em mais detalhes nos capítulos seguintes.

Após explorarmos o formalismo matemático da equação de Schrödinger nas duas aulas expositivas, debatemos sobre as formas dos orbitais por meio do OA que simulava o comportamento dos modelos atômicos, para só depois discutirmos ligações químicas (com o uso dos OA que tratam do tema e materiais impresso) e relacionarmos com essas imagens. A decisão inicial foi tomada a partir da entrevista com o professor e reforçada durante a sequência didática, tendo em vista que, no decorrer da disciplina, estávamos enfatizando o aspecto visual relacionado às equações.

Nos próximos capítulos apresentamos os detalhes desta pesquisa e a intenção de cada aula da primeira etapa da sequência didática¹³ para que se tornem compreensíveis os caminhos que traçamos na análise da unidade fundamental deste estudo, ou seja, a produção de significados dos conceitos do modelo atômico quântico à luz da Teoria da Ação Mediada. No próximo subtópico, explanamos sobre o modelo topológico de ensino de Giordan (2008) utilizado para organizar o mapa de aulas que orientou o decorrer das análises e, nos subtópicos seguintes, apresentamos os instrumentos de coletas, a seleção e o tratamento desses dados.

4.2.3 O modelo topológico de ensino

A organização dos dados foi pautada no modelo topológico de ensino desenvolvido por Giordan (2008). Partindo da Teoria da Ação Mediada, Giordan (2008) resignifica o pentagrama de análise da ação humana proposta por Kenneth Burke, ver Tabela 1, para viabilizar o estudo da ação humana mediada por ferramentas culturais na sala de aula. É nessa perspectiva que o enfoque da ação mediada passa a considerar a tensão *agentes-agindo-com-ferramentas-culturais* como unidade de análise para investigar a ação dentro do contexto cultural e institucional.

¹³ Como informado anteriormente, a pesquisa foi realizada com as aulas da primeira etapa da sequência didática devido ao fato dos conteúdos de interesse estarem ali inseridos. Na perspectiva de novos trabalhos, as demais etapas serão analisadas.

Tabela 1 - Pentagrama das telas terminísticas da ação humana

Elemento	Pergunta	Natureza da pergunta
Ato	O que foi feito	Ontológica
Propósito	Por que foi feito	Ontológica
Agente	Quem fez	Metodológica
Agência	Como ele fez	Metodológica
Cena	Quando e onde foi feito	Metodológica

Fonte: Giordan (2008, p.288) apud Burke (1969, p.xv, 1973, p.68).

Considerando o cotidiano da sala de aula para organizar e planejar as aulas, esse modelo propõe três eixos organizadores do ensino (GIORDAN, 2008):

- Atividades estruturadas de ensino: possibilitam as interações entre alunos e professores, os chamados agentes da ação, e também orientam o propósito da atividade e o ato;
- Conceito: são como ferramentas culturais utilizadas pelos alunos para promover a ampliação das esferas de comunicação de maneira a se apropriarem das formas de pensamento da ciência em cenário convenientemente construído através das ações mediadas na sala de aula;
- Tema: aproxima os alunos do ambiente de comunicação e das atividades do meio científico, gerando uma visão de mundo diferente daquelas de seu cotidiano à medida que ocorre o encontro entre as ferramentas culturais aplicadas no cotidiano e aquelas usadas nos cenários construídos na sala de aula.

O modelo topológico de ensino permite desenvolver planos de aula, atividades e sequências inteiras. Giordan (2008, p.291) destaca que, sendo esse modelo fundado na Teoria da Ação Mediada, é preciso observar algumas de suas propriedades na organização do ensino, das quais é destacado:

- contexto e continuidade;
- narrativa e historicidade;
- materialidade;
- mediação.

A ideia de contexto que Giordan discute no modelo topológico está relacionada à comunicação existente entre as pessoas, tendo três pontos em destaque: *mental*, *linguístico* e *situacional*. Essa é uma ideia mais ampliada de contexto e não ligada somente à noção de cotidiano e concretização, como já está enraizado em outros meios. O contexto, sendo tratado dessa maneira, dissolve as amarras do cotidiano e da concretude e permite trabalhar com temas distantes, inicialmente, do dia a dia dos alunos, mas não os nega.

Para examinar o desenvolvimento do contexto, ou seja, a continuidade, Giordan (2008, p.294) retrata que toda ação é orientada pelo contexto e geralmente possui signos que devem ser influenciados e, até mesmo, originados pelo caminho que a constitui, "pois qualquer contexto, seja ele situacional, linguístico, mental, ou ainda a combinação deles, pressupõe a ocorrência de atos de significados anteriores à ação". Dessa maneira, organizamos os dados com prioridade no diálogo e, sempre que possível, recorriamos às falas e às discussões anteriores dos alunos, visto que consideramos que a ação mediada se encontra em um ou mais caminhos evolutivos e o desenvolvimento do aluno, que a princípio supõe um caminho pré-definido e um objetivo final e ideal, iria sofrer mudanças de acordo com o contexto de cada agente.

As ideias de narrativa e historicidade estão relacionadas às circunstâncias históricas do evento ou tema que se está trabalhando em sala de aula, contudo as atividades de ensino devem ir além do valor motivacional que geralmente é conferido à história da Ciência Química. Para Giordan (2008), os acontecimentos da própria sala de aula se relacionam em um sentido histórico próprio e cada situação é organizada em um passado e um futuro característico da sala de aula, onde sofre as transformações produzidas nela.

Os vídeos que utilizamos no início da sequência didática estão relacionados a essa preocupação em tratar do contexto histórico buscando correlações com o contexto atual e com os acontecimentos na sala de aula. Os vídeos utilizados na primeira etapa da sequência didática não foram empregados simplesmente como recurso ilustrativo e informativo, mas, sim, como uma ferramenta que compõe várias abordagens importantes, dentre elas, a influência que a fama de um cientista tem na determinação e aceitação das teorias científicas. As ideias dessas abordagens (nos vídeos) se fizeram presentes no diálogo dos alunos para tratar dos conceitos centrais do trabalho, números quânticos, formas dos

orbitais e transições eletrônicas do modelo atômico atual; o que permitiu selecionar episódios de aulas representativas para nosso estudo.

A continuidade de cada etapa foi conferida às etapas seguintes, pois, sempre que utilizávamos os OA ou o material impresso, recorriamos aos conceitos estudados nas atividades anteriores. Dessa maneira, o engajamento dos alunos se tornava maior, tendo em vista que eles pareciam reconhecer suas aspirações nas atividades e a coerência dessas atividades transferia mais autonomia a eles para dialogar a respeito do tema.

A materialidade da ação mediada, citada por Giordan (2008), está relacionada aos instrumentos e aos dispositivos de pensamento. Nessa perspectiva, os modos de mediação são materiais, ou seja, a materialidade é uma propriedade desses modos, e as propriedades materiais das ferramentas culturais têm implicações importantes para a compreensão de como se desenvolvem as habilidades. Já as locuções ou a fala, embora não seja material, é um instrumento que se expressa em diferentes situações e está vinculada às propriedades materiais dos objetos, pois são mediadas por dispositivos de pensamento (lógico, comparativo, de casualidade) desenvolvidos com base material. No caso dessa sequência didática, as ferramentas culturais e materiais podem ser os OA, os meios de registro, tais como: caneta e papel, os números e os relatórios escritos, e podemos incluir a fala dos alunos e do professor como um meio não físico, mas orientado pelos meios materiais.

As orientações prévias que fizemos sobre o papel e as funções específicas que cada ferramenta possui tiveram como propósito desempenhar a forma como as ações externas e internas dos alunos estavam se estruturando. Giordan (2008, p.300) salienta que "uma das razões para isso é o fato de o professor explicar alguns critérios, ou formas de agir, que dirigem a atenção dos alunos para o propósito da ação". Além disso, o processo de construção de significados é identificado pela apropriação das palavras utilizadas pelos alunos, por isso tivemos a preocupação de analisar o uso dessas palavras ao se manipular as ferramentas, verificando, também, o nível de domínio e apropriação dos conceitos referentes ao modelo quântico do átomo. A apropriação seria o processo de adotar algo para si, como se fosse próprio, sem resistência. O domínio e a apropriação podem ou não se relacionar, em maior ou menor grau. Importa mencionar que a

aplicação dos exercícios ao final de cada tema discutido ajudou-nos a verificar o domínio e a apropriação dos conceitos utilizados pelos alunos.

Em relação à mediação, são os instrumentos que estão entre os sujeitos e o produto das atividades que cumprem o papel de mediadores. Sendo assim, na gênese da Teoria da Ação Mediada, esses instrumentos ou ferramentas culturais estruturam as ações humanas e as determinam com os propósitos daqueles que as realizam, seja entre indivíduos ou no plano mental (externas ou internas). Todavia, na organização do ensino, é por meio da fala que as atividades são estruturadas e executadas em sala de aula pelo professor, mas, como já foi discutido, a fala está vinculada às propriedades materiais. Então, tendo a fala como principal ferramenta cultural, para estruturar as ações, sempre procuramos manter uma interação discursiva na sala de aula, favorecendo as interpretações da simbologia inerente aos temas discutidos na sequência didática.

Nessa perspectiva, de uso da fala e das ferramentas culturais materiais, é que organizamos os dados da sequência didática, corroborando a ideia de Giordan (2008, p. 304) de que "adotar a perspectiva polifônica e polissêmica da fala nos põe diante das reais circunstâncias de produção material e intelectual sem camuflar as tensões entre os sujeitos e entre as instituições, que perpassam o cotidiano escolar".

4.2.4 Coleta dos dados

A coleta de dados foi efetivada, basicamente, a partir da captura de tela, imagem e áudio dos alunos por meio do software Camtasia[®]. Essa técnica é conhecida por captura sincronizada (GIORDAN & GÓIS, 2005) e consiste no registro simultâneo da tela do computador com áudio e das interações dos alunos (também com áudio) durante a manipulação dos OA. Para fazer a coleta de dados pela captura sincronizada, organizamos duas estações de trabalho (notebooks com webcams, microfones e mouse), onde em cada estação ficou uma dupla de alunos (Dupla A e B).

Os registros das conversas via WhatsApp[®], que gerou um arquivo em formato ".txt", permitiu-nos selecionar os trechos de interesse. Os demais dados foram coletados a partir das respostas dos exercícios, das discussões em grupo, dos áudios das aulas gravadas com um smartphone e das notas de campo.

Para um melhor planejamento e orientação da sequência didática, realizamos uma entrevista com o professor responsável pela disciplina, a partir da qual foi possível coletar algumas informações que nos permitiram gerenciar melhor o fluxo das atividades. Algumas dessas informações já faziam parte da rotina de sala de aula, como, por exemplo, a dificuldade de entendimento de conceitos relacionados ao modelo quântico do átomo, assim como relatado anteriormente.

4.2.5 Seleção e tratamento dos dados

A seleção e o tratamento dos dados desta pesquisa são referentes à primeira etapa da sequência didática, que versa sobre o estudo da estrutura do átomo. Nesse sentido, descreveremos os detalhes dos procedimentos adotados para tal fim nas 12 aulas correspondentes.

4.2.5.1 O Estudo da Estrutura do Átomo

A organização dos dados nesta etapa foi dividida em três momentos: (1) mapeamento das aulas, (2) mapeamento das categorias e (3) microanálise. A seguir será descrito cada um desses momentos.

Mapeamento das aulas: todas as aulas gravadas em áudios e vídeos foram escutadas e/ou assistidas, também utilizamos notas de campo da primeira aula e do início da segunda aula que não foram gravadas com o propósito de demarcamos o *Tema*, os *Conceitos* e a *Atividade*, segundo o modelo topológico de ensino proposto por Giordan (2008). A *Atividade* é dividida em: tempo, propósito, formas de interação, materiais utilizados, situacionalidade e descrição da atividade. Este mapeamento nos auxiliou na demarcação das categorias que foram analisadas no segundo momento. O quadro a seguir, que teve como base o trabalho de Posso (2010), demonstra a forma de organização desses dados:

Quadro 2 - Esquema do mapeamento das aulas

SEQUÊNCIA DE AULAS	TEMA	CONCEITO	ATIVIDADE					Descrição da Atividade
			Tempo (h:min:s)	Propósito	Formas de Interação	Materiais utilizados	Situacionalidade	
Número da Aula; Data e meio de coleta (áudio, vídeo e áudio ou nota de campo)	Tema apresentado na aula	Conceitos estudados	Tempo de aula	Propósito da atividade	Tipos de interação que o professor realizou na atividade. Se foi interativa ou não interativa, dialógica ou de autoridade.	Os meios mediacionais utilizados para promover a atividade.	Em qual contexto a atividade foi inserida.	Breve descrição da atividade.

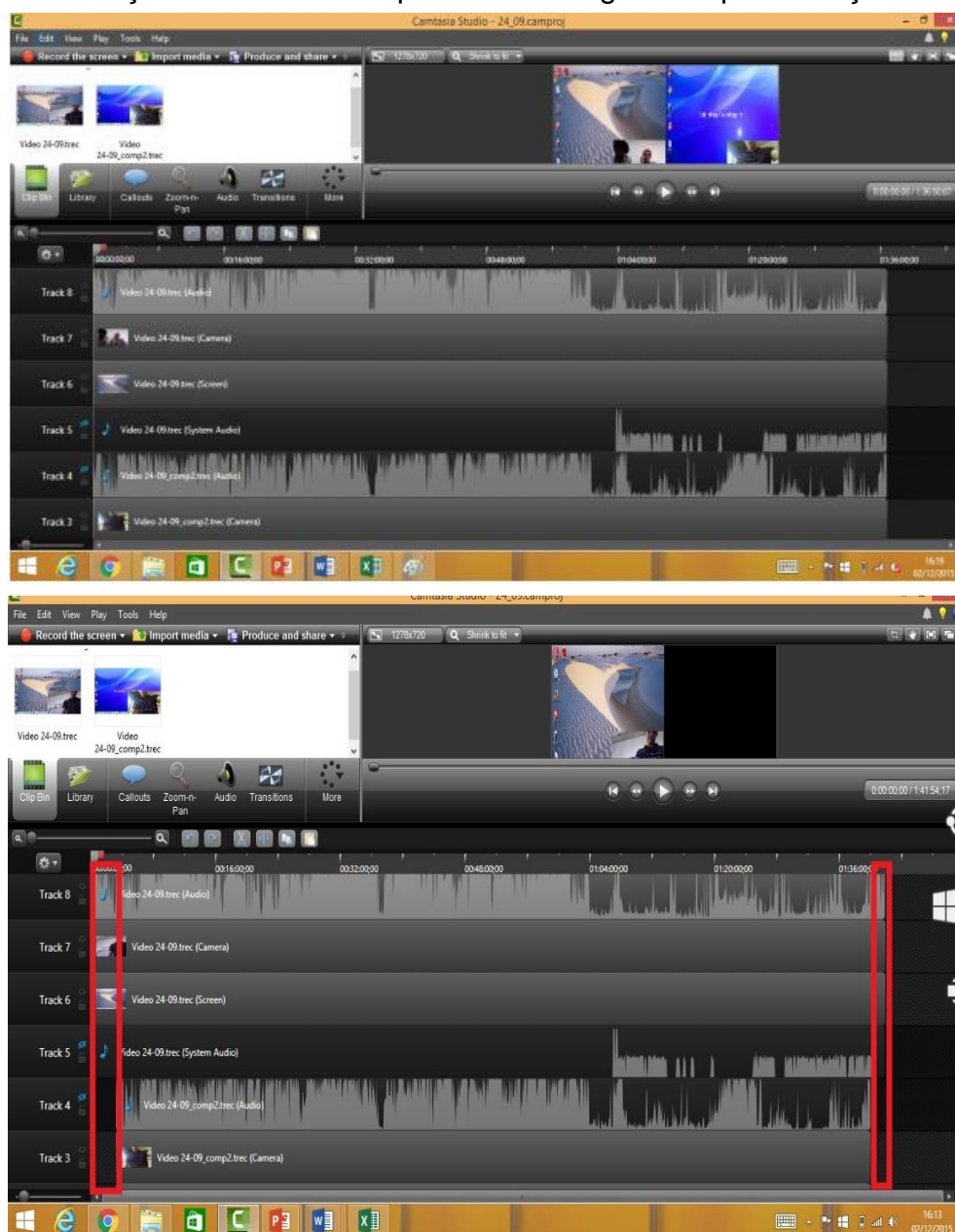
Fonte: elaboração própria.

Mapeamento das categorias: após o mapeamento das aulas, demarcamos as seguintes categorias: *Locutor; Tipo de Discurso; Resolução do Exercício; Abordagem Comunicativa do Professor; Interações; Questionamentos ou Ideias formadas a partir dos OA; Conceitos oriundos do contexto Cotidiano e científico; o uso dos OA para responder a questionamentos ou formar ideias*. Este mapeamento orientou para termos uma visão geral da frequência das categorias analisadas, permitindo, assim, selecionar episódios de aulas para a microanálise. Utilizamos para isso o software MaxQDA[®] da VERBI GmbH, um software profissional para análise de dados qualitativos e métodos mistos de pesquisa, que possibilitou categorizar nos próprios vídeos e áudios em tempo real.

As categorias Locutor, Tipo de Discurso e Abordagem Comunicativa foram adaptadas e tiveram por base os trabalhos de Mortimer et al (2005^a; 2005b) e Silva (2008). O foco dessas pesquisas pautava-se nas estratégias de ensino dos professores. Como nosso trabalho tem por foco o aluno, o interesse nessas categorias teve o propósito de direcionar nosso olhar para os discentes e em como as interações entre eles e o professor eram mantidas durante a aula, bem como sobre qual tipo de discurso era empregado. Posteriormente, na discussão das categorias, apresentaremos os detalhes e a importância de cada uma delas.

Devido às duas estações de trabalho nunca iniciarem a gravação ao mesmo tempo, necessitamos editar os vídeos para que ficassem com o tempo inicial e final semelhantes. A edição foi realizada no próprio Camtasia[®], assim como mostra a Figura 7 abaixo.

Figura 7 - Edição da linha do tempo dos vídeos gerados pela estação de trabalho

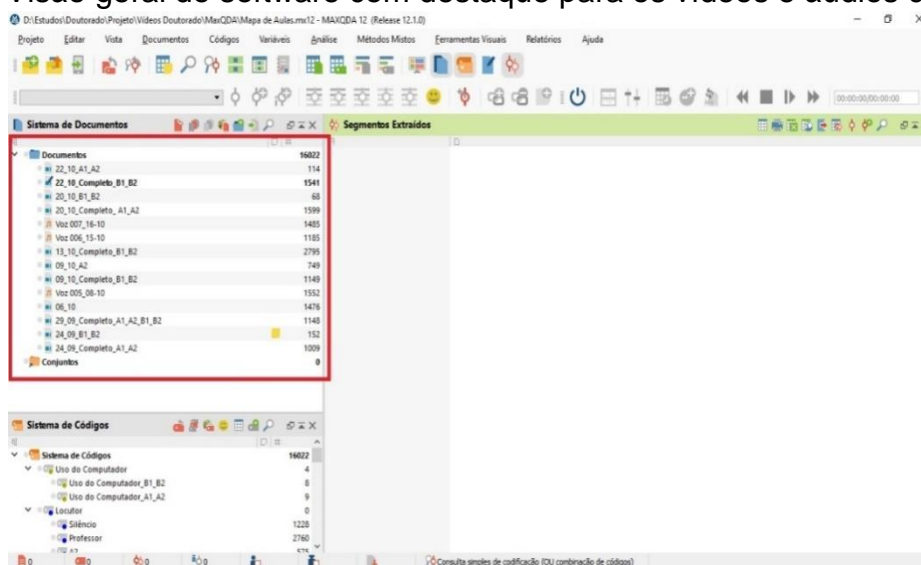


Fonte: Camtasia®.

É importante salientar que as duas gravações foram editadas em apenas um vídeo e as vozes foram sincronizadas para permitir uma visão geral em tempo real do que acontecia nas duas estações de trabalho. Após essa edição, o vídeo era convertido no formato mp4 e enviado para o MaxQDA®. Apenas um áudio dos vídeos era selecionado na edição e, sempre que necessitávamos ouvir o áudio da outra estação de trabalho, gerávamos outro vídeo em formato mp4 com o áudio desta e enviávamos para o MaxQDA® para realizarmos a categorização por estação de trabalho.

A Figura 8 permite ter uma visão geral do software e destaca as aulas em formato mp4 que foram importadas, as quais estão marcadas com as respectivas datas.

Figura 8 - Visão geral do software com destaque para os vídeos e áudios codificados



Fonte: MaxQDA®.

As aulas que estão repetidas são aquelas em que houve a necessidade de importar com o áudio específico de sua estação de trabalho. Dessa maneira, foram nomeadas com a respectiva dupla que usava o computador. A Figura 9 mostra as categorias criadas no MaxQDA® e suas subcategorias, e a Figura 10 apresenta a linha do tempo codificada com essas categorias.

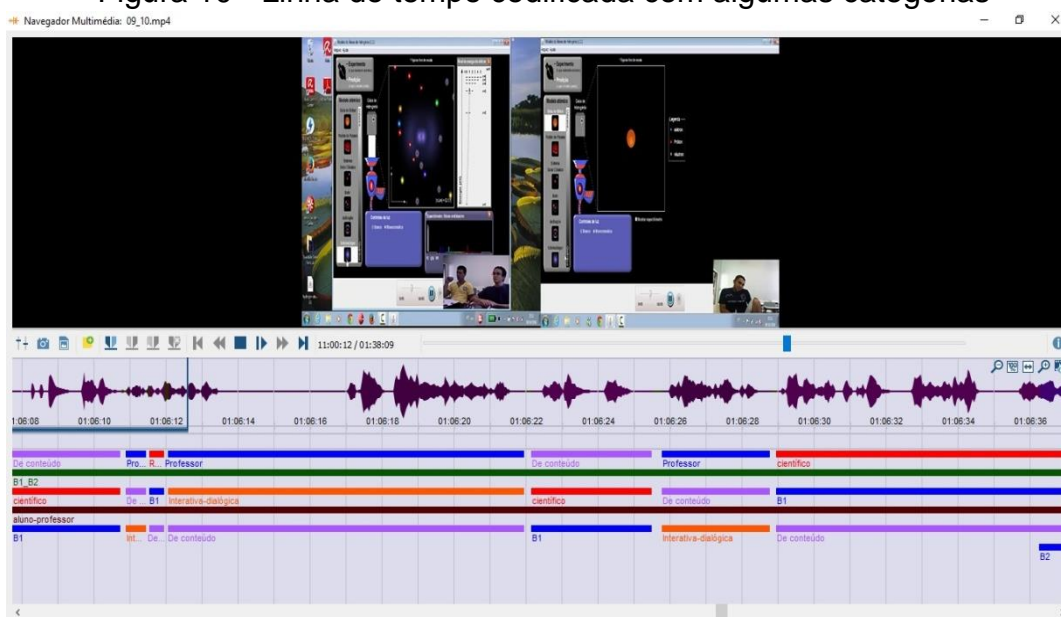
Figura 9 - Sistema de códigos com as categorias e suas subcategorias

MAXQDA12

Categoria	Contagem
Sistema de Códigos	16022
> Uso do Computador	21
> Locutor	0
> Silêncio	1228
> Professor	2760
> A2	575
> A1	429
> B1	906
> B2	309
> Tipos de discurso	0
> org/manejo de sala	124
> Outros	565
> De agenda	706
> Descontração	343
> De conteúdo	3224
> Res. Exercício	0
> Leitura ou Escrita	260
> Leitura ou Escrita A1_A2	69
> A1_A2	13
> B1_B2	8
> Abordagem Comunicativa	0
> Interativa-dialógica	252
> Interativa-de autoridade	1020
> Não interativa-de autoridade	665
> Não interativa-dialógica	19
> Interações	0
> dupla-dupla	62
> aluno-aluno	229
> aluno-professor	330
> aluno-OA	486
> OA- questionamentos ou Ideias	0
> Reportagens	8
> Whatsapp	3
> Simuladores	1
> Vídeos	28
> Conceitos do Contexto	0
> cotidiano	71
> científico	731

Fonte: MaxQDA®.

Figura 10 - Linha do tempo codificada com algumas categorias



Fonte: MaxQDA®.

Para a categorização, os vídeos e/ou áudios foram ouvidos duas vezes, a primeira codificação correspondeu ao Locutor e Tipo de Discurso. Essas categorias foram codificadas primeiro porque eram de cunho geral e pelo fato de que as demais seriam codificadas apenas no Tipo de Discurso de Conteúdo, que é de interesse desta pesquisa. Sendo assim, as aulas foram ouvidas novamente para a codificação das demais categorias.

Após a categorização, o próprio software possuía a opção de gerar uma planilha em Excel com as categorias selecionadas, havendo ainda a possibilidade de cruzamento de dados. Sendo assim, os dados da planilha gerada pelo MaxQDA® foram somados e exportados para uma nova planilha em Excel, na qual realizamos a sistematização desses dados para a construção dos gráficos. Os gráficos serão apresentados e comentados nos próximos tópicos. Além disso, os valores numéricos e detalhados desses gráficos podem ser encontrados na tabela presente no Apêndice J.

Microanálise: Categorizadas todas as aulas, foi possível identificar aquelas que foram mais representativas nas discussões que estavam direcionadas aos conceitos de interesse desta pesquisa. A partir disso, selecionamos as aulas 7,8,11 e 12 para esta etapa da microanálise. Duas destas aulas, 7 e 12, correspondiam à resolução de exercícios, de modo que foram analisadas as respostas escritas de tais exercícios. Nas aulas 8 e 11, selecionamos alguns episódios de aula que foram transcritos e analisados com o aporte teórico da Teoria da Ação Mediada, com o olhar voltado para os enunciados e o gêneros discursivos da ciências nos momentos de interação, seja entre aluno-aluno, aluno-professor ou aluno-ferramenta sociocultural.

Cumpramos ressaltar que alguns episódios selecionados nas aulas 8 e 11, bem como as questões do exercício 7, versavam sobre os modelos atômicos mais próximos do modelo quântico, pois para identificarmos como os alunos produziram os significados dos conceitos de números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas, necessitávamos analisar com certa cautela conceitos-chave anteriores. Tornar-se-ia inviável selecionar apenas as aulas em que os conceitos de interesse foram abordados, visto que esses foram construídos durante o processo e nosso objetivo pautava-se em analisar como os conceitos eram significados.

O quadro abaixo apresenta as conversões das transcrições que foram utilizadas.

Quadro 3 - conversões das transcrições

Ocorrência	Sinais	Descrição das ocorrências	Exemplificação
Indicação dos falantes	P, A1, A2, B1, B2.	os falantes são indicados em linha, com letras e números.	P, A1, A2, B1, B2.
Pausas e silêncios	(+) ou (2.5)	Para pausas pequenas sugere-se um sinal + para pausas menores que 1 minuto. Pausas em mais de 1.0 minutos, cronometradas, indica-se o tempo .	A2: eu acho que naquela parte de átomos isolados (+) eles sofrem repulsão mútua.
Ênfase	MAIÚSCULAS	Sílaba ou palavras pronunciada com ênfase ou acento mais forte que o habitual.	P: E AI pessoal?
Alongamento de vogal	: (pequeno) :: (médio) ::: (grande)	Para alongamentos curtos, médios e longos.	B1: eu não tô querendo é dizer que é: o eu fico até:: o :tempo todo.
Silabação	-	Quando ocorre silabação das palavras.	A2: á-átomo.
Superposição de vozes	[É uma interrupção que ocorre num dado ponto do turno do locutor. A interrupção pode dá início a outro turno também.	P: E eles não são indivisíveis também [Ela A1: fala que não são indivisíveis. P: A teoria de ligações químicas já não diz basicamente o que esse postulado diz.
Simultaneidade de vozes	[[Usam-se colchetes para dois falantes iniciam ao mesmo tempo um turno.	A1: [[o elétron é uma onda A2: [[o elétron é uma partícula
Indicação de transição parcial ou de eliminação.	... ou /.../	O uso de reticências no início e no final de uma transcrição indica que se está transcrevendo apenas um trecho. Reticências entre duas barras indicam um corte na produção de alguém.	A1: /.../ por exemplo (+) a gente tava falando em desajuste, (+) EU particularmenete acho tudo na vida relativo, (1.8) TUDO TUDO TUDO (++) tem um que sã::o ...
Comentários ou explicação do analista	(())	Usa-se essa marcação no local da ocorrência ou imediatamente antes do segmento a que se refere, e para explicar o que está ocorrendo em um diálogo.	((ri)), ((baixa o tom de voz)), ((tossindo)), ((fala nervosamente)), ((apresenta-se para falar)), ((gesticula pedindo a palavra)), ((inaudível))./
Truncamentos Bruscos	/	Quando o falante corta a unidade pôde-se marcar o fato com uma barra. Esse sinal também pode ser utilizado quando alguém é bruscamente cortado pelo interlocutor.	B1: Professor, isso ai, ele, ele/ não era conhecido desde a Grécia?
Pausa preenchida, hesitação ou sinais de atenção		Usam-se reproduções de sons cuja grafia é muito discutida, mas alguns estão mais ou menos claros.	eh, ah, oh. ih:::, mhm, ahã, dentre outros

Fonte: Marcuschi (1986).

Interessa esclarecer que a transcrição dos episódios foi orientada pelos trabalhos de Marcuschi (1986), feitas algumas adaptações devido ao interesse do nosso trabalho.

Portanto, entendendo que a primeira etapa seria a mais minuciosa por estarmos inserindo novas ferramentas culturais, sendo algumas os AO, e dando início ao desenvolvimento de um espaço sociocultural de aprendizagem, descentralizando a figura do aluno como tábula rasa de conhecimento, procuramos não apenas apresentar a produção de significados dos conceitos estudados sobre o assunto, mas também tratar sobre as dificuldades e concepções prévias dos alunos nessa tarefa.

No capítulo subsequente, abordaremos sobre a análise da primeira etapa desta pesquisa. Dessa forma, abordaremos a análise do mapa de aulas e dos gráficos produzidos pelo mapa de categorias, bem como faremos uma microanálise das aulas representativas.

5 ESTUDO DA ESTRUTURA DO ÁTOMO: INVESTIGANDO A PRODUÇÃO DE SIGNIFICADOS

O presente capítulo é referente à primeira etapa da sequência didática desta pesquisa, onde descrevemos e analisamos o processo de ensino que possibilitou delinear os caminhos até os objetivos pretendidos. Em um primeiro momento, mapeamos todas as aulas desta etapa para identificarmos, de modo geral, a importância que cada uma delas teve para: a caracterização das interações ocorridas em sala de aula, seja entre os indivíduos ou com as ferramentas culturais; o engajamento dos alunos em cada atividade, tendo em vista o contexto histórico, cultural e institucional em que já estavam inseridos; o valor apreciativo que era dado as ferramentas socioculturais para produzir os significados dos conceitos e a identificação e a apropriação do gênero discursivo da ciência em relação ao discurso cotidiano.

É importante salientar que o mapeamento das aulas não tem o objetivo de analisar detalhadamente o que foi exposto acima, mas apenas apresentar o propósito de cada aula e como ela contribuiu na demarcação dos momentos citados. Essa demarcação ajudou a traçar as categorias que permitiram verificar e quantificar alguns momentos importantes para que as aulas representativas pudessem ser compreendidas da melhor maneira pela microanálise pautada na Teoria da Ação Mediada, em que aprofundamos a análise da produção dos significados dos números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas em nível de domínio na busca da apropriação.

Entendemos que a produção dos significados dos conceitos que buscamos analisar é um processo longo e contínuo, por isso os caminhos percorridos na sequência didática também precisam ser analisados para clarear os modos de domínio e apropriação desses conceitos. O capítulo segue com as discussões e análise do mapeamento das aulas, para posterior mapeamento das categorias, e com a microanálise dessas aulas.

5.1 MAPEAMENTO DAS AULAS

O planejamento das aulas foi realizado seguindo a entrevista realizada com o professor responsável pela disciplina e os dados organizados de acordo com

o modelo topológico de ensino de Giordan(2008), como descrito na metodologia deste trabalho. Destaca-se que o referido modelo é proveniente da Teoria da Ação Mediada e tem como proposta a organização do ensino no cotidiano da sala de aula. O mapeamento das aulas se divide em: Sequência de Aulas, Tema, Conceito e Atividade. Posso (2010) frisa que a Atividade deve levar em consideração o: tempo, propósito, formas de interação, materiais utilizados, situacionalidade e descrição da atividade.

As interações discursivas realizadas nas aulas são caracterizadas por Mortimer e Scott (2002, 2003) como: “interativa-dialógica”, “interativa-de autoridade”, “não interativa-dialógica”, “não interativa-de autoridade”. Não objetivamos analisar detalhadamente em qual momento cada interação aconteceu durante as aulas, mas apontar aquelas que mais prevaleceram naquele processo para posterior caracterização no momento da microanálise.

Além do propósito e das formas de interação, buscamos apresentar: os materiais de apoio que foram utilizados como ferramentas culturais e serviram de mediadoras durante as aulas; em qual momento e de que forma ocorreu a atividade, ou seja, a situacionalidade; e uma descrição resumida da atividade versando sobre alguns detalhes daquela aula. O quadro 4 mostra o mapeamento das aulas, com a omissão da descrição das atividades a fim de oferecer fluidez à leitura. No apêndice I, encontra-se todo o mapeamento das aulas referente à primeira etapa da sequência didática.

Quadro 4 - Mapeamento das aulas – O estudo da estrutura do átomo

SEQUÊNCIA DE AULAS	TEMA	CONCEITO	ATIVIDADE				
			Tempo (h:min:s)	Propósito	Formas de Interação	Materiais utilizados	Situacionalidade
Aula 1 15/09/2014	Apresentação da disciplina, objetivos da pesquisa e conhecimentos prévios	Conhecimentos prévios dos alunos	1:40:00	Apresentar os objetivos da pesquisa, a ementa da disciplina e coletar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito da estrutura do átomo	Interativa – dialógica	Slides, quadro negro, termo de livre consentimento e questionário de conhecimentos prévios	A atividade foi inserida após apresentarmos o contexto motivacional, ou seja, a importância e utilidade dos conceitos a serem estudados.
Aula 2 17/09/2014	O que é modelo? Propriedades clássicas da luz (A luz é onda ou partícula?)	Modelo; Propriedades da luz: refração, reflexão, difração, campos eletromagnéticos, efeito fotoelétrico, efeito Compton, dualidade onda partícula...	1:40:00	Explicar o que um modelo e discorrer sobre a existência da realidade dentro do significado que damos aos símbolos que criamos enquanto sociedade, proporcionando assim um melhor entendimento na formação dos conceitos estudados; Apresentar os vídeos sobre as propriedades da luz.	Interativa – de autoridade; Não interativa – dialógica; Interativa – dialógica	Quadro negro, estação de trabalho (notebook com web cam e microfone) e vídeos.	A atividade foi inserida após as discussões sobre a existência da realidade e qual influência esta tinha na criação dos modelos.
Aula 3 24/09/2014	Contexto histórico dos modelos atômicos; Exercício referente aos conceitos vistos na aula anterior e alguns dos conceitos visto na presente aula.	O surgimento do Átomo em alguns modelos; As Leis Ponderais; Modelo de Dalton; Modelo de Thompson;	1:40:00	Discorrer sobre o contexto histórico a respeito dos estudos referente a matéria (em especial o átomo) e relacionar com os estudos da luz, que foram visto nos vídeos. A intenção é inserir os alunos nesses dois espaços de discussão e mostrar a relação entre eles; Resolução de exercício a fim de observar o domínio dos conteúdos estudados	Não interativa – de autoridade Interativa – de autoridade	Slides, quadro negro, estação de trabalho (notebook com web cam e microfone), vídeos e exercício.	A principal atividade foi inserida após as abordagens sobre o estudo da matéria, da luz e a relação com ambas.
Aula 4 29/09/2014	Feedback do exercício anterior (correção e comentários, mas sem recorrer às respostas dos alunos); Continuação sobre o contexto histórico dos modelos atômicos; Apresentação do Objeto de Aprendizagem sobre modelos atômicos.	Correção do exercício: contexto histórico, propriedades da luz (elétricas e magnéticas); propriedades dos elétrons; dualidade onda partícula; proporções de massa	1:40:00	Proporcionar o feedback do exercício anterior aos alunos, deixando mais claro os conceitos antes estudados, bem como reforçar a ideia de que um modelo ou teoria é criado a partir do anterior e o contexto cultural da época influencia bastante; Introduzir o Objeto de Aprendizagem aos alunos, para que pudessem explorar e se ambientarem com essa ferramenta.	Não-Interativa de autoridade; Interativa–de autoridade; Não Interativa-dialógica; Interativa-dialógica	Slides, quadro negro, estação de trabalho (notebook com web cam e microfone), vídeos, exercício, material impresso, objeto de aprendizagem e whatsapp.	A atividade se deu em dois momentos, primeiro com a resolução do exercício, recorrendo a algumas respostas dos alunos e aos comentários no grupo do whatsapp, e depois com o uso do objeto de aprendizagem sobre modelos atômicos.
Aula 5 06/10/2014	Absorção e emissão em certos comprimentos de ondas; Relação dos	Absorção e emissão de luz; contexto histórico-	1:40:00	Discutir e dialogar sobre a absorção e emissão de luz da matéria, por meio do material	Não-Interativa de autoridade;	Notebook, textos impresso; slides; objetos de	A atividade iniciou por meio de um dialogo a respeito do material

	vídeos sobre luz com a absorção e emissão da matéria; A teoria do efeito fotoelétrico; Introdução ao modelo de Bohr.	cultural; Efeito fotoelétrico		impresso entregue aos alunos e sempre que possível relacionar esses conceitos com as ideias apresentadas nos vídeos; Abordar o contexto histórico-cultural da época, relacionando a influência que estes possuem no respaldo de uma teoria ou modelo e as implicações sobre a ciência e tecnologia de hoje; Mostrar a importância destes conceitos para o avanço das tecnologias; Discutir sobre o efeito fotoelétrico e os contrapontos da física clássica e quântica, para logo em seguida introduzir o modelo de Bohr.	Interativa-de autoridade; Interativa-dialógica Não Interativa-dialógica;	aprendizagem; whatsapp	impresso que os alunos leram em casa sobre absorção e emissão de luz. Logo em seguida, foi feita uma relação destes com os vídeos visto na primeira aula. A continuidade da atividade se deu por meio do efeito fotoelétrico, pois o ele aborda questões de absorção e emissão de fótons. Além disso, permitiu introduzir comentários sobre o modelo de Bohr.
Aula 6 08/10/2014 Somente áudio	Retomada do exercício 1 após a introdução dos conceitos visto na aula 5; Modelo de Bohr; Modelo de De Broglie e Introdução ao modelo de Schroedinger	Propriedades da luz, absorção e emissão de fótons; dualidade onda-partícula; quantização de energia; transição eletrônica (modelo de Bohr); interferência de ondas; Modelo de De Broglie; forma dos orbitais.	1:40:00	Foi apresentado um feedback sobre a primeira lista de exercícios, mas recorrendo às respostas escritas dos alunos e após os conceitos vistos na aula 5. Isto é realizado com o intuito de observar o domínio dos conceitos estudados; Os conceitos apresentados nessa aula serviram para os alunos corrigirem respostas da segunda lista de exercício enviada por Whatsapp no dia anterior (07/10/2014).	Não-Interativa de autoridade; Interativa-de autoridade; Interativa-dialógica Não Interativa-dialógica;	Notebook; quando negro; whatsapp; exercícios; Objeto de aprendizagem sobre os modelos atômicos;	A atividade se deu em dois momentos, primeiro com a correção da primeira lista de exercício, recorrendo a todas as respostas dos alunos, e depois com explicações sobre o modelo de Bohr, quantização de energia, algumas características de ondas, modelo de De Broglie e introdução ao modelo de Schroedinger (números quânticos e formas dos orbitais). Durante o segundo momento da aula foi explanado os conceitos referentes a segunda lista de exercícios enviada por WhatsApp.
Aula 7 09/10/2014 Um dos computadores apenas	Manipulação do Objeto de Aprendizagem sobre modelos atômicos para resolução da terceira lista de exercício;	Modelos atômicos: propriedades elétricas, vantagem e desvantagem de cada modelo, transição de energia no modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio;	1:40:00	Manipular o Objeto de Aprendizagem e contrastar os modelos atômicos, observando suas principais vantagens e desvantagens para a formulação do modelo de Schroedinger. O principal propósito da atividade é que os alunos observem as diferenças de cada modelo e saibam qual os objetivos pretendidos pela Química no uso	Interativa-de autoridade; Não-Interativa de autoridade; Interativa-dialógica	Quadro negro, estação de trabalho (notebook com web cam e microfone), exercício, material impresso e objeto de aprendizagem.	Na aula anterior o professor havia informado que apresentaria um exercício para ser resolvido com o uso do Objeto de Aprendizado. Sendo assim, a atividade iniciou-se por meio de um debate e a manipulação do Objeto de Aprendizagem para

		espectro eletromagnético, abordagens sobre o modelo de Schroedinger.		de cada um.			resolução do exercício. Foram tecidos vários diálogos sobre os modelos atômicos e sobre a equação de Schroedinger, partindo-se das ideias de De Broglie.
Aula 8 13/10/2014	Correção do exercício 2; Correção das questões respondidas do exercício 3 e continuação das demais com aplicação do Objeto de Aprendizagem.	Comprimento de onda; radiação eletromagnética; equação de Bohr e transição eletrônica do mesmo modelo; conceitos aplicados no cotidiano;	1:40:00	Mais de um terço da aula foi destinada a corrigir e comentar o exercício 2 (entregue via WhatsApp), pois este discutia os conceitos estudados anteriormente com relação ao contexto do cotidiano. Sendo assim, tinha o propósito de apresentar esses conceitos presentes no cotidiano. Após, demos continuidade a resolução do exercício 3 (iniciado na aula anterior) com o uso do Objeto de Aprendizagem, com o intuito de facilitar o entendimento dos conceitos com o uso da ferramenta.	Não-Interativa de autoridade; Interativa-de autoridade; Interativa-dialógica	Exercícios, Estação de trabalho (notebook com webcam e microfone), objetos de aprendizagem, quadro negro.	A atividade iniciou-se pela resolução da segunda lista de exercício (solicitada na aula anterior), onde abordava os conceitos e suas relações com o cotidiano. Em um segundo momento, demos continuidade a resolução da terceira lista de exercício (iniciado na aula anterior) para calcular os comprimentos de onda nas transições de energia de Bohr e visualizar o que aconteceria no Objeto de Aprendizagem. Alguns questionamentos foram levantados e discutidos na aula.
Aula 9 15/10/2014 Somente Áudio	Fundamentos da Equação de Schrödinger	Partícula na caixa; energia cinética e potencial; barreira de potencial, condições de contorno, função de onda, autofunção, autovalor.	1:40:00	O propósito da aula se destinou a mostrar os fundamentos da Equação de Schrödinger, onde abordamos o formalismo matemático e as condições de contorno, porém, em um caráter qualitativo. A ideia foi mostrar os processos de desenvolvimento da equação para relacionar seus termos com os números quânticos e forma dos orbitais em aulas posteriores.	Não-Interativa de autoridade; Interativa-de autoridade;	Quadro negro	A atividade iniciou pela equação resumida de Schrödinger ($\hat{H} \psi = E \psi$) e teve continuidade com exemplos que lhe permitiram tal desenvolvimento, como a partícula em uma caixa e condições de contorno para que a energia seja dita quantizada.
Aula 10 16/10/2014 Somente Áudio	Fundamentos da Equação de Schrödinger (Continuação): Normalização da função; Tamanho, formato e orientação espacial dos orbitais.	Continuação da Equação de Schrödinger (Fundamentos)	1:40:00	Continuação da aula anterior, tendo como intuito explorar os termos matemáticos da equação de Schrödinger para posterior relação com os números quânticos, formas e orientações dos orbitais. Isto facilitará o entendimento das transições eletrônicas.	Não-Interativa de autoridade; Interativa-de autoridade; Não Interativa-dialógica;	Quadro Negro, Slides, Livro	A atividade é iniciada por uma revisão da aula anterior. A continuidade da atividade é dada por meio da normalização da função de onda de Schrödinger e os gráficos dessas funções. Além disso, é apresentada a

							equação de Schrödinger em coordenadas esféricas (qualitativamente) para relacionar com o formato, tamanho e orientação dos orbitais.
Aula 11 20/10/2014 Interação com o Objeto de Aprendizagem	Explorar as transições eletrônicas no átomo de Bohr e De Broglie e contrastar com o modelo de Schrödinger; Observar o forma dos orbitais a partir da mudança dos números quânticos;	Transições eletrônicas (modelos de: Bohr, De Broglie, Schrödinger), números quânticos, forma dos orbitais; níveis de energia; Relação com a tecnologia atual.	1:40:00	A principal intenção desta aula foi observar como ocorre as transições eletrônicas, ou seja, qual a forma dos orbitais quando os números quânticos estavam variando, suas energias e comprimento de onda ou frequência absorvida. Também estivemos preocupados em relacionar os aspectos pictóricos com o caráter matemático implícito. Sempre que possível, recorriamos às aulas anteriores sobre os fundamentos da equação de Schrödinger.	Não-Interativa de autoridade; Interativa-de autoridade; Não Interativa-dialógica; Interativa-dialógica	Estação de trabalho (notebook com microfone e webcam) e Objeto de aprendizagem	A atividade ocorre a partir do uso do Objeto de Aprendizagem sobre os modelos atômicos, em especial o modelo de Schrödinger. Deste modo, a continuidade se dá por meio do diálogo e uso do Objeto de Aprendizagem.
Aula 12 22/10/2014 Interação com o Objeto de Aprendizagem	Resolução do exercício utilizando o Objeto de Aprendizagem.	Números quânticos, formas dos orbitais, transições eletrônicas, superposição de ondas e introdução sobre a distribuição eletrônica para elementos da tabela periódica (Princípio de Aufbau, diagrama de Linus Pauling, regra de Hunt)	1:40:00	O propósito desta atividade foi observar como os alunos produziam os significados dos conceitos para resolver o exercício com o uso do Objeto de Aprendizagem.	Não-Interativa de autoridade; Interativa-de autoridade; Interativa-dialógica	Estação de trabalho (notebook com webcam e microfone), Objeto de Aprendizagem, quadro negro.	A atividade só é iniciada 15 minutos depois, pois havia apenas um aluno na sala e o professor aguardava o restante da turma chegar (um aluno só chegou 27 minutos depois). Nesse intervalo o professor deixou o aluno que estava presente a vontade para explorar o software enquanto esperava. A atividade é iniciada com a entrega de um exercício e leitura delas, onde algumas instruções são passadas para que os alunos a respondam com o uso do Objeto de Aprendizagem. A continuidade da atividade se dá por meio do diálogo e debate sobre as demais questões.

Fonte: elaboração própria

Considerando a atividade de cada aula e a observando por completo, classificamos as sequências de aulas em: *Ambientação do contexto de ensino em uma perspectiva sociocultural: as concepções prévias dos alunos* (Aula 1); *A ciência como atividade humana e falível com as relações e contrastes das teorias e modelos* (Aulas 2,3,4,5 e 6); *Os modelos atômicos por meio dos OA: investigando os objetivos pretendidos pela Química* (Aulas 7 e 8); *Fundamentos matemáticos do modelo atômico quântico* (Aulas 9 e 10) e *A extensão visual de um modelo matemático por meio de um Objeto de Aprendizagem* (Aulas 11 e 12).

A referida classificação permite ter uma visão panorâmica da sequência didática para a criação das categorias, que permitiram a realização de um mapeamento mais detalhado, alcançando, desse modo, os objetivos específicos deste trabalho. Passaremos a discutir cada classificação nos subtópicos seguintes.

5.1.1 Ambientação do contexto de ensino em uma perspectiva sociocultural: as concepções prévias dos alunos.

Tendo conhecimento do ambiente institucional e cultural da sala de aula, que foram apresentados por meio da entrevista feita com o professor responsável pela disciplina, precisávamos interagir com os alunos para introduzir os objetivos da pesquisa frente a uma perspectiva sociocultural, além de expor as motivações para o estudo dos conteúdos em um novo cenário. Para prosseguirmos com as atividades, também necessitávamos partir de um ponto, sendo esse as concepções alternativas dos alunos a respeito dos conteúdos de estrutura do átomo.

Um questionário (Apêndice A) nos permitiu analisar algumas das concepções alternativas desses alunos. As respostas serão transcritas em sua totalidade, sendo os alunos identificados por *A1*, *A2*, *B1* e *B2* a fim de preservar suas identidades. Essa nomenclatura foi assim estabelecida porque, nos outros momentos, mas não neste, os alunos trabalharam sempre em pares.

No primeiro momento, detivemo-nos em compreender o que os alunos entendiam por modelo atômico, pois o estudo da estrutura do átomo tem por base os modelos que o constituíram. Prontamente, obtivemos as seguintes respostas dos alunos:

A1: Modelos atômicos são estruturas formadas para a concepção do entendimento para as formas que o átomo tem, e como as suas partículas se movimentam.

A2: Modelo atômico é a maneira como se imagina a estrutura, como esta dividido o átomo, a sua composição e as forças que o compõe.

B1: É o modo como o homem busca explicar e demonstrar, as estruturas que constituem os átomos; cada modelo atômico na história buscou melhorar o anterior através das lacunas deixadas por eles, e solucionando os problemas que apareciam durante os experimentos;

B2: Um modelo utilizado para representar os átomos.

A partir de duas concepções sobre modelo: (1) como um padrão já existente, concreto e inquestionável, capaz de sustentar as explicações ou (2), como atividade humana, questionável e que foi criado para tentar sustentar as explicações, averiguamos que apenas o aluno B1 compartilhou dessa última ideia e conceituou modelo como atividade humana construída historicamente. A análise dessa questão nos direcionou no planejamento de aulas com o propósito de construirmos os significados dos conceitos científicos tomando por base o contexto sociocultural de cada época, explanando o caráter histórico da ciência e desmitificando esta como pronta, acabada e inquestionável. Desse modo, a aula subsequente tratada foi sobre o que é um modelo e a existência da realidade, que será discutida no próximo item.

Na segunda questão, perguntamos se o modelo atômico de Bohr era capaz de explicar a estrutura do átomo, tendo em vista que esse era o modelo mais presente nos livros de ensino médio e até mesmo nas concepções de vários estudantes, como relatado no levantamento bibliográfico. Os quatro alunos acreditavam que esse modelo não conseguia explicar a estrutura do átomo. Dois desses alunos fizeram abordagens superficiais do modelo quântico ao usarem as palavras “*nuvem eletrônica*” e “*ondas*”; e os outros continuaram com abordagens clássicas. No entanto, ao serem questionados sobre o que é um átomo excitado e por que ele emite energia em forma de luz (questão 6), os alunos utilizaram do modelo de Bohr em suas explicações:

A1: Um átomo excitado, é quando os elétrons de sua configuração eletrônica, muda de posição, fazendo com que ele ganhe energia radioativa gerando luz.

A2: Um átomo excitado é quando um átomo recebe energia suficiente para que seus elétrons saltem de uma camada inferior para uma superior, e ao cessar a fonte de energia o elétron retorna a sua camada e produz a luz.

B2: Um átomo excitado, é um átomo que recebe uma carga, essa carga é aplicado na eletrosfera fornecendo energia suficiente para um elétron se mover de uma camada para outra, esse movimento apartir desse energia, assim emitindo luz.

As sentenças “muda de posição”, “camada inferior para uma superior” e “eletrosfera” são características do modelo de Bohr e muito explorada nos livros de ensino médio e em alguns do ensino superior para explicar o referido fenômeno. Não julgamos essas respostas como equivocadas ao considerar o modelo atômico quântico, pois para explicar apenas o fenômeno de emissão de luz de maneira singela, esse modelo obtém maior sucesso pela sua simplicidade. O que buscamos questionar foi se os alunos possuíam clareza quanto aos objetivos pretendidos pela Química no uso estabelecido de cada modelo atômico. A análise de outras questões nos mostrou que os alunos apresentavam certa confusão no uso de alguns conceitos, assim precisávamos considerar a existência do modelo atômico quântico e dos seus antecessores como úteis a determinados objetivos.

Quanto à natureza do elétron, apenas um aluno afirmou que esse se comporta somente como partícula, porém dos que afirmaram que ele se comporta como onda e partícula, unicamente B1 tentou explicar:

B1: Os elétrons possuem caráter dual, pois os mesmos possuem massa (partícula) e de acordo com energia fornecida o mesmo pode emitir calor e luz tendo assim um comportamento de onda.

Ao observar a resposta do aluno, podemos inferir que ele se aproveita do gênero discursivo da ciência para produzir os significados a respeito da natureza do elétron, pois utilizou a ideia de massa para defini-lo como partícula e mencionou que é uma onda porque emite luz. No primeiro caso, acreditamos que busca apoio na mecânica clássica que afirma que toda partícula possui massa, mesmo que seja uma massa infinitesimal. Já no segundo caso, o aluno pode estar fazendo referência ao espectro eletromagnético da luz que é característico de comprimentos de ondas.

Mesmo que o aluno possa ter recorrido ao gênero discursivo da ciência para explicar a natureza do elétron, preocupamo-nos em observar se o uso desse gênero se dava por meio da apropriação ou apenas da reprodução. Sendo assim,

demos ênfase à natureza do elétron em algumas aulas da sequência didática, pois apenas um questionário de concepções prévias não era suficiente para caracterizar a produção de significados dos conceitos e identificar a apropriação do gênero discursivo da ciência, até porque só um aluno significou a questão.

Sendo os conceitos referentes ao modelo atômico quântico de interesse deste trabalho, indagamos os alunos se a mecânica quântica trouxe alguma contribuição para o estudo do átomo a fim de identificarmos qual visão possuíam a respeito. As respostas seguem abaixo:

***A1:** Sim, como a ajuda da mecânica quântica, descobrimos que o elétron diferente do que alguns Químicos pensavam não tem uma órbita elíptica, e sim em formas de ondas, com a ajuda da quântica, também foi descoberto novas partículas menores que o elétron, e com a ajuda de cálculos quânticos, pode-se determinar os valores de massa e energia dos elétrons, e de novas partículas.*

***A2:** Trouxe, ela ajudou a procurar a rotação do elétron envolta do átomo, sem ter perda de energia.*

***B2:** Sim, a mecânica quântica nós possibilitou conhecer mais profundo sobre o comportamento do átomo.*

A partir dessas respostas, notamos que elas foram elaboradas de forma direta e geral, sendo que uma delas fez referência ao modelo de Bohr (resposta do aluno A2), e nada podemos extrair quanto à contribuição que a mecânica quântica trouxe para o estudo do átomo de forma mais específica.

Como o objetivo principal deste trabalho foi analisar a produção de significados dos números quânticos, formas dos orbitais e as transições eletrônicas, questionamos os alunos sobre o que entendiam por orbital atômico e se os números quânticos nos davam alguma informação a respeito da estrutura atômica. A seguir encontram-se as duas respostas apresentadas por cada aluno respectivamente:

***A1:** Orbital atômico são as orbitas que os elétrons fazem em torno do núcleo;*

***A1:** Sim, pois com eles podemos determinar se o átomo tem uma estrutura tetraédrica, pirâmidal e etc.*

***A2:** É onde dá a maior probabilidade de se encontrar um elétron.*

***A2:** Sim, nos dizem o período em que se encontra determinado átomo, e assim o número de elétrons na camada de valência, a sua orientação e seu nível de energia.*

B1: *Orbital atômico é um espaço provável de se encontrar um elétron, as formas dos orbitais dos átomos variam de acordo com seus números quânticos secundários: s,p,d,f.*

B1: *Numero quântico principal n: indica a quantidade de camadas que este átomo possui; Numero quântico secundário (l): numeros de orbitais do átomo; Magnético: É a orientação dos elétrons no átomo;*

B2: *É a área do átomo, sua eletrosfera, em núcleo, toda a área compreendida por ele.*

B2: *Os números quânticos, vão auxiliar entendimento da eletrosfera e suas camadas.*

O aluno A1 foi o único que confundiu o orbital com órbita, já os demais o trataram como um espaço provável de se encontrar o elétron. Acreditamos que o modelo de Bohr tenha sido o mais representativo para o aluno A1, por isso ele definiu o orbital como uma órbita que os elétrons fazem ao redor do núcleo, do mesmo modo acreditamos que a consideração do orbital como um espaço estivesse atrelada à representação pictórica que os livros fazem dos orbitais, como se fosse um observável físico com suas bordas delimitadas.

Sobre as informações que os números quânticos dão a respeito da estrutura atômica, observamos que apenas o aluno B1 se aproximou daquilo que os números quânticos pretendem informar. Os demais alunos, com exceção de A1, que fez relação com a geometria das moléculas, indicaram suas respostas à localização dos elementos na tabela periódica, tendo em vista que a distribuição de Linus Pauling utiliza dos números quânticos para essa finalidade.

Perante as respostas do questionário de concepções prévias, pudemos observar que os objetivos pretendidos pela Química no uso dos conceitos não estavam claros para os alunos. Por mais que se tenha conhecimento da existência de um modelo atômico quântico e de que seus antecessores não eram capazes de sustentar a explicação de determinados fenômenos, os alunos ainda recorriam aos modelos anteriores, pois era o mais representativo e os conceitos do modelo atual não faziam parte do “kit de ferramentas” deles.

Porém, acrescentar novos conceitos não garante que os alunos produzam significados de maneira a dominarem e se apropriarem deles. É necessário introduzir os alunos no contexto sociocultural tanto na construção desses conceitos no decorrer dos anos como no uso estabelecido desses conceitos na atualidade. Essa abordagem é descrita no subtópico seguinte, que trata a ciência como atividade humana e não como uma verdade absoluta.

5.1.2 A ciência como atividade humana e falível com as relações e contraste das teorias e modelos

Delineadas algumas dificuldades que os alunos possuíam em relação ao estudo da estrutura do átomo, além de iniciarmos a ambientação de tais alunos em um contexto de ensino com uma perspectiva sociocultural, voltamos nosso olhar para o estudo das teorias e modelos como atividade humana e questionável. O caminho traçado pode ser justificado pela fácil aceitação que os estudantes possuíam no uso de determinados modelos, aplicando-se sem o questionamento dos objetivos pretendidos pela Química e, por essa razão, ficando meio confusos.

As aulas que nortearam este subtópico foram as de número 2 a 6 (ver quadro 4), nas quais discutimos os principais pressupostos para criação dos modelos atômicos e das teorias científicas, bem como as questões socioculturais vigentes na época que trouxeram graves implicações para a aceitação de novas ideias. Pautados em Werstch (1991b), buscamos não reduzir as diferenças culturais em diferenças históricas, pois a Teoria da Ação Mediada atenta-se às ações mentais situadas no contexto cultural, histórico e institucional. Nessa vertente, nossa pretensão foi transformar o modo de pensamento sobre como se desenvolve a ciência para que estas ideias pudessem fazer parte da própria história da sala de aula e auxiliassem, como ferramentas culturais, a produção dos significados dos conceitos referentes ao modelo atômico quântico. Giordan (2008) frisa que os acontecimentos da própria sala de aula estabelecem relações em um sentido histórico próprio e cada situação se organiza em um passado e futuro característico dessa sala de aula.

Antes de termos iniciado as abordagens históricas e culturais a respeito do desenvolvimento dos conceitos, detivemo-nos, no início da aula 2, a responder o que seria um modelo e a existência da realidade, uma vez que essa abordagem ajudaria os alunos a compreenderem melhor os processos socioculturais no desenvolvimento dos modelos atômicos. Sendo assim, o primeiro momento trouxe certa estranheza aos alunos devido ao tema, mas permitiu que eles interagissem com perguntas e iniciassem um ambiente dialógico, apesar de ainda tímido. Dessa maneira, o contexto sociocultural sobre o desenvolvimento dos conceitos inerente às propriedades da luz (por meio dos vídeos), assim como as demais aulas, foram orientados pelo caráter histórico da ciência como atividade humana.

As tentativas de criar um ambiente dialógico em sala de aula relacionando o contexto sociocultural do passado com o presente consentiu analisarmos o engajamento dos alunos em cada atividade, pois, ao que parece, a cultura institucional estabelecida considera o aluno como uma tabula rasa de conhecimento e este se reconhece como tal, tendo como consequência a inexistência de diálogos mais produtivos e críticos. Em boa parte dessas aulas, tivemos dificuldades em fazer os alunos participarem ativamente, mas o grupo criado na rede social WhatsApp permitiu apresentarmos questões que foram discutidas e dialogadas em sala de aula.

A introdução de uma ferramenta digital comum ao contexto Cotidiano dos alunos, utilizada para fins educacionais nesse caso, ajudou a aproximar e motivar os alunos a interagirem e dialogarem a respeito dos conceitos estudados, produzindo significados sobre esses conceitos. Sendo assim, as interações entre os indivíduos ou com as ferramentas culturais vão sendo estabelecidas, pois essas ferramentas passam a fazer parte da própria história da sala de aula.

Todas as atividades em sala de aula eram realizadas em pares e as interações passavam a se estabelecer tanto entre os alunos como com o professor – pesquisador e as ferramentas culturais ali inseridas, como pode ser observado na resposta da primeira questão do exercício 1 (Apêndice B), que partiu do questionamento de por que o modelo de partículas não foi mais aceito em uma determinada época e onde ele influenciou nas teorias químicas:

Dupla A: *Porque o modelo ondulatório conseguiu explicar alguns fatores que o da partícula não conseguiu explicar, como a sua trajetória, quando passam para outro meio como o caso da água, ou o experimento da dupla fenda, onde as ondas sofrem interferências. Ele influenciou na troca de energia quando um fóton transferi energia em um determinado átomo.*

Dupla B: *Porque o modelo de partícula de Newton não explorava todos os comportamentos da luz, sendo substituído pelo modelo eletromagnético e posteriormente retornando após ser reformulado. O modelo de partícula inicial foi de grande influência no primeiro modelo atômico de Dalton, de um átomo circular, sólido e indivisível.*

A dupla A começou a construir o significado dos conceitos por meio das ideias dos experimentos de Maxwell e da dupla fenda de Young, que foram apresentadas nos vídeos. No primeiro caso, referiram-se à propagação da luz em outros meios, pois antes se acreditava que ela necessitava do meio Éter para se propagar. Já no segundo, mencionaram um experimento no qual se esperava que,

ao emitir fótons de luz por uma fenda dupla, esses passariam em linha reta assim como qualquer partícula, porém apresentaram comportamento ondulatório. Os alunos ainda afirmaram que o modelo de partículas, apesar de ter sido contrastado, influenciou na transferência de energia em um determinado átomo. Nesse último caso, acreditamos que os alunos se referiram à transferência de energia de um fóton para o elétron exposta nos vídeos por meio do efeito Compton.

Os alunos da dupla B expõem uma explicação semelhante, recorrendo ao modelo eletromagnético de Maxwell para contrastar o que Newton acreditava sobre a necessidade de um meio de propagação da luz. Posteriormente, afirmam que o modelo de partícula é retomado depois de reformulações, provavelmente referindo-se ao experimento do efeito fotoelétrico e ao efeito Compton. Porém, ao contrário da dupla A, apontam que o modelo de partículas de Newton influenciou as ideias de Dalton para postular um modelo atômico.

É importante observarmos que, apesar da proximidade das ideias, os alunos construíram os significados de maneiras distintas, mesmo que estivessem discutindo em pares. Porém, a interação, os meios mediacionais inseridos, os conhecimentos prévios e os conceitos outrora estudados, passaram a influenciar de maneira significativa a produção de novos significados e algumas ideias começavam a ser reformuladas. Portanto, não podemos falar em produção de significados dos conceitos apenas considerando as ideias dos alunos no momento presente e em um contexto isolado, sendo mais adequado nos referirmos aos *estudantes-agindo-com-ferramentas-socioculturais* (WERSTCH, 1991a, 1991b, 1998). Giordan (2008, p.292) ainda alerta que:

O que se inicia em um contexto situacional de uma atividade conjunta, mais tarde se torna contexto mental compartilhado de uma experiência, permitindo que o professor e alunos continuem o processo de elaboração de ideias apenas por meio da fala, da escrita ou de outras linguagens. Neste movimento da sala de aula, a atividade e o discurso do passado tornam-se contexto mental compartilhado no presente.

As demais questões do exercício 1 (apêndice B), exceto a última¹⁴, foram respondidas com base nos vídeos transmitidos na aula anterior. Sendo assim, a produção de significados foi orientada pelo contexto histórico apresentado nesses vídeos e relacionados com o contexto cultural da época e o da atualidade, por meio

¹⁴ Esta questão foi inserida devido ao fato de termos abordado as leis ponderais e utilizado o material do professor responsável, que tratava de questões desse gênero.

do diálogo com o professor-pesquisador. Uma questão que sempre era levantada nas aulas, pois ainda não estava clara para os alunos, dizia respeito à dualidade onda-partícula. Apesar de reconhecerem o caráter dual dos fótons e elétrons, os alunos apresentavam dificuldades na organização das ideias e tais conceitos pareciam ainda não terem sido internalizados, como pode ser observado na resposta da questão 4 do exercício 1 (apêndice B):

Dupla A: *Pois ele tem uma característica dual, pois o elétron pode sofrer difração, que é uma característica de onda, mas se vemos em relação ao efeito fotoelétrico ele se caracteriza como partícula.*

Dupla B: *É porque muitos comportamentos da luz são explicados como se ela fosse uma partícula, mas considerado uma onda explica outros casos em que o modelo de partícula não explica.*

Ao inferirmos que os conceitos pareciam não terem sido internalizados, também tomamos por base um questionamento feito pelo professor-pesquisador, via WhatsApp, um dia anterior à resolução do exercício:

P: *"Qual a importância, na sua opinião, de estudarmos o percurso histórico na construção do modelo atômico, para melhor entendermos a estrutura do átomo? E o que os conceitos da luz, visto nos vídeos, tem a ver com tudo isso?"*

O aluno B1 a respondeu com mais detalhes e levantando o assunto sobre a dualidade onda-partícula com mais clareza. Abaixo segue a resposta do aluno com a linguagem própria do meio digital:

B1: *É um modo de aprendemos passo a passo o q compõe um átomo. Tipo como ele se comporta, o q nos levou a esse ponto d vista. O processo usado para chegar a essa conclusão /.../Eu vi e li sobre o assunto.Depois de ler um pouco é q eu fui entender o motivo de vc ter passado eles pra gente. Algumas conclusões q eu tirei... A luz é considerado uma onda por se comporta como uma onda....ter velocidade de onda e outras propriedades de ondas, Mas ela tbm possui o comportamento de partícula pois ela interage com os elétrons dos atomos, transferindo momento e energia. E tbm a luz reflete em locais solidos com um comportamento de partícula. Logo a maneira de estudar a luz ira depender de como sera feito o experimento e qual o objetivo do msm... Uma conclusão q obtive nos livros é q não existe distinção entre onda e partículas no nivel atomico...Ou mais ou menos issou. Kkkkkkk.*

Acreditamos que os conceitos sobre dualidade onda-partícula ainda não tinham sido internalizados porque a resposta do questionamento, no dia anterior ao

exercício, mostrou mais clareza e domínio dos conceitos. No entanto, o aluno pode ter sentido maior liberdade de expressar suas ideias por meio de uma ferramenta inserida no espaço virtual, de modo que o processo de internalização estava sendo construído por meio dos significados ali atribuídos.

O tema dualidade onda-partícula foi bastante debatido devido às grandes discussões que surgiram no início do século XX entre a mecânica clássica, tida como sólida e inquestionável, e a mecânica quântica, com novas teorias e modelos. Essas abordagens, de alguma maneira, são refletidas nos livros de Química do ensino médio por apresentarem modelos atômicos baseados na mecânica clássica, sem, no entanto, deixarem claros os objetivos pretendidos com o seu uso. Sendo assim, os alunos acabam gerando conflitos cognitivos ao utilizarem inadequadamente os conceitos.

Por ser considerado o berço da mecânica quântica (FEYNMAN et al, 1963 apud PEREIRA et al, 2009), o tema dualidade onda-partícula foi bastante enfatizado nessas sequências de aula, pois é a partir de sua discussão que tratamos da ciência como atividade humana e falível, tendo em vista que este foi um tema gerador de grandes polêmicas entre os cientistas da época. Sendo assim, também foi possível observar os contrastes e as relações das teorias e modelos atômicos durante esse processo de construção dos significados.

5.1.3 Os modelos atômicos por meio dos Objetos de Aprendizagem: investigando os objetivos pretendidos pela Química

As aulas 7 e 8 dizem respeito ao presente subtópico, e o classificamos dessa forma devido aos alunos terem manipulado o Objeto de Aprendizagem sobre os modelos atômicos (ver Figura 3) e investigado os objetivos pretendidos de cada modelo por meio de uma lista de exercício (Apêndice D). A aula 7 foi marcada pela interação (de autoridade e também dialógica), pois acreditamos que a ideia do aluno como tabula rasa de conhecimento estava em processo de desconstrução. O uso da rede social WhatsApp ajudou nesse processo, pois permitiu aproximar o contexto do cotidiano do contexto científico. A aula 8 também foi interativa, mas, em vários momentos, foi “Não interativa – de autoridade”, uma vez que se destinou à correção dos exercícios com as explicações sobre esses.

Tendo em vista as discussões sobre o desenvolvimento das teorias e modelos e da ciência como atividade humana e questionável, os alunos foram solicitados, por meio do exercício, a explicarem o significado dos botões “experimento” e “predição” no OA, pois seria possível enxergar o que experimentalmente ocorria na realidade e o objetivo dos modelos para prever o que poderia acontecer com base na teoria. A análise das respostas permitiu identificar a maneira como os alunos criavam os significados e visões sobre a ciência:

Dupla A: *Experimento é algo que existe, algo já testado e aprovado. Predição vai ser uma teoria, algo a ser testado uma suposição.*

Dupla B: *Porque no campo “Experimento” é demonstrado os experimento com resultados reais conhecidos, enquanto na “Predição” demonstra o que os modelos atômicos na teoria deveria obter, os resultados não são observados no campo “Experimento”, pois as teorias postas em praticas no campo da predição possuía falhas, contradizendo o modelo posto a prova, por isso não observamos os resultados esperados.*

Os alunos da dupla A pareceram construir suas ideias sem recorrerem ao OA, pois não detalharam a resposta, e acreditamos que tal resposta esteve baseada nas aulas anteriores, nas quais foram apresentados os experimentos de alguns estudiosos, que foram confirmados ou refutados pelas teorias e modelos. Já os alunos da dupla B recorreram ao OA para exporem suas ideias, mas o fizeram de maneira confusa ao organizarem-nas no texto. Os alunos tentaram explicar que não era possível inferir com clareza os resultados do experimento, pois o que era observado não possuía tanta coerência com a teoria e somente era possível prever os resultados. Como exemplo, podemos citar a dualidade onda-partícula, que nos dá apenas uma resposta por meio dos experimentos dependendo do que se deseja observar.

A análise das respostas de exercícios anteriores e do presente evidenciou certa dificuldade dos alunos em organizar suas ideias pela escrita, mas é por meio do diálogo em sala de aula que percebemos como os alunos produziam os significados dos conteúdos estudados com maior clareza. Nessa vertente, podemos frisar que os conceitos começavam a ser significados a partir do contexto sociocultural da ciência, no qual os experimentos já não eram mais visualizados como instrumentos com verdades absolutas capazes de provar as teorias e modelos ou vice-versa.

Tendo em vista a importância da interação dos fótons com os elétrons para o estudo do átomo, questionamos os alunos sobre a diferença da luz branca para a luz monocromática. A intenção foi identificar se os alunos conseguiam produzir significados a respeito da quantização de energia com comprimentos de ondas ou frequências definidas. Seguem as respostas dos alunos:

Dupla A: *A luz branca é a união de todas as cores, todas as frequências de ondas. Já a monocromática está dividida em diferentes comprimentos de ondas, sendo que cada comprimento de onda pode ser ou não visto pelo ser humano outros podem ser apenas sentidos como é o caso dos raios solares.*

Dupla B: *Luz branca possui vários comprimentos de onda, que facilita que essa luz contenham varias frequências que irá estimular elétrons variados, transferindo energia com mais facilmente. Luz monocromática possui um único comprimento de onda possuindo espectro e frequências bem definidas, ele irá transferir energia a apenas um eletron bem determinado.*

Os alunos da dupla A usaram do gênero discursivo da ciência para significar os conceitos de luz branca e monocromática, pois caracterizavam que a primeira é a união de todas as cores, ou seja, que possui todos os comprimentos de ondas na região do visível; e a segunda possuía comprimentos de ondas característicos como, por exemplo, uma única cor que possui comprimento de onda na região do visível e pode ser vista pelo olho humano e os raios ultravioletas do sol, que possuem comprimentos de ondas que podem ser apenas sentidos pela pele. A dupla B também se utilizou do gênero discursivo da ciência para significar os conceitos, porém apresentou as ideias de maneira confusa e foi solicitado reorganizá-las com mais clareza, como segue abaixo:

Dupla B: *Os vários comprimentos de ondas de luz branca, foi um erro nosso de interpretação, o termo mais correto deveria ser que a luz branca possui os vários comprimentos de luz visível que quando essa luz incide sobre um prisma ela se decompõe nas cores já conhecidas. Logo a maior diferença entre a luz monocromática e a luz branca seria que a luz branca pode ser decomposta em várias outras cores, enquanto que a monocromática possui um comprimento luz determinado não podendo ser decomposta em outras cores. Esse foi um erro nosso de interpretação nosso da Luz Branca, a estimulação dos elétrons dependerá precisamente do comprimento de onda...*

A correção da resposta mostrou uma melhor organização das ideias, de maneira que os conceitos passaram a ser significados com maior clareza pelo discurso característico da ciência.

Com o objetivo dos alunos compreenderem e dominarem o OA para poderem produzir os significados dos conceitos dos modelos atômicos, questionamos por que o átomo de hidrogênio era bombardeado por fótons de luz, obtendo as seguintes explicações:

Dupla A: *Ele é bombardeado por fótons para poder explicar como o átomo pode liberar energia em forma de luz na região do visível. Explica como o elétron consegue saltar para outros níveis de energia, após receber uma força trabalho do fóton e quando ele retorna a sua origem libera outro fóton. Consegue-se perceber que o átomo não é apenas uma esfera maciça, que os fótons conseguem atravessar o átomo apenas repelindo quando se choca com um núcleo.*

Dupla B: *Para demonstrar a reação fóton-elétron, conservação de momento, transferência de energia, alterações de camada do elétron, os espectros emitidos pelos elétrons após liberar a energia obtida do fóton.*

A primeira dupla organizou as ideias de forma confusa, não ficando claro o que queriam dizer com “força trabalho do fóton”. Provavelmente, o uso desse termo provém da aula em que abordamos o efeito fotoelétrico, na qual comentamos que os elétrons estavam presos ao metal por um certo potencial ou energia de ligação, também conhecido como “função trabalho do elétron”. Além disso, explicaram que o objetivo de bombardear o átomo de hidrogênio por fótons é desmistificar o modelo de Dalton, que considerava o átomo como uma esfera maciça. Desse modo, não houve clareza quanto ao domínio do OA, mas podemos observar que o processo de produção de significados é decorrente dos temas vistos em aulas anteriores, passando os alunos a inseri-los em seus discursos.

Já a dupla B demonstrou dominar o OA, pois apresentou as intenções pretendidas por esse ao usar um canhão de fótons para bombardear um átomo de hidrogênio. Uma análise mais detalhada do uso do Objeto de Aprendizagem e produção de significados dos conceitos será apresentada posteriormente no tópico da microanálise deste capítulo.

Por meio do Objeto de Aprendizagem, os discentes também puderam avaliar as vantagens e as desvantagens de cada modelo atômico na tentativa de explicarem a estrutura do átomo. Após essa avaliação, pedimos que explicassem qual modelo começa a introduzir as ideias de quantização de energia e o que seria a quantização de energia, tendo como propósito introduzir as ideias iniciais sobre quantização para facilitar o estudo do modelo atômico quântico e analisar como os

alunos produziam os significados desses conceitos. Obtivemos as seguintes elucidações:

Dupla A: *O modelo de Bohr. Quantização de energia, é a energia necessária para que o átomo permaneça em órbita do núcleo, e a energia necessária que o átomo tem que receber para que um elétron seja promovido para outra camada, ou seja, quantus de energia.*

Dupla B: *Modelo atômico de Bohr, nesse modelo atômico os elétrons estão orbitando em níveis de energia específicos e cada elétron possui uma energia predeterminada, o mesmo só pode passar de nível se receber um pacote de energia específico, nem mais nem menos energia.*

Os alunos reconheceram a quantização de energia no modelo de Bohr, caracterizando que essa seria necessária para manter os elétrons em órbitas definidas e para que não se chocassem com o núcleo. A explicação sobre o que seria quantização de energia é dada pelo próprio modelo de Bohr, e essas ideias nos permitiram analisar como os alunos organizam os significados dos conceitos no modelo atômico quântico, que será detalhado na microanálise.

Solicitamos aos alunos que calculassem os comprimentos de onda de absorção do átomo de hidrogênio, utilizando, para isso, a equação de Bohr e para os seguintes níveis de energia: $n_2 - n_1$; $n_3 - n_1$; $n_4 - n_1$; $n_5 - n_1$; $n_6 - n_1$; $n_3 - n_2$; $n_4 - n_2$; $n_5 - n_2$; $n_6 - n_2$; $n_4 - n_3$; $n_5 - n_3$; $n_6 - n_3$; $n_5 - n_4$; $n_6 - n_4$; $n_6 - n_5$. Posteriormente, os comprimentos de onda foram aplicados no AO, e pedimos aos alunos que observassem o diagrama dos níveis de energia e os fótons que eram emitidos. A principal intenção dessa questão foi mostrar a relação desses valores com os calculados para o modelo quântico. Além disso, explanamos sobre a quantização de energia e estabilidade do átomo, pois nada acontecia no diagrama de energias quando os valores calculados para intervalos acima de n_1 eram aplicados no OA.

Tendo estudado os modelos atômicos anteriores ao modelo quântico, por meio do Objeto de Aprendizagem, buscamos identificar como os alunos apontavam as diferenças entre os modelos de Bohr e De Broglie com o modelo de Schrödinger:

Dupla A: *Através do modelo de Bohr e De Broglie podemos achar a localização do elétron nas órbitas, através da equação de De Broglie, já que ele determinou que a órbita é uma onda estacionária. Então existe um raio onde podemos localizar sua posição. Já Schrodinger, ele acabou com a teoria de órbita, e substituiu pelo conceito de probabilidade de se encontrar num instante qualquer um dado elétron numa determinada região do espaço, ou seja, ele postulou o princípio da incerteza.*

Dupla B: *No modelo de Bohr e De Broglie os elétrons estão orbitando o núcleo, como se fossem orbitas de planetas, não possui os números quânticos para determinar com exatidão o elétron a ser observado. Schrodinger cria o modelo atômico baseado no orbital, que são nuvens eletrônicas com maior probabilidade de se encontrar um elétron, esses orbitais são divididos em quatro tipos s,p,d,f; Esse modelo da origem aos quatro números quânticos que irão identificar o elétron observado com mais precisão.*

Os argumentos da dupla A, provavelmente, informam-nos que uma vez tendo orbitas definidas e seus respectivos raios, o elétron que ali está girando poderá ser localizado e determinada sua velocidade. Posteriormente, os alunos trataram o modelo de Schrödinger como um modelo probabilístico, especificando que não havia possibilidades de determinar a localização do elétron, apenas prever que se encontrava em uma determinada região. Essa observação é importante - apesar de terem reservado o mérito do princípio da incerteza para Schrödinger -, pois os significados dos conceitos foram direcionados para um modelo matemático, ou seja, a ideia realista de se observar os elétrons e orbitais estava se esvaindo e os objetivos das representações pictóricas ficando mais claros.

Os alunos da dupla B também apresentaram ideias semelhantes, e ainda apontaram que o orbital é uma nuvem eletrônica com maior probabilidade de se encontrar o elétron, onde os números quânticos dão maiores informações sobre ele. Essa abordagem se direciona para produção de significados em que os orbitais não são vistos como espaços com suas bordas definidas, apontando para um modelo probabilístico.

As duas aulas que apresentamos aqui ajudaram em uma macroanálise da produção dos significados dos conceitos referente aos modelos atômicos anteriores e daqueles em direção ao modelo atual. No subtópico seguinte, apresentaremos apenas a descrição das atividades, pois, tendo em vista as ideias iniciais dos alunos a respeito de um modelo probabilístico, necessitávamos esclarecer os fundamentos matemáticos a nível qualitativo para que o significado dos conceitos de números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas fossem melhor compreendidos. Desde modo, apresentaremos duas aulas expositivas nas quais o discurso foi “Não Interativo – de autoridade” e, em alguns momentos, “Interativo - de autoridade”.

5.1.4 Fundamentos matemáticos do modelo atômico quântico

Correspondendo às aulas 9 e 10 da primeira sequência, buscamos apresentar os fundamentos da equação de Schrödinger com o propósito de abordarmos o formalismo matemático, a nível qualitativo, e as condições de contorno para gerar a equação. Além disso, nosso interesse esteve voltado para a relação que os termos da equação possuem com os números quânticos e forma dos orbitais, já que os discentes utilizariam o AO para visualizar as possíveis imagens dos orbitais a medida que os números quânticos variavam.

Durante o desenvolvimento da equação na aula, fizemos um levantamento sobre partícula livre e confinada em uma caixa. Essa relação foi realizada para demonstrar que a ideia de uma partícula na caixa se estende ao estudo do orbital, por isso existe a afirmação de que o orbital é um local mais provável de se encontrar o elétron. Periodicamente, mencionávamos que o orbital não era um local, e sim uma função de onda, para esclarecer que as possíveis figuras dos orbitais eram representações matemáticas dessas funções. Porém, tivemos o cuidado de deixar claro que a afirmação de que o orbital é um local (ou espaço como entidade física) faz referência às deduções da equação a partir da ideia da partícula em uma caixa com as condições de contorno. A ideia do orbital como o local mais provável de se encontrar o elétron foi utilizada em alguns momentos, reafirmando que era apenas uma maneira mais confortável para explicar algumas situações.

Logo em seguida, foi mostrado como normalizar a função de onda. Os gráficos das funções de onda normalizada são mostrados no livro e comparados com as figuras dos orbitais. É informada a importância dos “nós” das funções de onda normalizada para formação das ligações químicas. Posteriormente, apresentamos a equação de onda de Schrödinger em coordenadas esféricas (qualitativamente) e relacionamos suas entidades radiais e angulares com o tamanho, formato e orientação dos orbitais. Nesse sentido, tivemos a intenção de dar significado aos números quânticos n , l e m_l e às suas representações pictóricas. Constantemente, o Professor retomava, com perguntas aos alunos, os conceitos apresentados para observar o nível de domínio desses conceitos. No final da aula, foi informado que seria utilizado o OA sobre o modelo de Schrödinger na aula posterior.

5.1.5 A extensão visual de um modelo matemático por meio de um Objeto de Aprendizagem

Reservaremos a análise destas duas aulas (11 e 12) ao tópico de microanálise, pois são essas que selecionamos como representativas. A escolha é pautada por abordar com mais profundidade os conceitos de interesse desta pesquisa, além de utilizar o Objeto de Aprendizagem para esse fim. Reforçamos que a produção de significados dos conceitos de números quânticos, das formas dos orbitais e das transições eletrônicas não se desenvolveu apenas nessas duas aulas, ela foi construída durante todo o processo das sequências de aula dessa primeira etapa e permaneceu contínua durante as demais.

As aulas abordaram transições eletrônicas (modelos de: Bohr, De Broglie, Schrödinger), números quânticos, forma dos orbitais, níveis de energia e relações do modelo atômico quântico com a tecnologia atual.

O tópico subsequente categoriza e quantifica alguns momentos importantes da sequência didática. Essa categorização permitirá compreender com mais detalhes a microanálise dessas duas aulas, referentes, de maneira geral, à extensão visual de um modelo matemático por meio do Objeto de Aprendizagem.

5.2 MAPEAMENTO DAS CATEGORIAS

A seguir serão apresentados os gráficos de frequência das categorias que foram construídas para a análise. Os gráficos são referentes ao presente eixo temático da tese, ou seja, “O estudo da Estrutura do Átomo” composto por 12 aulas, das quais 10 foram categorizadas, pois as duas primeiras não possuíam vídeos e nem áudios, apenas notas de aula. Das 10 aulas selecionadas, 3 delas (Aulas 3, 7 e 12) possuíam exercícios a serem resolvidos com livre acesso ao computador para uso dos Objetos de Aprendizagem (OA); 4 dessas aulas (Aulas 4, 5, 8 e 11) foram realizadas com o auxílio dos OA, sendo que 1 delas (Aula 5) somente o Professor-Pesquisador manipulou o OA para auxiliar os alunos; as demais, 3 aulas (Aula 6, 9 e 10), foram apenas gravadas em áudio e não houve resolução de exercícios com auxílio dos OA e nem Uso do Computador, a aula 6 correspondeu a um feedback do primeiro exercício com retomada aos modelos atômicos, e as aulas 9 e 10 foram

relativas a aulas expositivas para tratar dos fundamentos matemáticos da equação de Schrödinger.

Antes de iniciarmos a descrição e a análise dos gráficos, faz-se necessário uma síntese das categorias para que haja melhor compreensão da análise.

5.2.1 Síntese geral das categorias e subcategorias

A categoria Locutor refere-se àquela pessoa que detém o momento da fala. Essa categoria foi extraída e adaptada dos trabalhos de Mortimer et al (2005a, 2005b) e Silva (2008). Os autores apontam que existem alternâncias de turnos entre os falantes, além disso, podem existir falas simultâneas, desse modo, quando houve alternância de falas, o Locutor foi marcado individualmente, porém quando houve simultaneidade de vozes, os Locutores foram codificados no mesmo instante de tempo. Cada Locutor possuía uma identificação: A1 e A2 para os alunos que formaram uma dupla; B1 e B2 para os alunos de outra dupla; Professor para o Professor-Pesquisador; e Silêncio para os momentos sem fala. Essa última subcategoria foi inserida como Locutor apenas para identificar que naquele momento ninguém tomou a fala para si, representando um instante de pensamento, perguntas sem respostas ou o Professor escrevendo no quadro.

A Categoria Tipo de Discurso foi proposta por Mortimer et al (2005a, 2005b), onde se encontram 5 subcategorias e uma sexta proposta por Silva (2008, p. 67):

- 1- Discurso de conteúdo:** Relacionado ao conteúdo científico das aulas.
- 2- Discurso procedimental:** Relacionado às instruções para montagem de aparatos experimentais, tais como a montagem de um circuito elétrico ou de uma aparelhagem de destilação, por exemplo.
- 3- Discurso de gestão e manejo de classe:** Relacionado às intervenções do professor que visam apenas manter o desenvolvimento adequado das atividades propostas, sem intenção de desenvolver conteúdo científico.
- 4- Discurso de experiência:** Relacionado às intervenções do professor para demonstrar experimentos ou à realização de experimentos pelos alunos sem usar palavras, mas apenas a ação.
- 5- Discurso de conteúdo escrito:** Relacionado à ação do professor ou aluno em escrever no quadro de giz sem nada dizer.
- 6- Discurso de agenda:** Relacionado às ações do professor, no sentido de conduzir o olhar dos alunos para a ordenação do fluxo das ideias a serem discutidas ao longo da aula, bem como chamar atenção para o que vai ser discutido imediatamente depois da sua fala.

Dessas seis subcategorias, escolhemos três: Discurso de Conteúdo; Discurso de gestão e manejo de classe e Discurso de agenda; as demais não foram selecionadas devido ao fato de não termos trabalhado com experimentos nas aulas. Porém, criamos mais duas subcategorias, sendo elas:

Discurso de Descontração: momentos em que alunos e/ou professor descontraíam com alguma brincadeira, relacionada ao conteúdo ou não.

Outros: relacionado a outros tipos de discurso que não se encaixavam nos citados anteriormente, ou seja, quando os alunos conversavam sobre os professores e as aulas de outras disciplinas, conversas de suas vidas pessoais, despedida de final de aula ou pedidos para tomar água ou ir ao banheiro, dentre outros.

Outra categoria utilizada foi a Abordagem Comunicativa, que é uma ferramenta analítica proposta por Mortimer e Scott (2003) e utilizada em vários de seus trabalhos. Ela “fornece a perspectiva sobre como o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas que resultam em diferentes padrões de interação” (SILVIA, 2008, p.71-72). Os autores ainda propõem quatro classes da abordagem comunicativa:

- **interativa e dialógica**, quando professor e estudantes falam, levando em consideração os pontos de vista que apresentam, mesmo que sejam completamente diferentes daquele que o professor pretende ensinar ou que sejam reconhecidamente errados ou ingênuos;
- **interativa e de autoridade**, quando professor e estudantes falam, mas apenas os pontos de vista que estão em conformidade com os conteúdos científicos são valorizados pelo professor;
- **não-interativa e dialógica**, quando o professor repete e retoma as ideias que foram expressas pelos estudantes e que representam pontos de vista diferentes daqueles da ciência, com a finalidade de que os estudantes comparem essas diferentes ideias e percebam a diferença.
- **não-interativa e de autoridade**, quando só o professor fala e expressa apenas os pontos de vista da ciência.

As demais categorias foram criadas de acordo com a necessidade dos nossos objetivos, e quase todas foram codificadas apenas nos momentos em que

houve discurso de Conteúdo. Essa questão ficará mais clara na discussão dos gráficos. As categorias são apresentadas a seguir com uma breve descrição.

Resolução do Exercício: apresenta duas subcategorias, sendo: *Leitura ou Escrita da dupla A e da dupla B*, representando o momento de silêncio em que os alunos escreviam ou liam o exercício. A categoria maior foi demarcada no momento em que os alunos iniciaram o exercício, mesmo em um discurso aberto a toda a turma para discutir sobre o exercício.

Uso do Computador: especifica duas subcategorias, apenas para demarcar as duplas: *Uso do Computador Dupla A e Uso do Computador Dupla B*. Essas subcategorias foram codificadas nas aulas em que os alunos exploravam o computador sem a resolução do exercício.

Interações: possui quatro subcategorias, sendo: *aluno-aluno*, quando os alunos interagem entre si numa mesma dupla; *dupla-dupla*, quando os alunos interagem entre as duplas; *aluno-professor*, quando os alunos interagem com o professor; e *aluno-OA*, quando os alunos estavam manipulando apenas o OA sem que tenham iniciado um discurso aberto para toda a turma.

Conceitos do Contexto: esta categoria possui três subcategorias, sendo elas: *Cotidiano*, quando os conceitos eram oriundos de um contexto do cotidiano do aluno; *Científico*, quando esses conceitos apresentavam um discurso próprio da ciência; e um de *Resposta Rápida*, que não se enquadrava em nenhum dos dois anteriores, ou seja, quando os alunos produziam respostas retóricas às perguntas do professor ou na interação entre eles.

Questionamentos ou Ideias formadas a partir do uso dos OA: tal categoria possui quatro subcategorias, que indicam o momento em que os alunos respondiam a questionamentos ou levantavam ideias a partir do uso dos OA, são elas: *Reportagens*, quando essas ideias provinham de revistas ou matérias da internet ou TV; *WhatsApp*, quando abordavam as ideias discutidas no grupo que criamos; *Simuladores*, quando utilizavam as ideias dos simuladores; *Vídeos*, quando levantavam ideias a partir dos vídeos vistos nas primeiras aulas.

5.2.2 Descrição e Análise dos Gráficos

Todas as porcentagens das aulas são correspondentes ao tempo de gravação de cada uma delas. Portanto, a frequência das porcentagens das

categorias apresentadas para a “Resolução dos Exercícios” ou o “Uso do Computador” não são uma parcela da porcentagem total dessas, e sim do tempo de aula gravada. Por exemplo, se em uma aula de 1h:40min:00ss a “Resolução dos Exercício” ou o “Uso do Computador” correspondeu a 40% desse tempo, e durante a demarcação das categorias “Locutor” e “Tipo de Discurso” obteve-se uma frequência de 10% e 15% respectivamente dentro da a “Resolução dos Exercício” ou “Uso do Computado”, tal porcentagem não implica uma parcela dos 40%, e sim uma parcela do tempo total de aula. A intenção de demarcar esses 40%, por exemplo, foi apenas para demonstrar o tempo (em porcentagem) que estes tomaram durante toda a aula.

Devido às porcentagens terem sido estabelecidas de acordo com o tempo de aula e algumas delas ocorrerem simultaneamente, salientamos que o leitor não deve ter a preocupação com o estabelecimento e encerramento das porcentagens em 100%, pois o olhar deve ser voltado para a frequência em relação ao tempo. Além disso, a categorização pela linha do tempo do software MaxQDA não permite ter uma precisão exata na demarcação; sendo assim, na soma das porcentagens ou comparação dessas frequências, pode existir um erro de $\pm 2\%$ para valores acima de 10% e um erro de até $\pm 0.5\%$ para valores abaixo de 10%

É importante salientar que a Interação “aluno-aluno” foi codificada apenas com o “Tipo de Discurso de Conteúdo”, não especificando quais eram os locutores desta interação durante a Resolução do Exercício ou Uso do Computador, pois existiam interações de olhares, pensamentos e dúvidas que preferimos não demarcar com a subcategoria do “Locutor” que é o “Silêncio”. Desse modo, a porcentagem da categoria “Tipo de Discurso” poderá ser maior que a categoria “Locutor” caso seja subtraindo a subcategoria “Silêncio” ou poderá ser menor, tendo em vista que existiam falas simultâneas e o “Locutor” era codificado mais de uma vez em um mesmo “Tipo de Discurso”.

Quando os alunos interagiam entre duplas, decidimos categorizar também pelo “Locutor” e sua categoria correspondente (“dupla-dupla”), pois as interações de trocas de olhares, pensamentos e dúvidas já não eram tão expressivas como nas interações do tipo “aluno-aluno”.

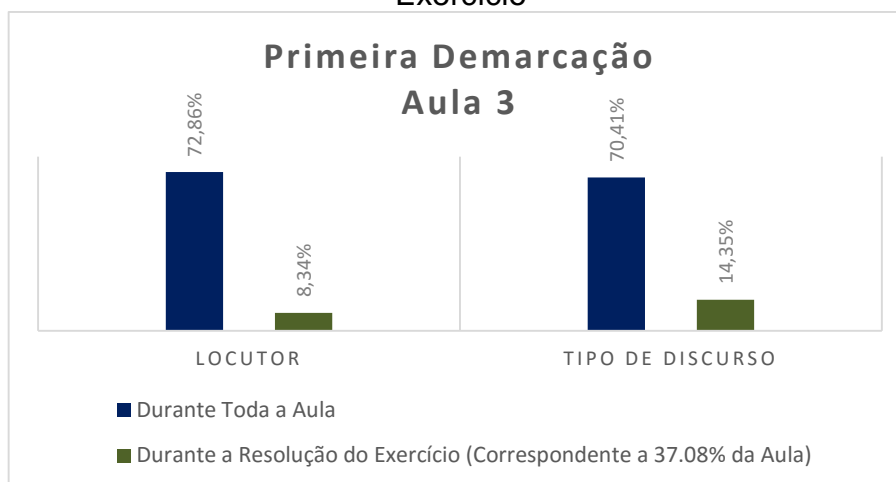
Gráficos da Aula 3

A referida aula possuiu um tempo de **1h:36min:50s**(uma hora, trinta e seis minutos e cinquenta segundos).

O gráfico 1 refere-se a primeira demarcação da aula, ou seja, ao momento em que esta foi ouvida e assistida pela primeira vez para demarcar as categorias “Locutor” e “Tipo de Discurso”. Durante a aula, houve a resolução de um exercício que correspondeu a 37.08% do tempo citado. 72,86% do tempo total correspondeu ao Locutor, dos quais 8.34% estavam inseridos na Resolução do Exercício. O “Tipo de Discurso” correspondeu a 70,41% da aula, onde 14,35% destes estavam inseridos na Resolução do Exercício.

Os momentos de silêncio durante a Resolução do Exercício foram demarcados com a subcategoria “Leitura ou Escrita” e não com a subcategoria do “Locutor”, ou seja, o “Silêncio. Isto foi realizado para diferenciar e esclarecer melhor os dados. Nos próximos gráficos serão apresentados os detalhes das referidas subcategorias.

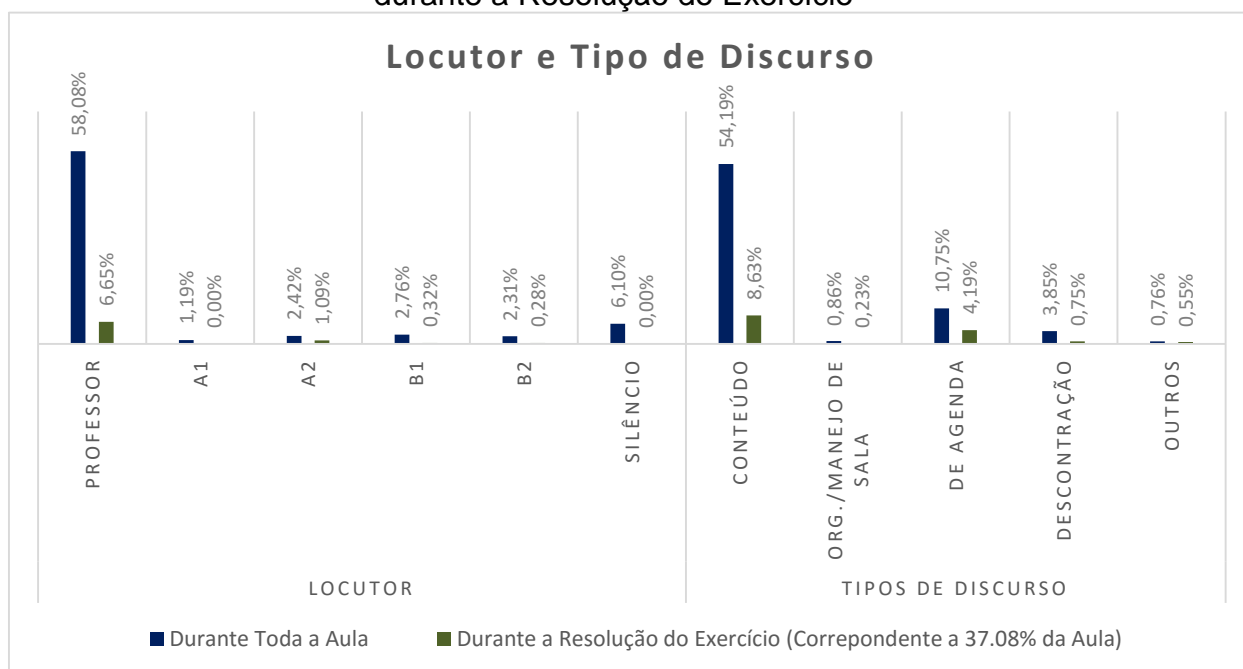
Gráfico 1 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício



Fonte: elaboração própria.

O gráfico 2 apresenta as porcentagens das subcategorias “Locutor” e “Tipo de Discurso” durante a aula e a Resolução de Exercício.

Gráfico 2 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício



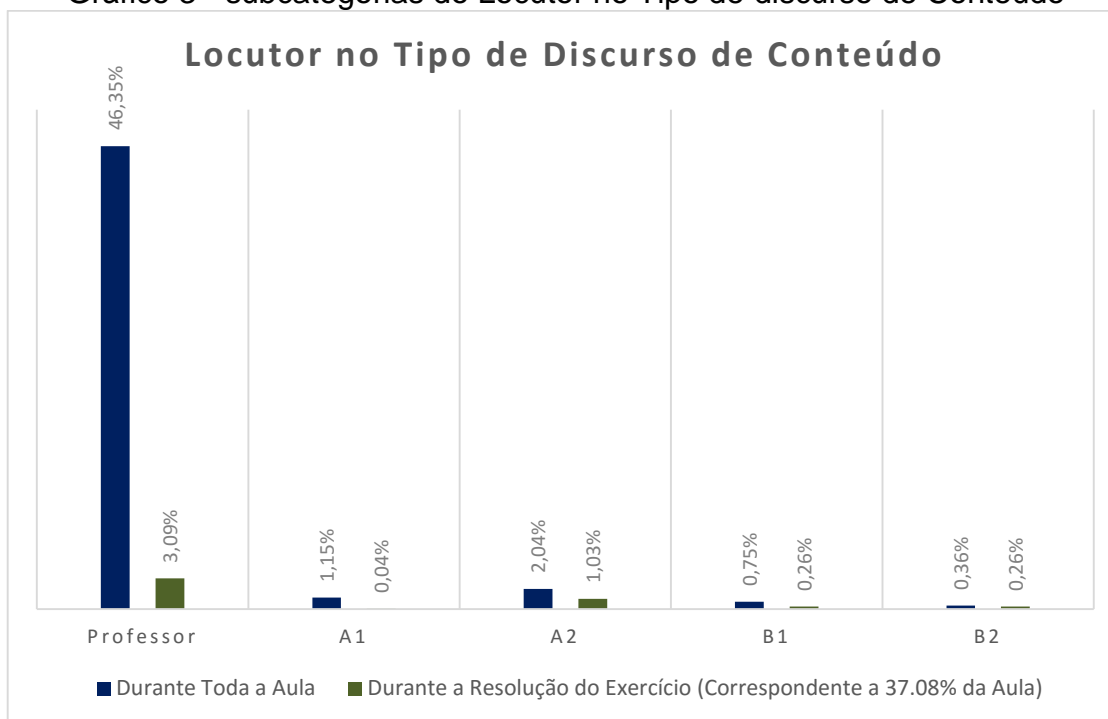
Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado no gráfico acima, o Professor tomou a maior parte do tempo como o Locutor dessa aula. Alguns fatores podem ser citados para tal postura, tais como: timidez dos alunos por se tratar das primeiras aulas; preocupação por parte do Professor com o tempo e o currículo institucional a ser cumprindo; introdução dos conteúdos de interesse a serem discutidos para a pesquisa, dentre outros.

A locução dos alunos dentro da Resolução do Exercício foi correspondente apenas aos momentos em que o discurso estava aberto para toda a turma. Já os momentos de interação “aluno-aluno” por estação de trabalho, como foi explicado na introdução deste tópico, não foram categorizados com o “Locutor”.

No gráfico 3, podemos observar as porcentagens das subcategorias do “Locutor” no “Tipo de Discurso de Conteúdo”. Essa e as demais demarcações são referentes principalmente ao tipo de discurso de Conteúdo, uma vez que o significado dos conceitos, que é de interesse deste trabalho, estava inserido nesse tipo de discurso. Além disso, essa seleção e as próximas categorizações foram realizadas após assistirmos e/ou ouvirmos a aula pela segunda vez.

Gráfico 3 - subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo

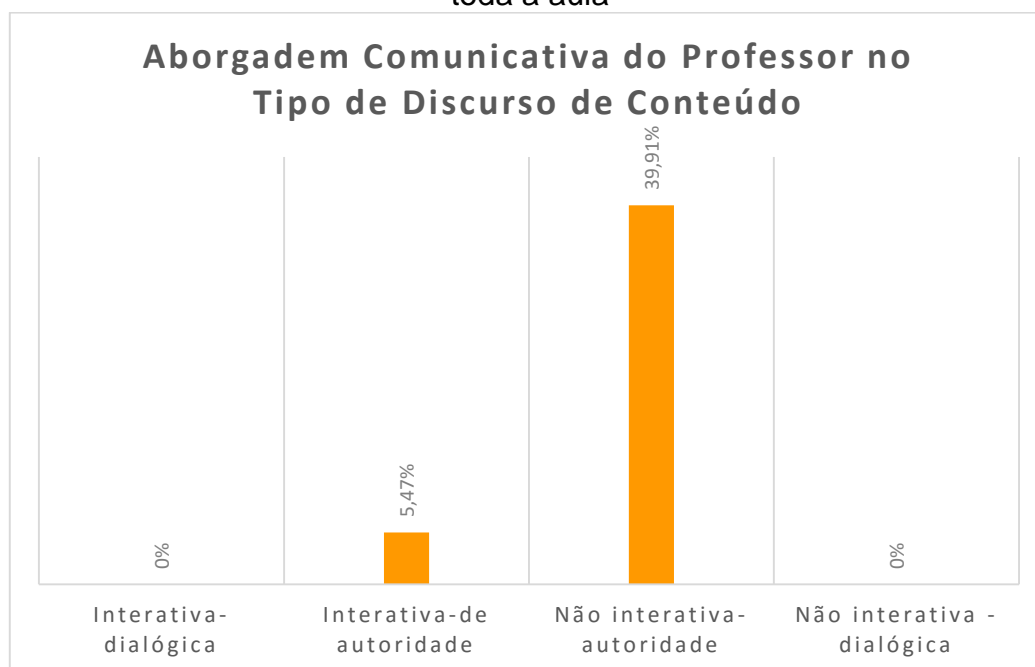


Fonte: elaboração própria.

Observa-se, a partir do gráfico, que em 46,35% do tempo de aula o professor manteve um discurso de Conteúdo com os alunos, sendo que 3,09% desses estavam inseridos em um discurso aberto na Resolução do Exercício para sanar alguma dúvida dos alunos ou mesmo para discutir conteúdos referentes ao exercício. Por se tratar de uma aula inicial com a presença de novos meios mediacionais, como os Vídeos, além da discussão de abordagens históricas referente aos conceitos de luz, os alunos ainda apresentavam certa timidez ao discutir sobre o conteúdo. Sendo assim, a maior participação foi do aluno A2 com 2,04% da aula, sendo 1,03% inserido nas discussões durante a Resolução do Exercício. A menor participação foi do aluno B2, o mais tímido da turma, embora fosse indagado várias vezes sobre os conteúdos, ele resistia em participar.

O gráfico 4 apresenta a abordagem comunicativa utilizada pelo Professor durante a discussão dos conteúdos. Essa categoria não foi destacada como as outras na Resolução de Exercício, pois a intenção era apenas identificar qual abordagem comunicativa predominava durante o discurso de Conteúdo.

Gráfico 4 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a aula

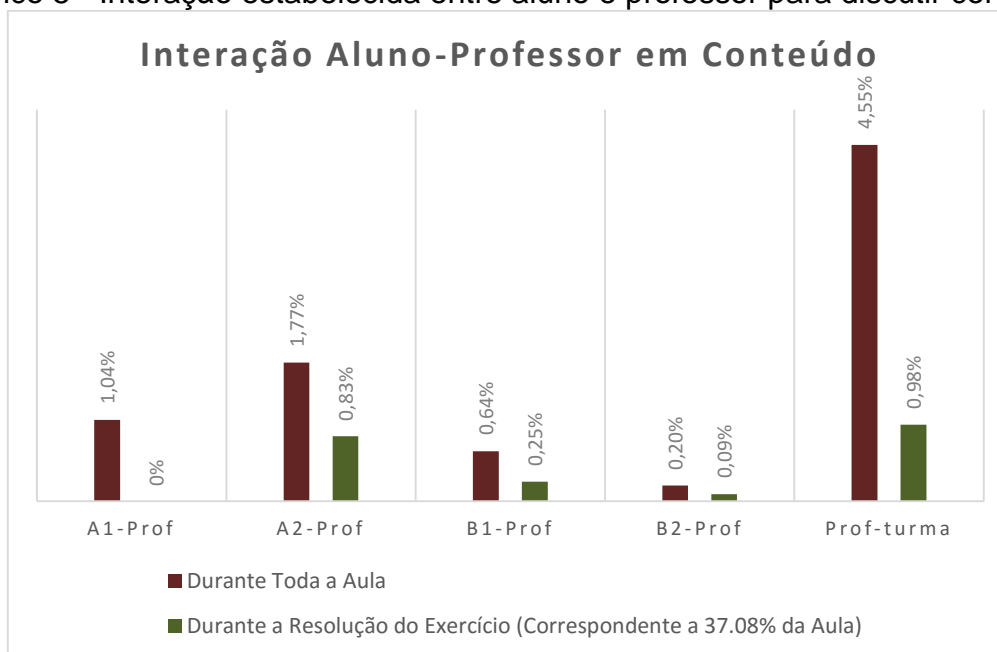


Fonte: elaboração própria.

A abordagem comunicativa predominante na aula foi a “Não interativa de autoridade”, ocupando um total de 39.91% da aula, já a “Interativa – de autoridade” correspondeu a 5.47% da aula. Esses dados também serviram para contrastar a descrição geral inserida no mapa de aulas, pois sem as frequências dessas categorias, apenas assistindo e/ou ouvindo às aulas sem codificá-las (mapa de aulas), não era possível ter clareza sobre qual a abordagem comunicativa prevalecia no discurso do professor. Em vários momentos, no mapeamento das aulas, houve dificuldades em identificar qual a abordagem estava sendo utilizada, se era a “Interativa–dialógica” ou a “Interativa-de autoridade”, sendo esclarecidas no mapeamento das categorias.

Durante a aula, ocorreram interações entre o Professor e os alunos para discutir o conteúdo, sejam essas interações com respostas rápidas por parte dos alunos ou até mesmo com um discurso mais científico e longo. O gráfico 5 apresenta a frequência dessas interações que ocorreram durante a aula e durante a Resolução do Exercício.

Gráfico 5 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo



Fonte: elaboração própria.

As interações entre os alunos e o professor estão discriminadas e identificadas por aluno. É importante frisar que o software, ao fazer a interseção entre a categoria “Interação aluno-Professor” e o “Locutor” aluno (A1, A2, B1 ou B2) no discurso de Conteúdo, demarcava apenas o espaço onde o aluno interagiu com o Professor, porém a interação continuava com a resposta ou discurso do Professor. Sendo assim, a porcentagem restante, referente à categoria “Interação Aluno – Professor”, foi demarcada no gráfico como “Professor-Turma”, pois referia-se a um discurso direcionado para toda a turma a partir da interação de um aluno em específico.

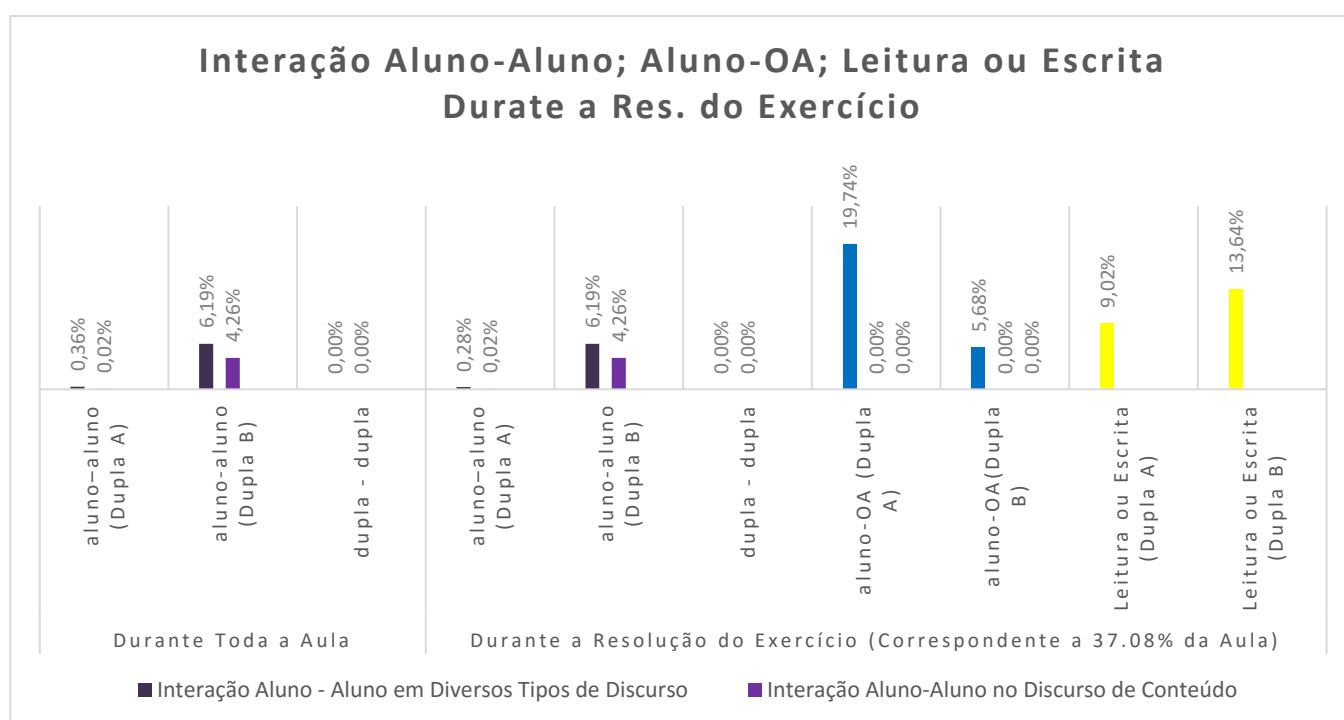
Observa-se que o aluno A2 é o que mais interagiu com o Professor, com uma porcentagem de 1.77% durante a aula, dos quais 0.83% estavam inseridos na Resolução do Exercício. Já o aluno A1, apesar de interagir mais que os demais durante a aula, não fez nenhuma interação durante a Resolução do Exercício. O aluno B1, embora tenha sido o aluno que mais se expressou durante a aula, como mostrou o gráfico 2 com uma frequência de 2.76%, apenas 0.64% se referiram à interação com o Professor no discurso de Conteúdo, dos quais apenas 0.25% desses estavam inseridos na Resolução do Exercício. O aluno B2 também manteve uma Locução expressiva de 2.31% durante a aula (gráfico 2), mas apenas 0.20%

corresponderam à interação com o Professor no discurso de Conteúdo e 0.09% desses fizeram parte da Resolução do Exercício.

O gráfico 6 nos mostra a interação entre alunos, seja entre os alunos da dupla ou entre as duplas, além de exibir a interação desses com o Objeto de Aprendizagem (OA). Ademais, apresenta os momentos de silêncio durante a Resolução do Exercício, que correspondem à Leitura ou à Escrita. A interação com o OA nesta e nas demais aulas refere-se ao momento em que o aluno estava apenas manipulando o OA (podendo haver interação entre alunos nesta manipulação), quando o discurso se voltava para toda a turma, essa categoria não era marcada.

Os alunos da dupla A foram os que menos interagiram, de modo que 0.36% dessa interação estava inserida em diversos tipos de discurso e apenas 0.02% desse percentual correspondiam ao discurso de Conteúdo. Dessa interação, dos 0.36% da dupla A, 0.28% do discurso geral estavam inseridos na Resolução do Exercício e os 0.02% referentes ao discurso de Conteúdo ocorreram nesse mesmo momento. Isso demonstra pouco entrosamento entre estes alunos, além de passarem mais tempo, 19.74% da aula, procurando por respostas no vídeo durante a interação com o OA.

Gráfico 6 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem e momentos de leitura e escrita do exercício



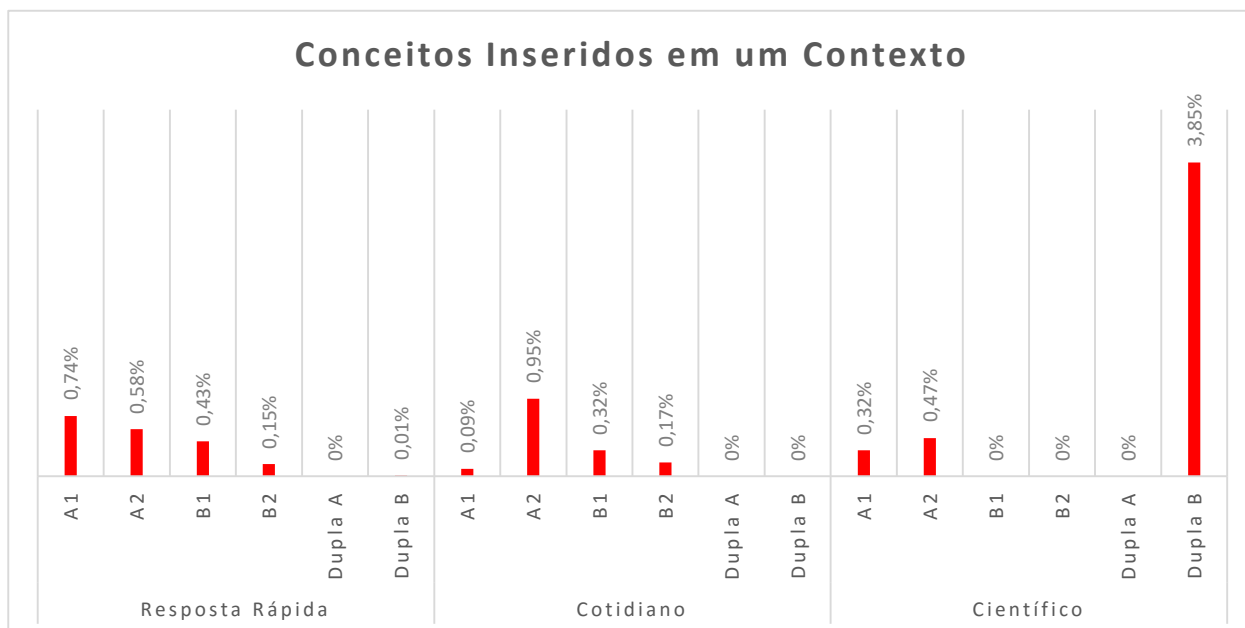
Fonte: elaboração própria.

Já a dupla B interagiu 6.19% em diversos tipos de discursos, dos quais 4.26% corresponderam ao discurso de Conteúdo e esses mesmos valores se repetiram durante a Resolução do Exercício, significando que toda a interação ocorreu durante esse momento. Esses alunos interagiram mais entre si e assistiram a pouco aos vídeos, ocupando apenas 5.68% da aula. Sendo assim, um maior tempo de Leitura ou Escrita do exercício foi dedicado pela dupla B, correspondendo a 13.64% da aula; e a dupla A dedicou 9.02% da aula lendo ou escrevendo, uma vez que interagiu mais tempo com o OA. Não houve interação entre os alunos durante a manipulação do OA, ou seja, enquanto os alunos assistiam aos vídeos, eles permaneceram calados. Também não foi identificada interação entre as duplas, acreditando-se que ainda não havia entrosamento suficiente dos alunos no início da disciplina.

Durante as locuções ou as interações dos alunos, o discurso de Conteúdo estava inserido em um contexto Cotidiano ou científico, isto é, ora a fala do aluno seguia uma abordagem simplista do ponto de vista científico, carregada de concepções espontâneas, ora seguia uma abordagem científica, característica desse meio. Quando o discurso do aluno não englobava nenhum dos contextos citados, ele foi classificado como “Resposta Rápida”. O contexto de “Resposta Rápida” se referia a uma resposta curta e dita mecanicamente ou à confirmação da fala de um colega ou do Professor. O gráfico 7 expõe esses dados para esclarecimento das frequências ocorridas durante a aula.

As interações entre as duplas (duplas-duplas) não foram expostas no gráfico 7, pois, como citado anteriormente, essa interação foi codificada com o “Locutor” e sua identificação no gráfico abaixo estão somadas para cada aluno (A1, A2, B1 e B2). Esse procedimento foi adotado porque, nos discursos entre as duplas, não existiam muitas interações de pensamentos, expressões e dúvidas, facilitando a demarcação com a categoria “Locutor”.

Gráfico 7 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos

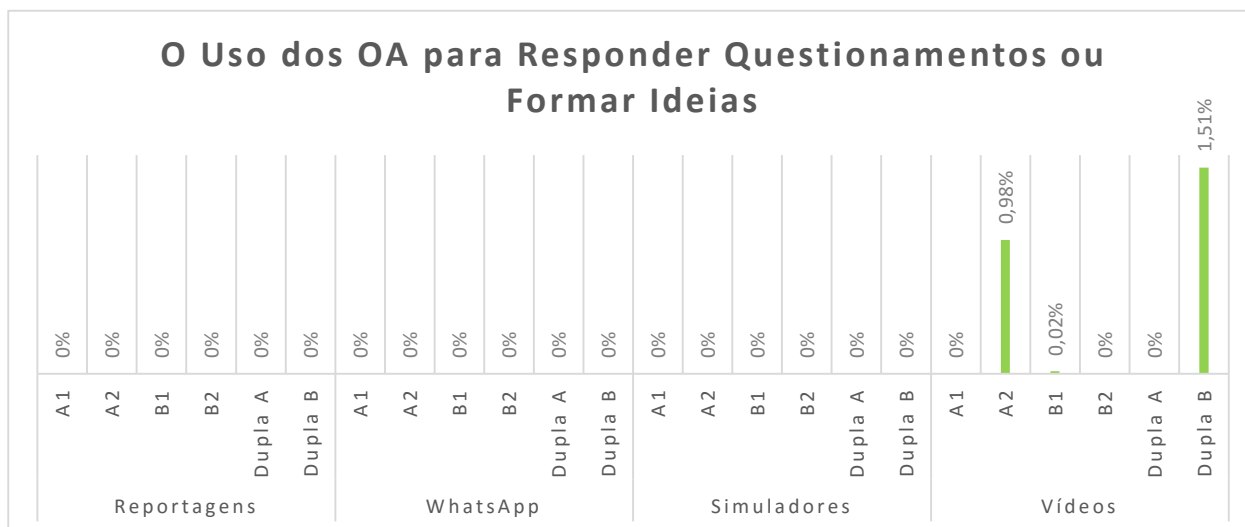


Fonte: elaboração própria.

Os alunos A1 e A2 foram os que mais discutiram os conteúdos de acordo com o contexto científico, mas fizeram isso durante o discurso aberto e quase não interagiam entre si na Resolução do Exercício. Além disso, esses mesmos alunos apresentaram as maiores frequências de Respostas Rápidas e o aluno A2 foi o que mais abordou os conteúdos dentro de um contexto Cotidiano (0.95% da aula). Apesar dos alunos B1 e B2 não discutirem o conteúdo do ponto de vista científico no discurso aberto a toda turma, eles interagiam razoavelmente entre si na Resolução do Exercício, correspondendo a 3.85% da aula. O aluno B2 não discutiu o conteúdo no contexto científico, mas participou com respostas rápidas (0.15% da aula) e expôs suas ideias por meio do contexto Cotidiano, correspondendo a 0.17% da aula.

O gráfico a seguir (gráfico 8) apresenta a frequência do discurso dos alunos ao utilizarem ideias a partir dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamento ou levantar problemáticas a respeito do conteúdo. Observa-se que o aluno A2 utilizou-se das abordagens dos vídeos para levantar sua opinião frente aos conteúdos, com uma frequência de 0.98% durante a aula. Já a dupla B interagiu entre si para discutir sobre os conteúdos a partir das ideias apresentadas no vídeo, correspondendo a 1.51% da aula.

Gráfico 8 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias



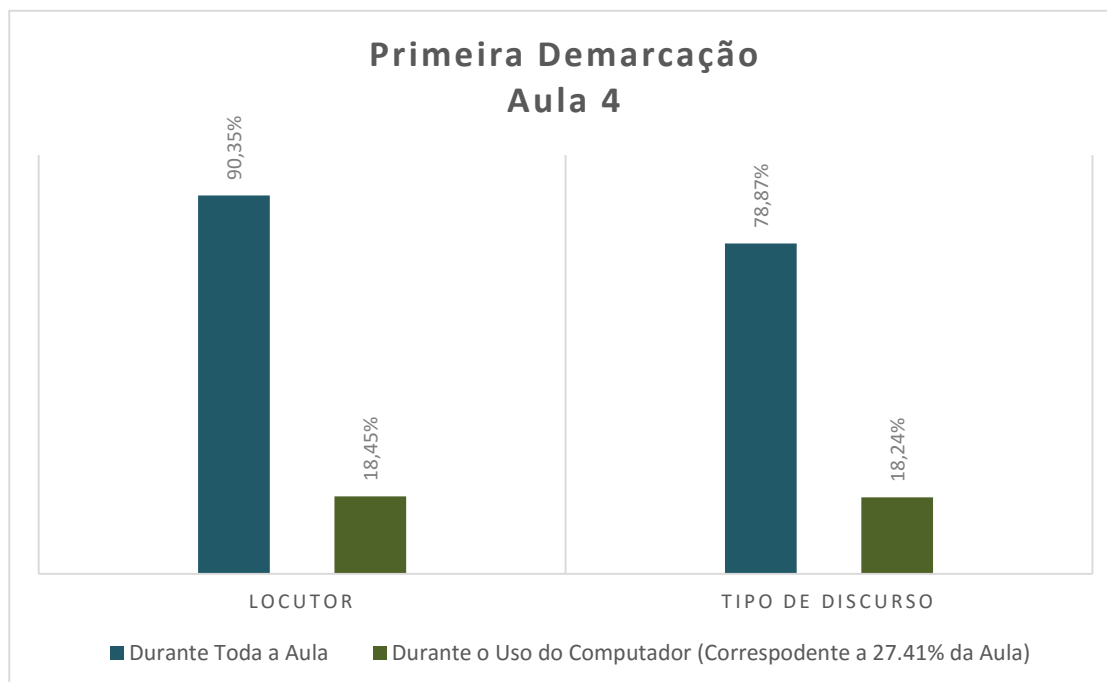
Fonte: elaboração própria.

Gráficos da Aula 4

A referida aula possuiu um tempo de 1h:39min:23s (uma hora, trinta e nove minutos e vinte e três segundos). A porcentagem do tempo de aula correspondente ao Uso do Computador de 27.41% ocorreu durante a apresentação do OA pela fala do Professor, ou seja, à medida que os alunos manipulavam o OA referente aos modelos atômicos, o Professor fazia indagações ou orientava os alunos a clicarem em algum botão. Dessa forma, no momento do Uso do Computador, a maior parte dos discursos estava inserido em um diálogo aberto a toda a turma e as interações ocorreram somente com o Professor.

O gráfico 9 refere-se à primeira demarcação da aula, na qual se obteve um total de 90.35% para a categoria Locutor, sendo que 18.45% desse total ocorreram durante o Uso do Computador. Já o Tipo de Discurso ocupou um total de 78.87% da aula, em que 18.24% foram durante o Uso do Computador.

Gráfico 9 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador

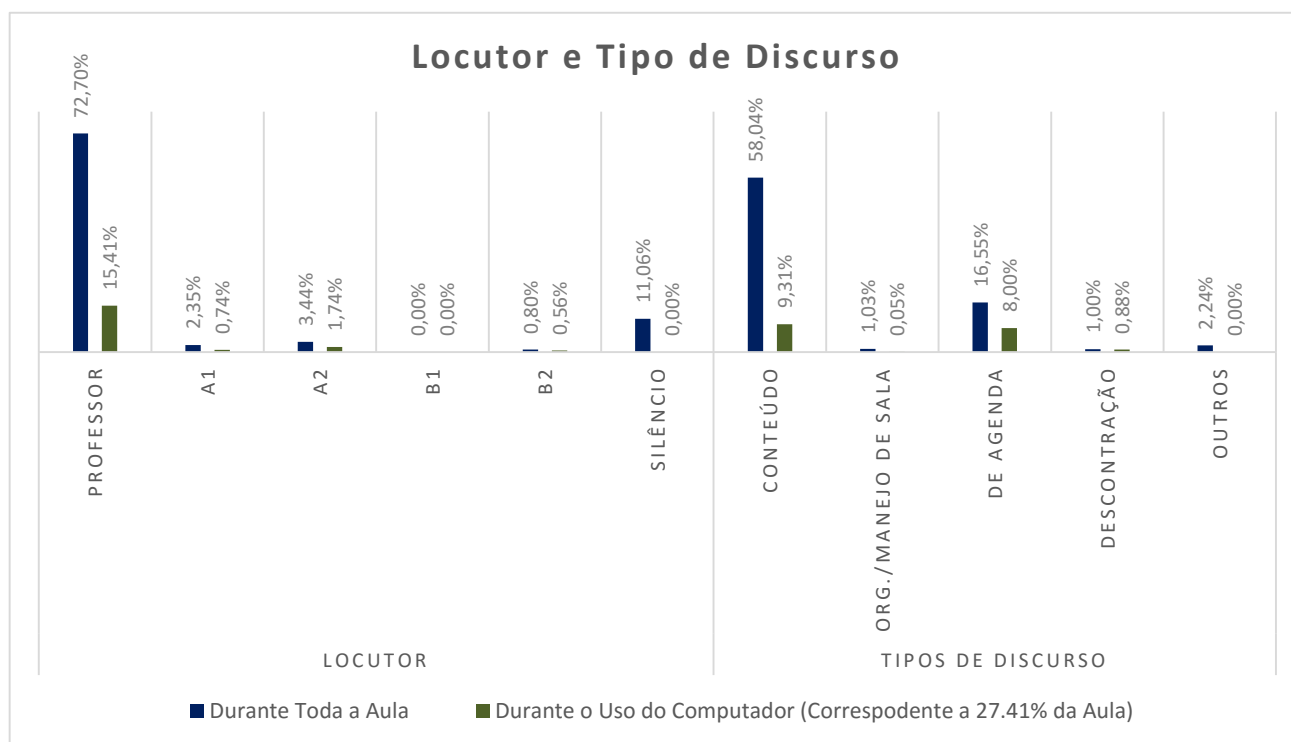


Fonte: elaboração própria.

Os dados acima nos revelam apenas uma visão geral dessas duas categorias. No gráfico 10, pode-se visualizar detalhadamente as porcentagens de cada Locutor e os Tipos de Discursos que ocorreram nesta aula.

De acordo com os dados, o Professor foi o Locutor mais expressivo da aula, com 72.70%, sendo 15.41% durante o Uso do Computador. Como tal uso ocupou 27.41% da aula, significa que o Professor manteve a locução em mais da metade desse tempo.

Gráfico 10: Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador



É importante salientar que, nesta aula, o Professor apresentou o OA sobre os modelos atômicos aos alunos; desse modo, orientou-os em alguns momentos a fim de que dominassem a ferramenta. Segundo Wertsch, nos processos de internalização ocorrem o domínio e a apropriação. O domínio pode ocorrer externamente, sem que necessariamente passe para o plano interno, o agente pode usar uma ferramenta cultural e admitir certo conflito ou resistência.

Entendemos, a partir da literatura, que o processo de domínio deve ocorrer pelos próprios alunos, sem muitas interferências do Professor, ou seja, eles deveriam ficar livres para manipularem o OA. No entanto, nesta aula não ocorreu exatamente dessa forma, pois, em diversos momentos, o Professor interferia para orientar o olhar dos alunos, podendo alguns motivos ser citados: Insegurança do Professor em relação ao que os alunos estavam habituados nas aulas tradicionais, por imaginar que pudessem questionar sobre tal metodologia como “enrolação” a respeito de transmitir o conteúdo; por várias vezes os alunos entediavam-se com a manipulação do OA, por parecerem não saber os objetivos da simulação; o Professor também se preocupava com o tempo de aula que foi disponibilizado à sua pesquisa e com os conteúdos que ali deveria abordar para que o professor

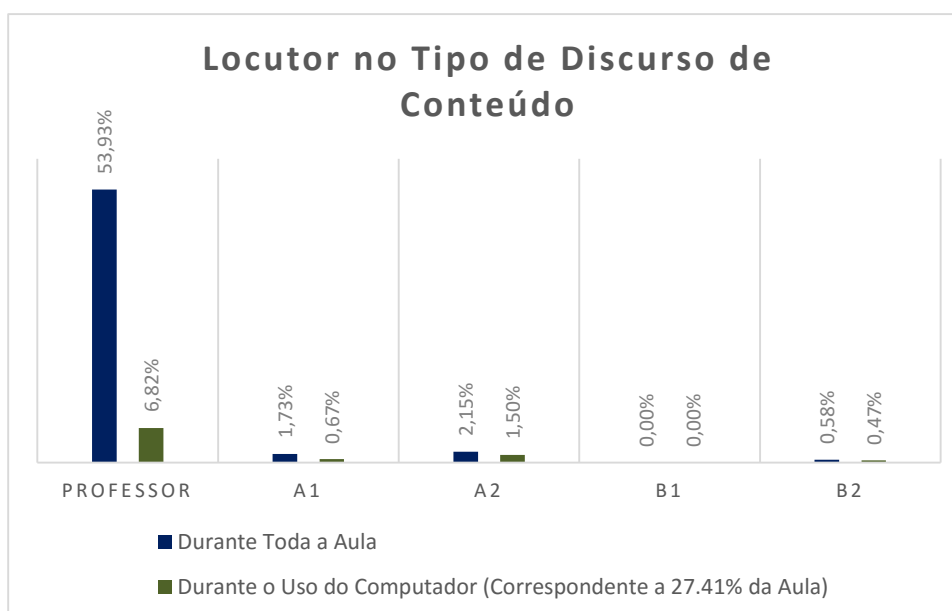
responsável desse continuidade sem prejuízos aos conteúdos subsequentes; dentre outros.

Reiteramos que na metodologia deste trabalho foi exposto que o Professor responsável pela disciplina nos disponibilizou apenas as 20 primeiras horas, porém, por questões institucionais internas, o Professor-Pesquisador continuou as aulas até o final da disciplina.

Com relação aos alunos, o que mais participou foi o A2, com uma locução de 3.44%, dos quais 1.74% estavam inseridos no momento do Uso do Computador, seguido do aluno A1, com a locução de 2.35% durante a aula, sendo que 0.74% estavam inseridos no Uso do Computador. O aluno B1 não compareceu a esta aula e B2 foi o que menos participou, provavelmente por ser o mais tímido da turma e ter um maior entrosamento, nessa etapa das aulas, com o aluno B1. Observa-se que, na aula anterior, que possuía um tempo quase semelhante a esta aula e em que o aluno B1 estava presente, o aluno B2 participou mais ativamente.

O gráfico 11 ratifica a locução dos sujeitos somente no discurso de Conteúdo, objeto de interesse desta pesquisa.

Gráfico 11 - subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo



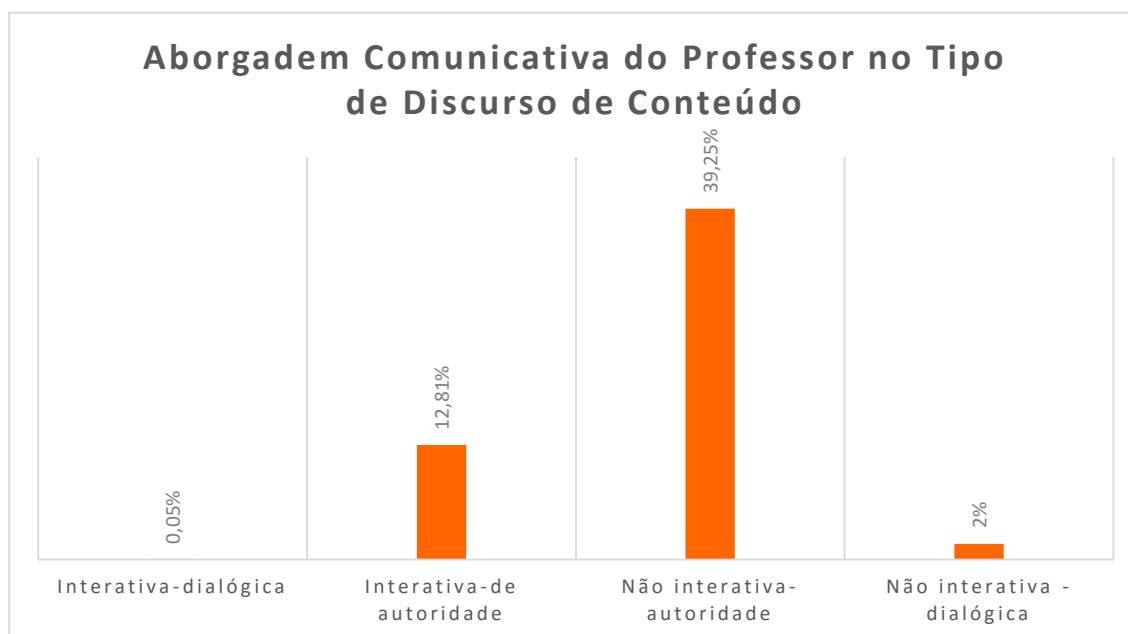
Fonte: elaboração própria.

Dessa maneira, observa-se que o Professor discutiu sobre o conteúdo boa parte da aula, correspondendo a 53.93%, dos quais 6.82% estiveram inseridos no Uso do Computador. O aluno A2, seguido do A1, continuavam como os mais

participativos, mesmo em se tratando do discurso de Conteúdo. Apesar da pouca participação do aluno B2, boa parte dessa participação ocorreu nas discussões de conteúdo científico.

Abaixo, no gráfico 12, é expressa a abordagem comunicativa do Professor no discurso de Conteúdo. Frisa-se que o discurso “Não Interativo-de Autoridade” ocupou 39.25% da aula, seguido do discurso “Interativo de Autoridade” com 12.81%. Além disso, houve uma leve abordagem “Interativa Dialógica” de 0.05% e “Não Interativa-dialógica” de 2%. Alguns motivos sobre a prioridade da abordagem comunicativa “Não interativa-de autoridade” já foram citados em outros momentos, sendo o principal deles a preocupação do Professor com o tempo disponível de aula e o cumprimento do conteúdo programático previsto pela instituição.

Gráfico 12 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a aula

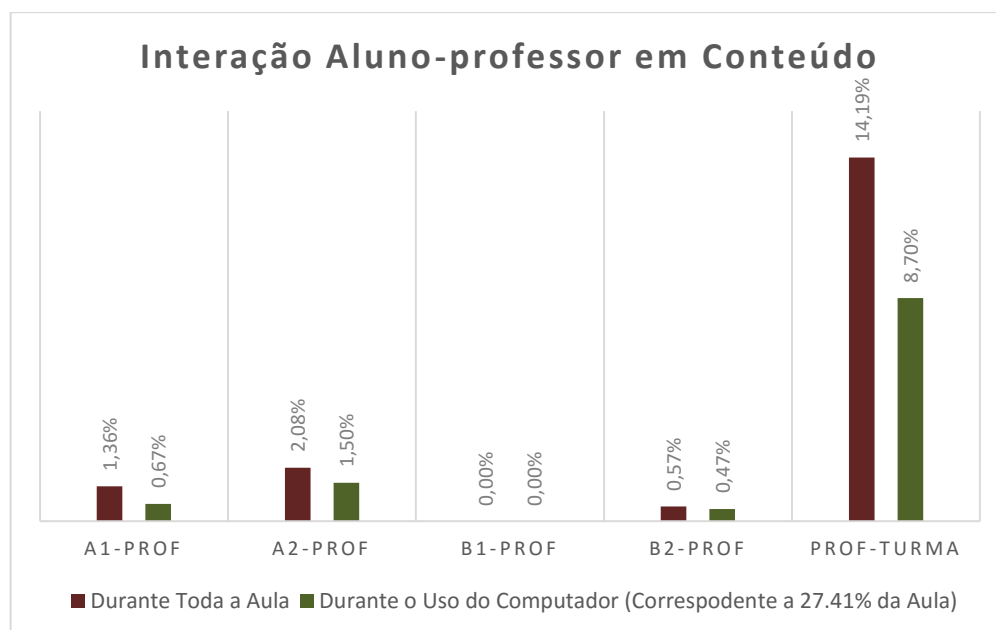


Fonte: elaboração própria.

No gráfico 13, também se pode salientar a prioridade do Professor pela abordagem “Não-Interativa de Autoridade” (por meio do alto valor da categoria Prof-Turma), pois, à medida que os alunos interagem com o Professor, ele tentava sanar as indagações por meio do discurso Científico, não interativo e de autoridade, tendo em vista que algumas dessas perguntas eram pontuais e havia a preocupação com o tempo de aula para oferecer fluxo ao conteúdo. Caso fossem tratadas de maneira

“Interativa-dialógica”, corria-se o risco de discutir apenas uma pequena parte do conteúdo, embora de forma mais significativa, frente ao currículo acadêmico e tempo estabelecidos institucionalmente.

Gráfico 13 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo

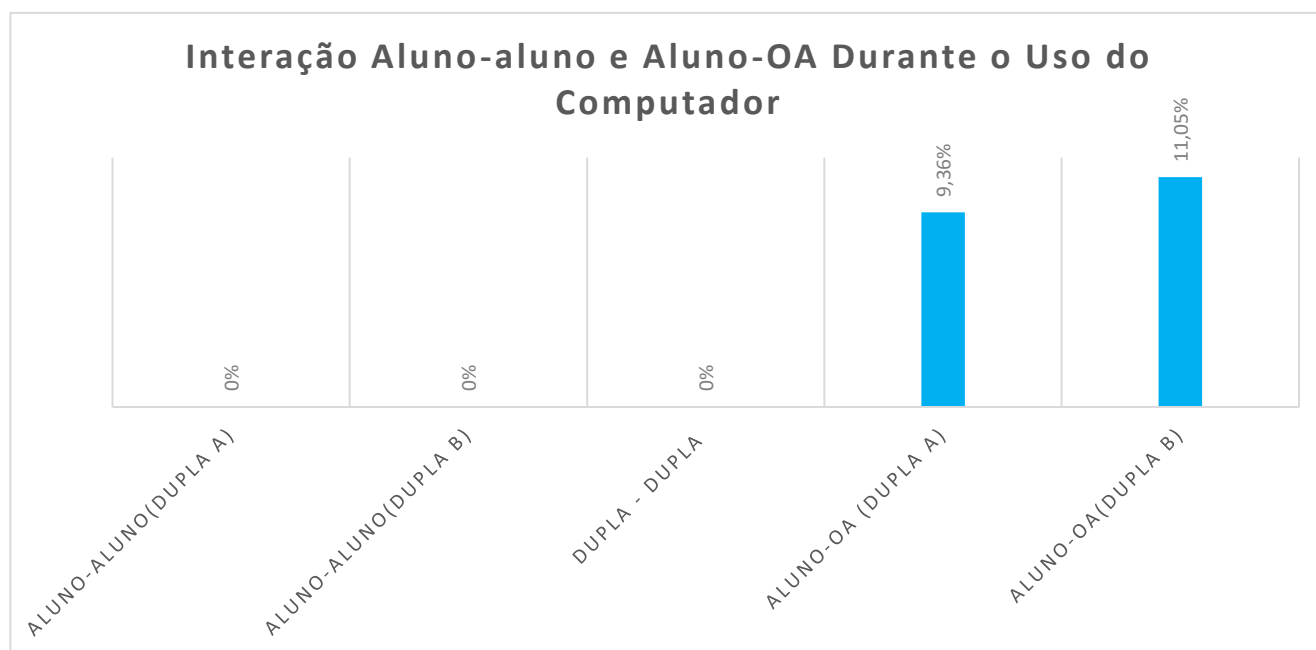


Fonte: elaboração própria.

A expressividade na porcentagem da interação entre Professor-Turma, como já foi salientando, se dá pelo fato de que, após a pergunta de um aluno, por exemplo, o discurso do Professor continuava com a resposta, mantendo, assim, a continuidade da interação. No entanto, tal resposta, apesar de ser gerada a partir da pergunta de um aluno em específico, foi direcionada a toda a turma para que pudessem compreender o que ali estava sendo discutido.

O gráfico 14 representa os momentos de interação entre alunos e entre o OA) Porém, como o Uso do Computador ocorreu principalmente pela orientação e fala do Professor, não houve manifestação de interação entre os alunos.

Gráfico 14 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem

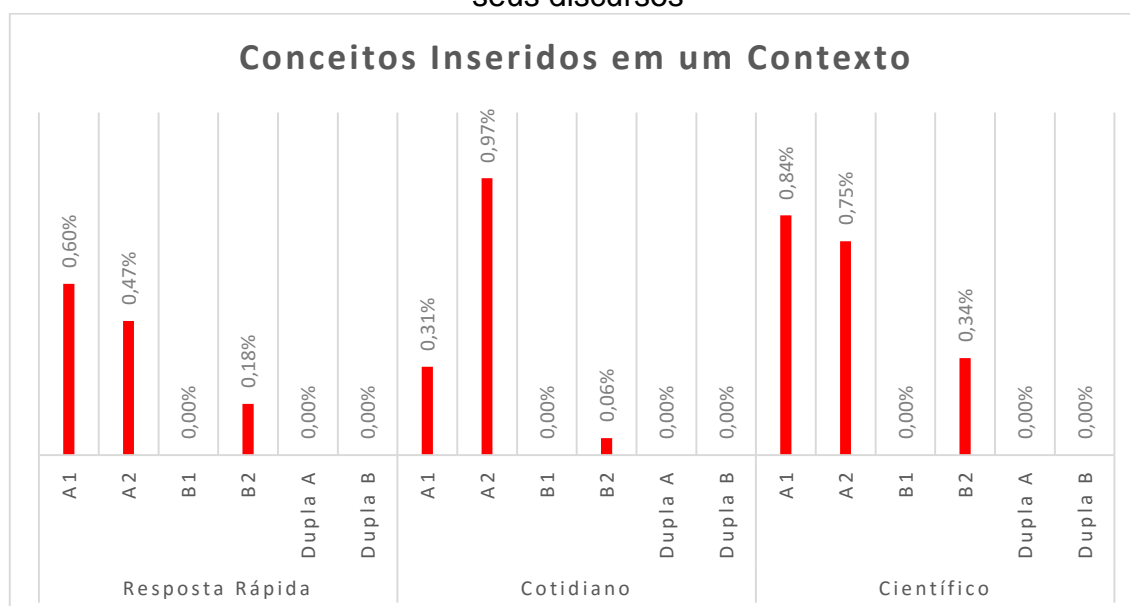


Fonte: elaboração própria.

A despeito de não ter ocorrido interação entre os alunos, observa-se que eles interagiram com o OA sem a interferência da fala do Professor em um discurso aberto a turma no momento do Uso do Computador. A dupla A explorou o OA em 9.36% do tempo de aula e a dupla B em 11.05%. O maior valor atribuído à dupla B deve-se ao fato da curiosidade do aluno B2, pois, apesar dele não interagir muito a respeito do conteúdo, manifestou expressivo interesse em manipular e conhecer o OA.

De acordo com o gráfico 15, o discurso de Conteúdo em um contexto científico teve um expressivo aumento para os alunos A1, A2 e B2 (B1 faltou à aula) em comparação com a aula anterior. Na Aula 3, os conceitos inseridos em um contexto científico do aluno A1 foram de 0.32% e, nesta aula, de 0.84%, considerando ainda o maior tempo desta. Já para o aluno A2 foi de 0.47% para 0.75% e o aluno B2 foi de 0% para 0.34%. Apesar dos conceitos inseridos em um contexto Cotidiano terem aumentado, os do contexto de Resposta Rápida diminuíram, mostrando que os alunos passaram a discutir mais os conteúdos durante a aula.

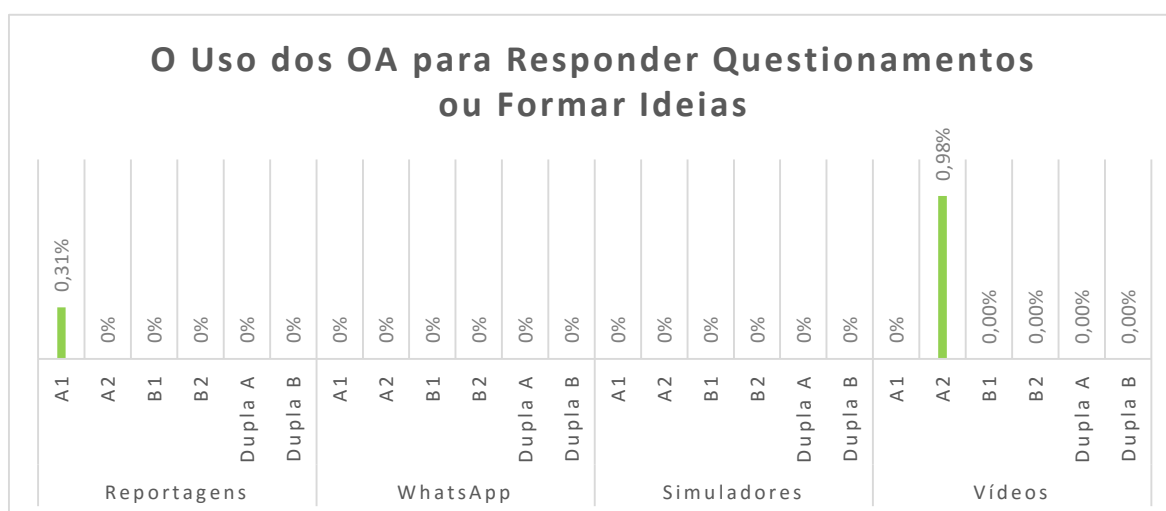
Gráfico 15 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos



Fonte: elaboração própria.

Em referência ao levantamento de ideias ou às respostas aos questionamentos a partir dos OA, o aluno A1, como mostra o gráfico 16, apresentou discussões a partir de reportagens televisivas ou impressas, ocupando um espaço de 0.31% da aula. Já o aluno A2 trouxe as ideias dos vídeos assistidos durante as aulas anteriores, correspondendo a 0.98% da aula.

Gráfico 16 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias



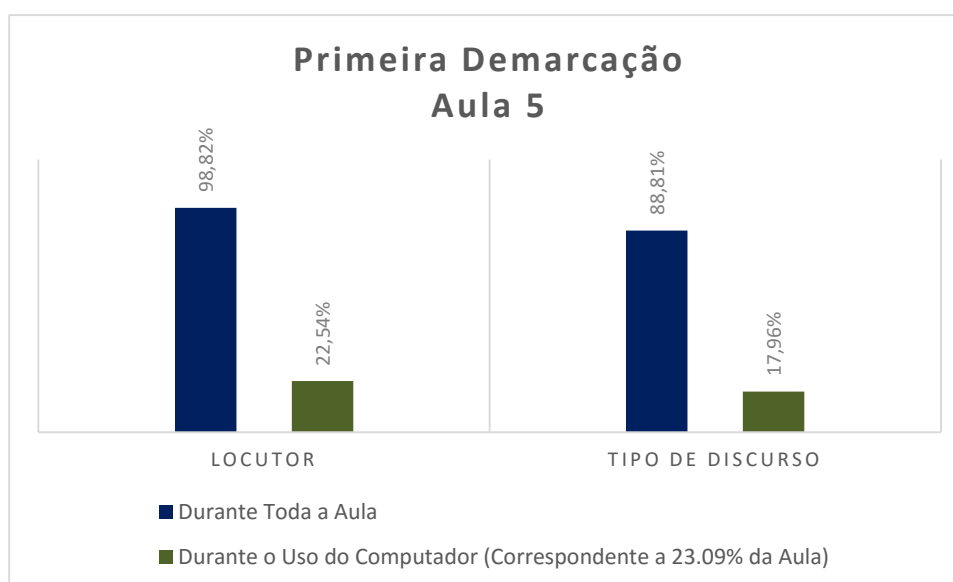
Fonte: elaboração própria.

Gráficos da Aula 5

Esta aula foi ministrada em um tempo de 1h:43min00s (Uma hora, quarenta e três minutos e zero segundos). Na presente aula, não ocorreram interações entre os alunos, pois nos 23.09% da aula correspondente ao Uso do Computador, somente o Professor manipulou o OA para introduzir conceitos referentes ao efeito fotoelétrico. Esse OA serviu como mediador para que o Professor pudesse interagir com os alunos e discutir os conteúdos do material escrito que eles possuíam.

O gráfico 17 apresenta as porcentagens das duas categorias que foram codificadas primeiramente durante a aula e Uso do Computador. Sendo assim, o Locutor teve uma frequência de 98.82% durante a aula, sendo que 22.54% foram durante o Uso do Computador. Já o Tipo de Discurso teve um valor de 88.81% durante aula e 17.96% desse total foram durante o Uso do Computador.

Gráfico 17 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador

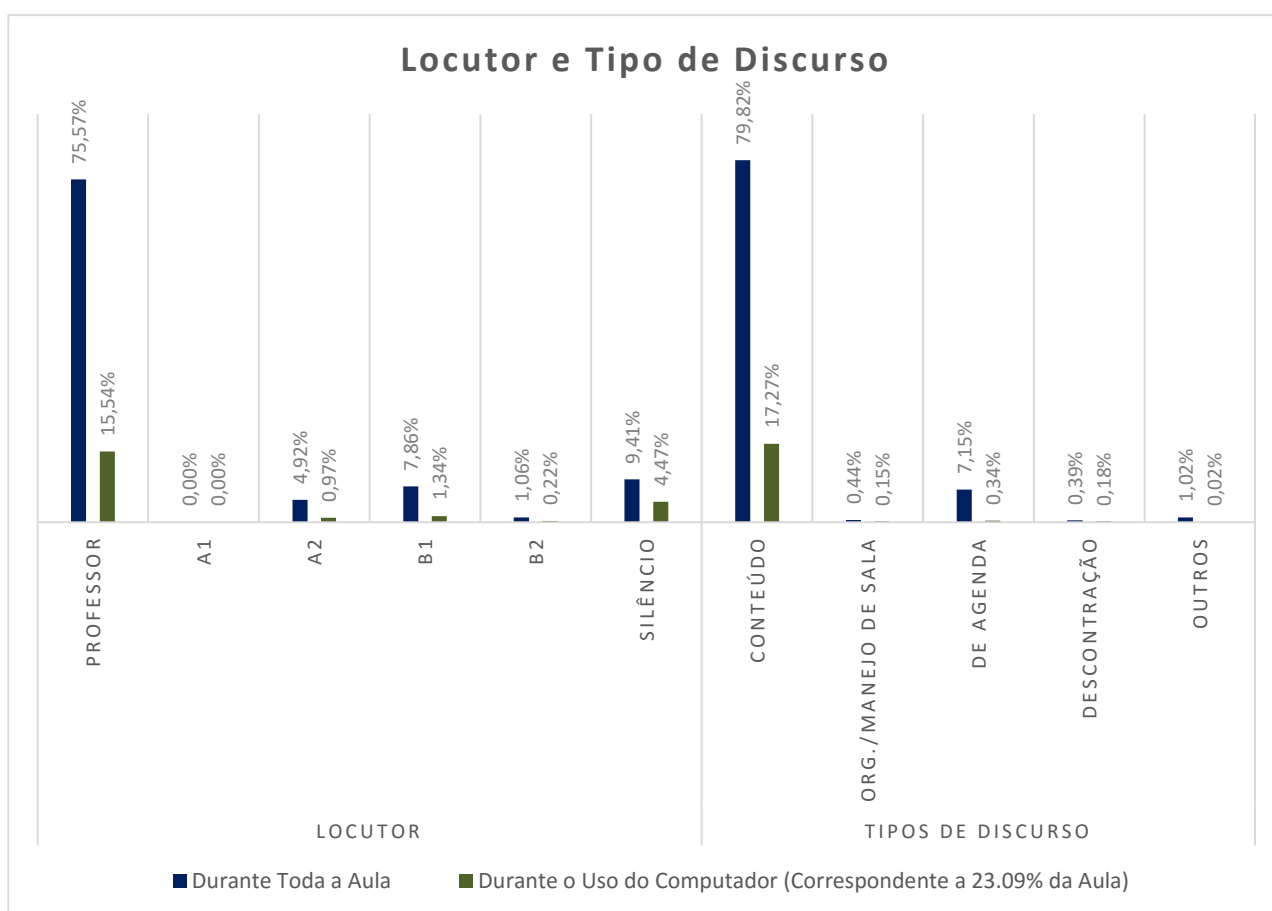


Fonte: elaboração própria.

Reiteramos que as porcentagens do Locutor e Tipo de Discursos serão sempre diferentes, pois a subcategoria do Locutor “Silêncio” não foi codificada com nenhum tipo de discurso. Outra questão a ser frisada é que, em alguns momentos, ocorria simultaneidade de vozes e assim eram codificadas com apenas um Tipo de Discurso.

Os detalhes das duas categorias acima estão expostos no gráfico 18, referindo-se às subcategorias dessas. O Aluno A1 não compareceu a esta aula, por esse motivo, as porcentagens referentes a esse aluno possuem todas o valor zero.

Gráfico 18 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador



Fonte: elaboração própria.

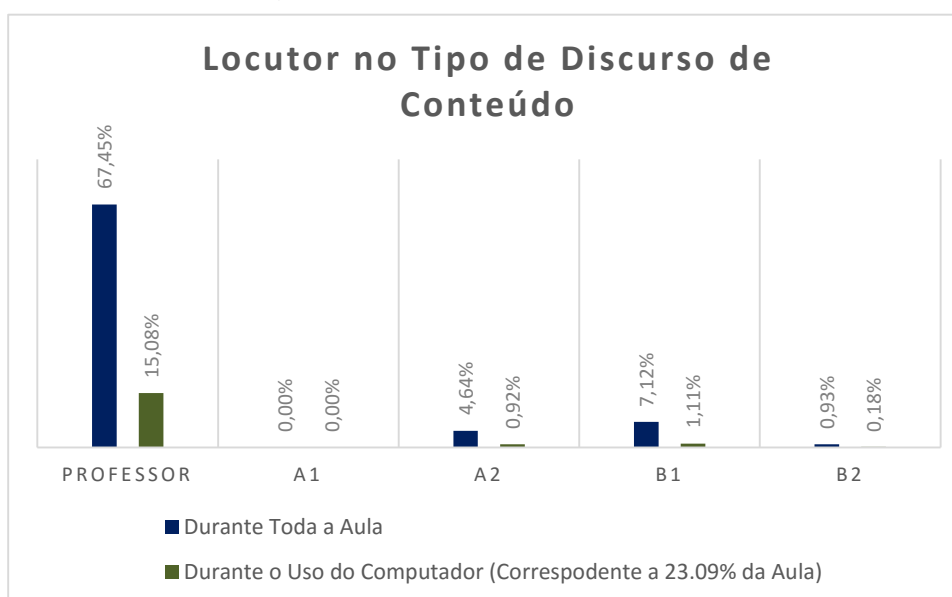
Nesta aula, o Professor tomou a maior parte do discurso, com 75.57% da aula, sendo 15.54% no Uso do Computador. Os conteúdos abordados eram referentes à absorção e emissão da luz, no qual o OA orientou sobre os conceitos do efeito fotoelétrico. Como se tratavam de conteúdos importantes para o estudo da estrutura do átomo e não tínhamos o tempo como um fator favorável, decidimos tratar algumas aulas de maneira mais expositiva, porém sempre mantendo a interatividade como prioridade, apesar de quase sempre os momentos comunicativos serem de autoridade.

Os dados do gráfico acima nos revelaram que o aluno B1 foi o mais participativo, apresentando uma frequência de 7.86%, dos quais 1.34% estavam

inseridos no momento do Uso do Computador. A respeito do discurso em sala de aula, os de conteúdo tiveram um expressivo percentual (79.82%) se comparados com o da aula anterior (58.04%), apesar de esta aula ter tido um tempo superior de 4 minutos aproximadamente. Na presente aula, o discurso de agenda se tornou menos expressivo, significando que já não era tão necessário direcionar os olhares dos alunos a determinadas questões, pois os conteúdos antes abordados já se faziam presentes nas discussões.

O gráfico 19 nos revela as porcentagens dos tempos dedicados às abordagens nos discursos de conteúdo. Ao compararmos este gráfico com o anterior, podemos perceber que a locução dos alunos, na maior parte do tempo de aula, esteve centrada em discutir o conteúdo. É interessante notar que na aula em que o aluno B1 estava presente (Aula 3), ele foi o mais participativo, porém, no discurso de Conteúdo, só obteve maior participação que o aluno B2. Já nesta aula, boa parte do discurso desse aluno centrou-se em discutir o conteúdo.

Gráfico 19 - subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo

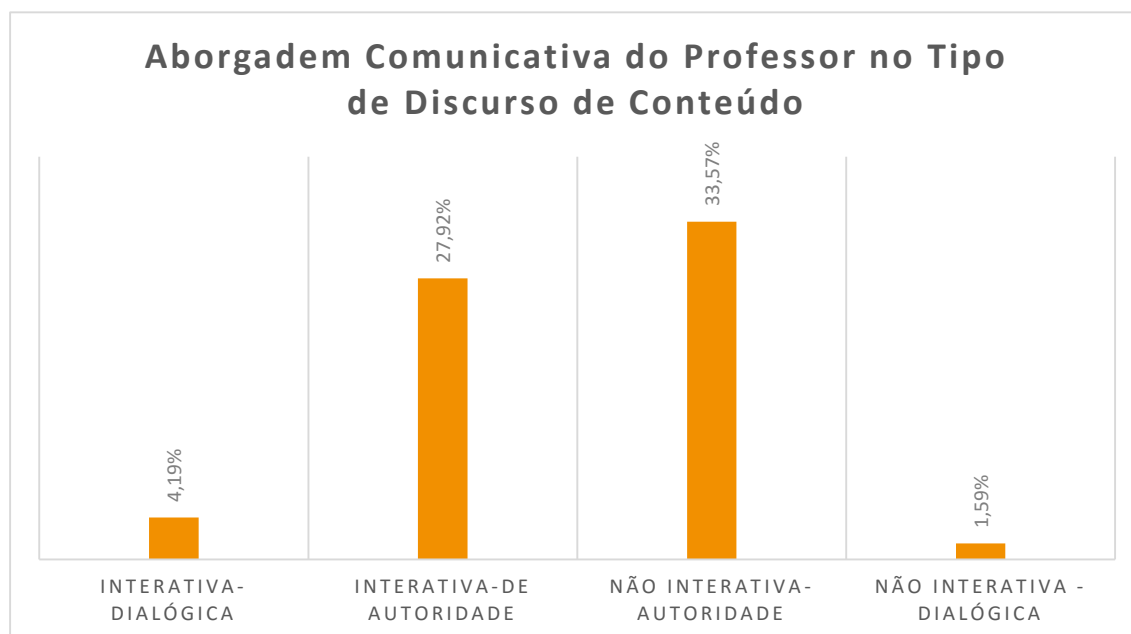


Fonte: elaboração própria.

Como já foi frisado, o diálogo, apesar da forma autoritária, foi mantido em sala de aula, assim como pode ser visto no gráfico 20. A abordagem comunicativa “Interativa – de autoridade” estava presente em 27.92% da aula, valor bem acima do apresentado na aula 3 (5.74 %) e na aula 4 (12.81%), apesar desta aula ter uma

diferença de tempo maior em relação às referidas aulas, de aproximadamente 7 e 4 minutos respectivamente.

Gráfico 20 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a aula



Fonte: elaboração própria.

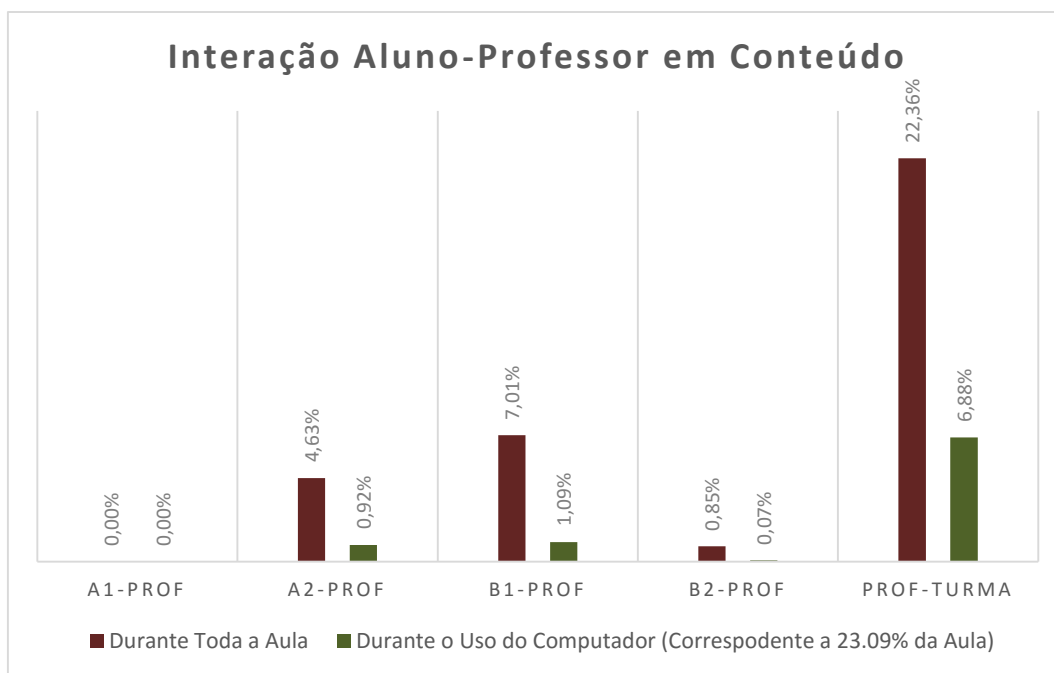
Além disso, a abordagem comunicativa “Interativa dialógica” também se fez presente no discurso do Professor, com 4.19%, tendo um significativo aumento se comparada com a aula anterior. Desse modo, o discurso de Conteúdo dos alunos foi levado em consideração sem que, necessariamente, estivesse em conformidade com os conteúdos científicos valorizados pelo Professor.

O discurso “Não-Interativo dialógico” esteve presente nesta aula com uma frequência de 1.59% do tempo, ou seja, o Professor recorreu às ideias anteriores dos alunos para discutir o conteúdo. A abordagem “Não interativa – de autoridade” apresentou o maior valor (33.57%), pois, como a pesquisa foi realizada na própria sala de aula, necessitávamos contemplar o currículo e as exigências institucionais, não nos permitindo realizar atividades investigativas que demandassem mais tempo de diálogo. No entanto, o valor dessa abordagem comunicativa foi bem inferior aos anteriores, demonstrando que a aula foi mais interativa.

No gráfico 21, podemos observar as interações ocorridas entre os alunos e o Professor. Como já explicado anteriormente, a interação “Professor – Turma” se refere à continuidade da interação pela fala do Professor, pois as porcentagens de

interação de cada aluno com o Professor expõem o momento em que tal discente fez alguma pergunta ou comentou algum conteúdo, sem considerar a resposta ou comentário do Professor.

Gráfico 21: Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo



Fonte: elaboração própria.

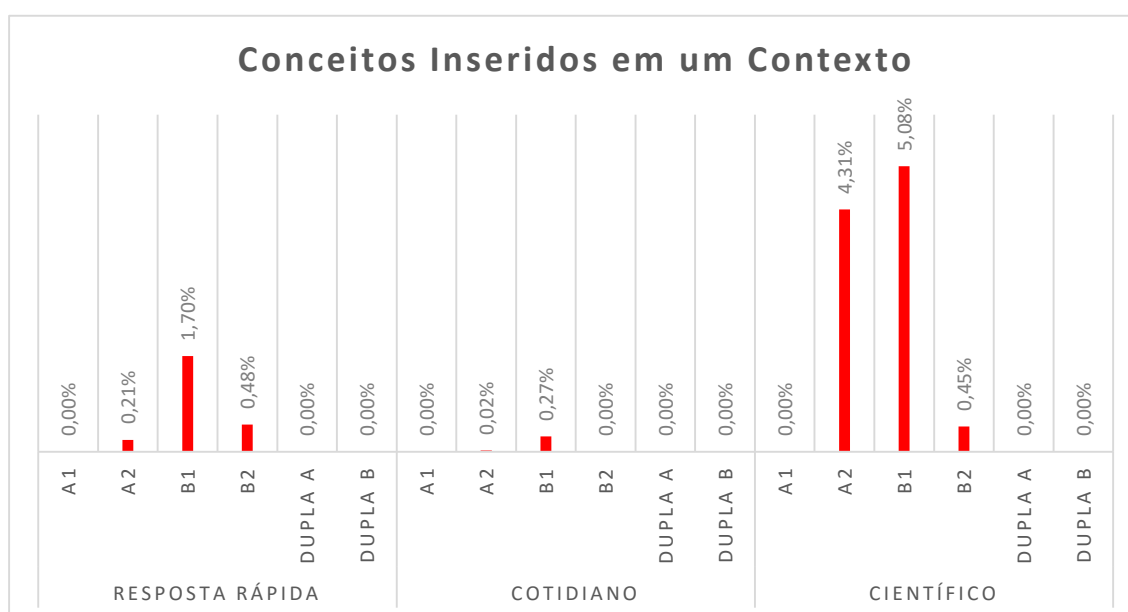
Desse modo, observa-se que houve uma expressiva interação dos alunos com o Professor se compararmos com as aulas anteriores, o que se aplica a todos os alunos presentes nas referidas aulas. Ademais, o Professor continuou as interações, fosse fazendo indagações, mesmo que não obtendo respostas, ou respondendo aos questionamentos dos alunos com uma frequência bem maior, representando 22.36% da aula, em que 6.88% estiveram inseridos no momento do Uso do Computador.

O gráfico 22 detalha em qual contexto os conceitos expostos pelos alunos estavam inseridos durante o discurso. Nessa vertente, observamos um ligeiro aumento dos discursos inseridos em um contexto científico usados para discutir o conteúdo, além de uma queda no discurso de Conteúdo no contexto Cotidiano se comparado com as aulas anteriores.

A respeito dos discursos inseridos no contexto da Resposta Rápida, comparando com a aula anterior, observamos uma diminuição de 0.47% para 0.21% para aluno A2; um aumento de 0.18% para 0.48% para o aluno B2 e nenhum

comparativo pode ser realizado para os alunos A1, por haver faltado a esta aula, e ao aluno B1, por haver faltado à aula anterior. Tais valores possuem uma leve expressividade por esta aula apresentar um tempo maior, no entanto, não descaracteriza o comparativo, tendo em vista a breve diferença de aproximadamente 4 minutos de aula.

Gráfico 22 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos

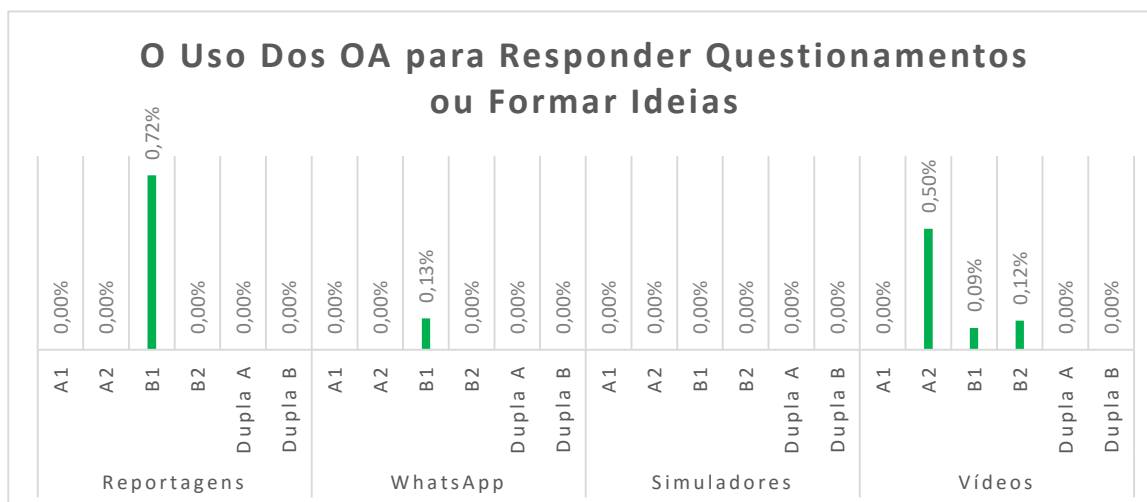


Fonte: elaboração própria.

O comparativo realizado acima nos revela que o aluno A2 passa a ter preferência pelos conteúdos no contexto científico, mostrando-se mais ativo nas discussões. No que se refere ao aluno B2, apesar dele priorizar o contexto da Resposta Rápida, podemos salientar que sua participação em aula foi mais acentuada, mesmo sendo um aluno tímido e com dificuldades de interagir.

O gráfico a seguir (gráfico 23) apresenta a frequência do discurso dos alunos ao utilizarem ideias a partir dos OA para responder ao questionamento ou levantar problemáticas a respeito do conteúdo. Nesta aula, observa-se que o aluno B1 expôs suas ideias a partir de reportagens (0,72%), das discussões realizadas no WhatsApp (0,13%) e a partir dos vídeos (0,09%). Já o aluno A2 e o aluno B2 apresentaram algumas ideias ou responderam a questionamentos a partir dos vídeos assistidos nas aulas anteriores, com respectivamente 0,50% e 0,12%.

Gráfico 23 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias



Fonte: elaboração própria.

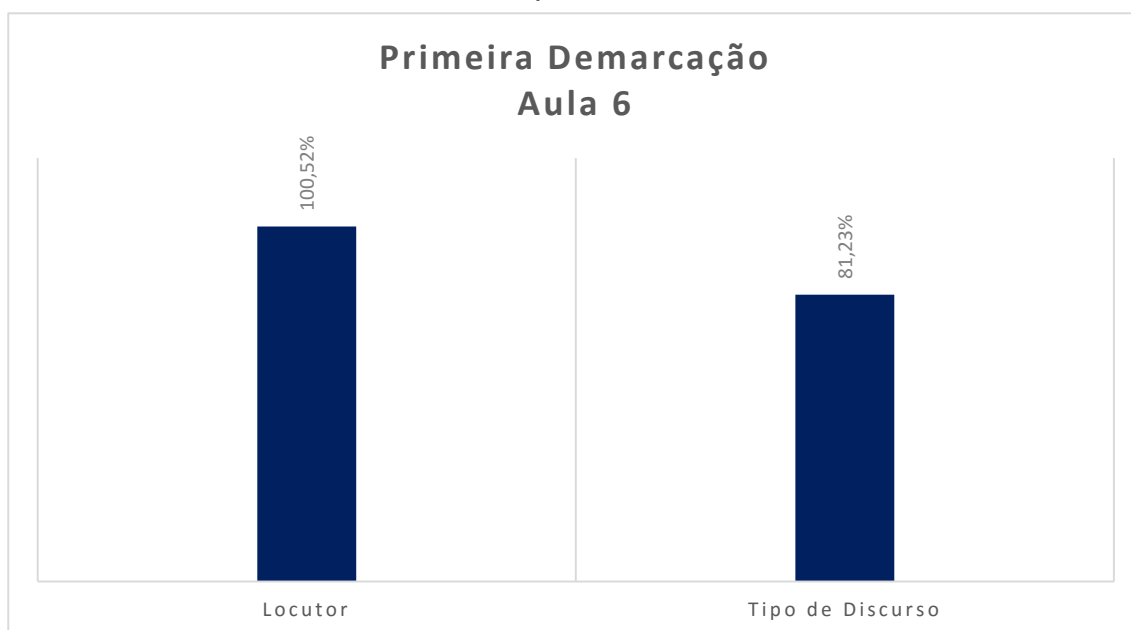
Gráficos da Aula 6

A aula teve um tempo de duração de 1h:49min36s (Uma hora, quarenta e nove minutos e trinta e seis segundos). A referida aula foi apenas gravada em áudio e não possuiu nenhuma interação com os OA.

Devido ter sido uma aula de feedback sobre o primeiro exercício, após termos inseridos novos conceitos da estrutura do átomo na Aula 5, a maioria dos diálogos foram abertos a toda turma, havendo apenas interações entre as duplas para a discussão dos conteúdos. Como não houve Resolução de Exercício e nem interação com os OA, as frequências calculadas se referem à aula toda.

No gráfico 24 são apresentadas as porcentagens em relação ao tempo de aula para as categorias Locutor e Tipo de Discurso. O Locutor expõe uma porcentagem de 100.52%, o que é possível devido à ocorrência de locuções simultâneas durante a aula. Já o Tipo de Discurso apresentou uma frequência de 81.23% durante a aula. No próximo gráfico apresentaremos os detalhes dessas duas categorias.

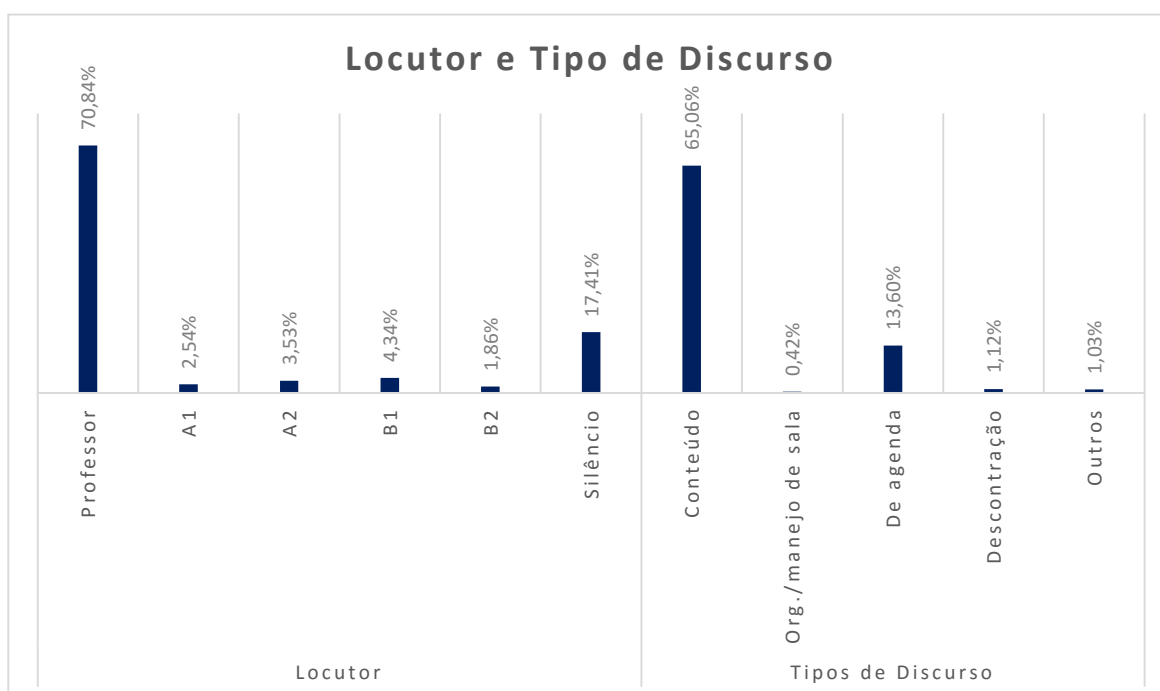
Gráfico 24 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula



Fonte: elaboração própria.

O gráfico 25 expõe os detalhes da locução e dos tipos de discursos dirigidos em aula.

Gráfico 25 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula



Fonte: elaboração própria.

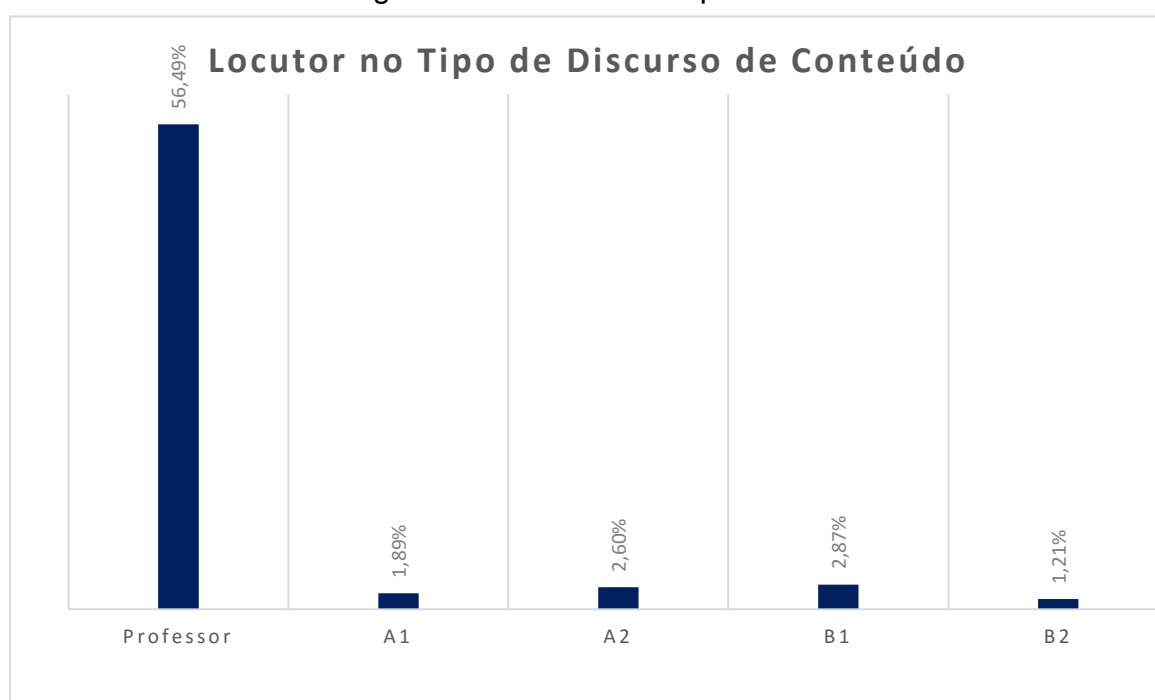
O Professor foi o Locutor com a maior frequência de participação, sendo essa de 70.84% durante a aula. Já os alunos não tiveram uma expressiva

participação durante as discussões, posto que, se compararmos com a aula anterior, os valores de Locução deles são menores na presente aula. Porém, os valores da subcategoria “Silêncio” são bem mais expressivos, enquanto que na aula 5 foi de 9.41%, nesta aula foi de 17.41%, devido principalmente aos momentos em que o Professor questionou algo aos alunos e não obteve respostas. Além disso, o discurso de “Agenda” é um pouco mais acentuado que o da aula anterior, sendo que nesta é de 13.60% e caracteriza os momentos em que o Professor direciona o olhar dos alunos em relação aos conteúdos ali discutidos.

Dessa maneira, por se tratar de uma aula feedback e introdução de novos conceitos, é natural que o discurso de Agenda seja mais significativo, pois o Professor tende a recorrer aos conceitos anteriormente estudados e aos discursos anteriores dos alunos.

A seguir, no gráfico 26, são exibidas as frequências dos Locutores no Tipo de Discurso de Conteúdo.

Gráfico 26 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo



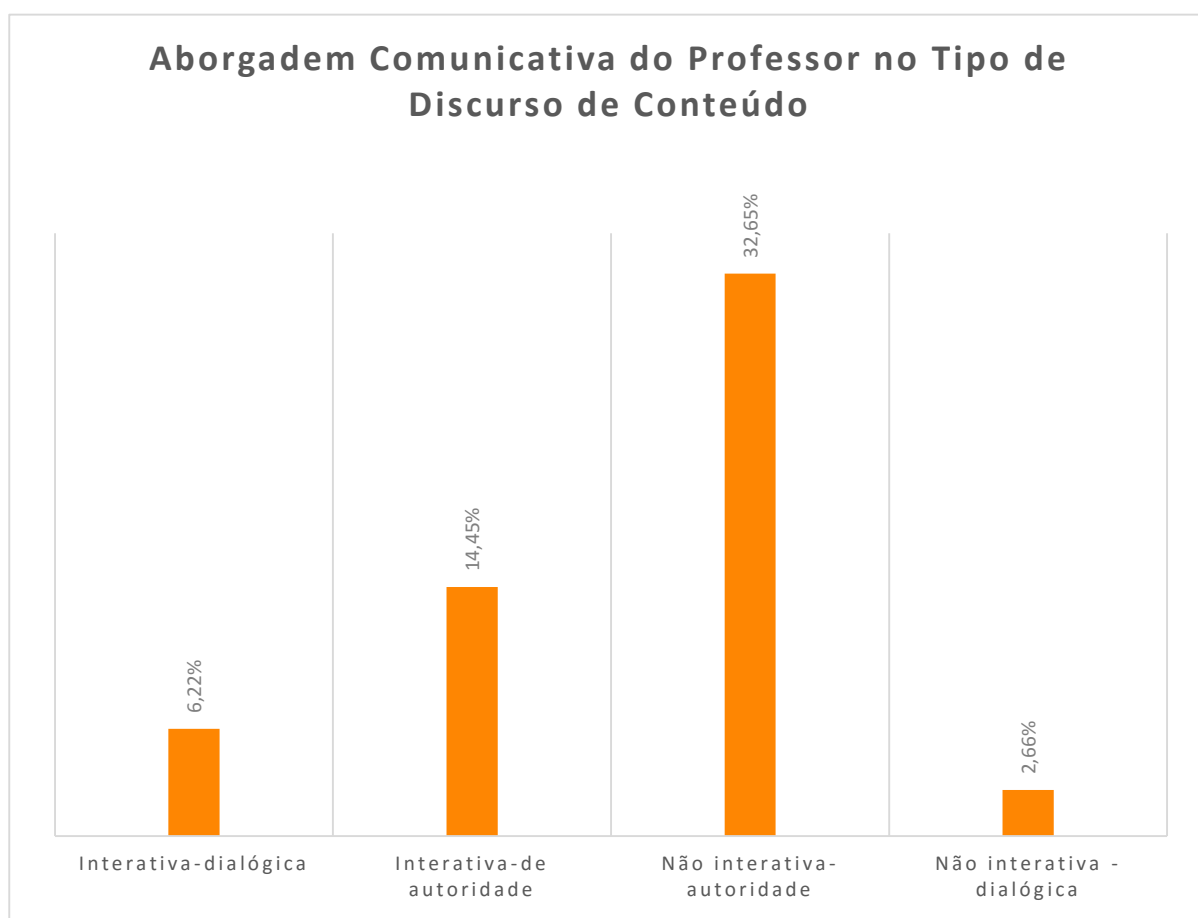
Fonte: elaboração própria.

Como salientado em outros momentos, a participação dos alunos foi bem menor nesta aula que na anterior, mesmo esta aula tendo um tempo maior, de aproximadamente 3 minutos. No entanto, o aluno B2 tem um breve avanço de participação nesta aula, com uma frequência de 1.21%. Embora seja breve o avanço

na participação do aluno B2, ele é significativo se compararmos com todas as aulas anteriores e observarmos que em cada uma delas houve um pequeno aumento, isso demonstra que as atividades em dupla e o incentivo as interações têm proporcionado benefícios à participação desse aluno.

Ainda que o Professor tenha mantido a maior parcela do discurso durante a aula, ela foi pautada na interação e no diálogo, assim como mostra o gráfico 27.

Gráfico 27 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula



Fonte: elaboração própria.

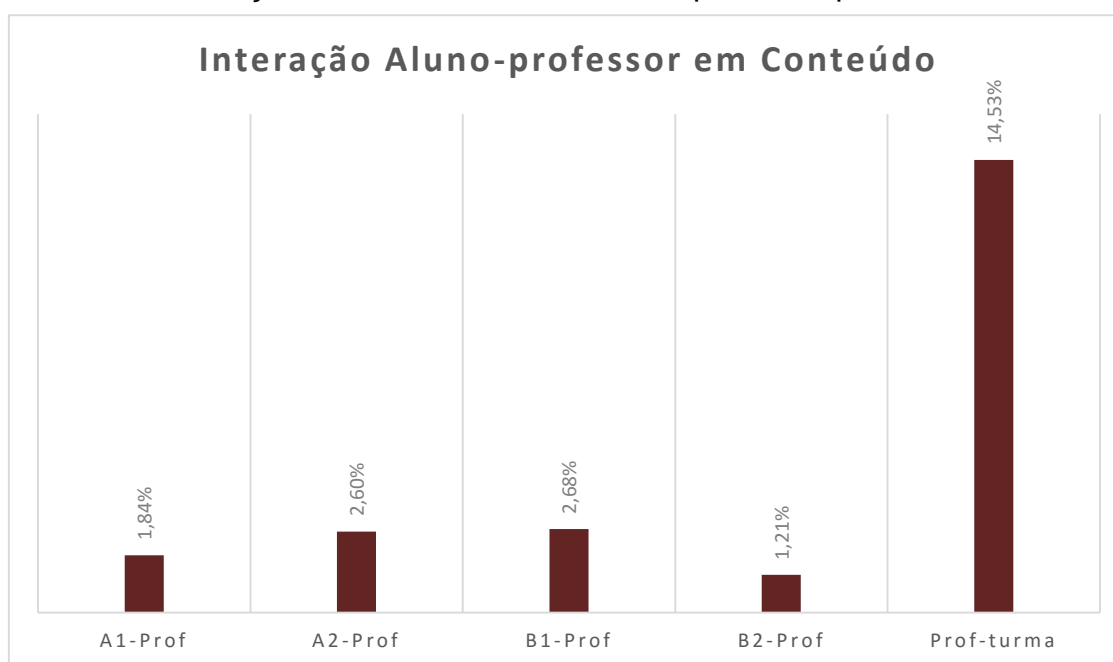
Devido ao tempo e às exigências institucionais, gerando certas preocupações ao Professor-Pesquisador em contemplar os conteúdos, acreditando não ter tanto espaço para os momentos investigativos e dialógicos, a abordagem comunicativa “Não Interativa – de Autoridade” foi a mais expressiva nesta aula com 32.65%, assim como em outras aulas. No entanto, sua frequência foi menor que de todas as aulas anteriores e os valores das outras abordagens dialógicas sofreram aumento. Esse é um fator importante, pois o Professor passou a interagir e dialogar

mais com os alunos, levando em consideração seus discursos, mesmo que não estivessem de acordo com o esperado pelas abordagens científicas que são consideradas corretas.

A abordagem “Interativa-dialógica” ocorreu durante 6.22% da aula, um pouco mais que na aula anterior, em que correspondeu a 4.19% da aula, e a abordagem “Não interativa – dialógica” ocorreu em 2.66% da aula, sendo que, na aula anterior, correspondeu a 1.59%. O aumento dessa última leva em consideração o discurso dos alunos em aulas anteriores e que foram usados na presente aula para discutir ou relembrar determinadas questões.

O gráfico 28 expõe as interações dos alunos com o professor e do professor com a turma.

Gráfico 28 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo



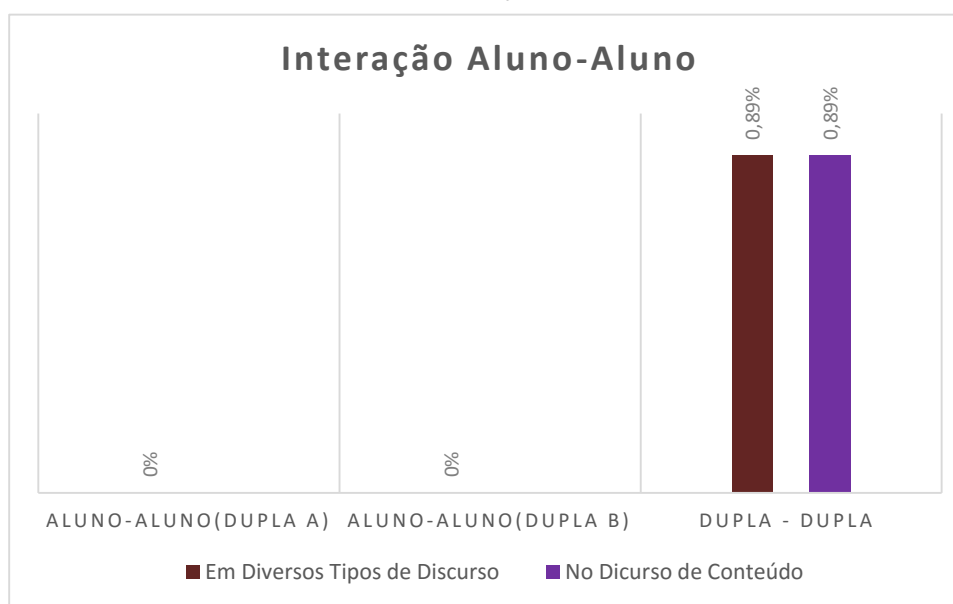
Fonte: elaboração própria.

Ainda que nesta aula as interações entre os alunos e o professor tenham sido menores que na aula anterior, o discurso do Professor (gráfico 27) demonstrou uma tentativa de ministrar a aula em uma abordagem comunicativa Interativa e com dialogicidade. Porém, pela análise do presente gráfico, observa-se que os alunos não participaram ativamente a partir das indagações e abordagens comunicativa que o Professor incentivava. Esse fato também é confirmado pelo alto valor do Locutor “Silêncio” (17.41%), que também fez com o que o Professor se expressasse com

mais abordagens comunicativas do tipo “Não Interativa-de autoridade” devido à preocupação do tempo de aula.

O gráfico 29 apresenta as interações entre alunos, como não houve Uso de Computador e nem Resolução de Exercício, a interação ocorreu somente entre as duplas durante a aula.

Gráfico 29 - Interação entre alunos



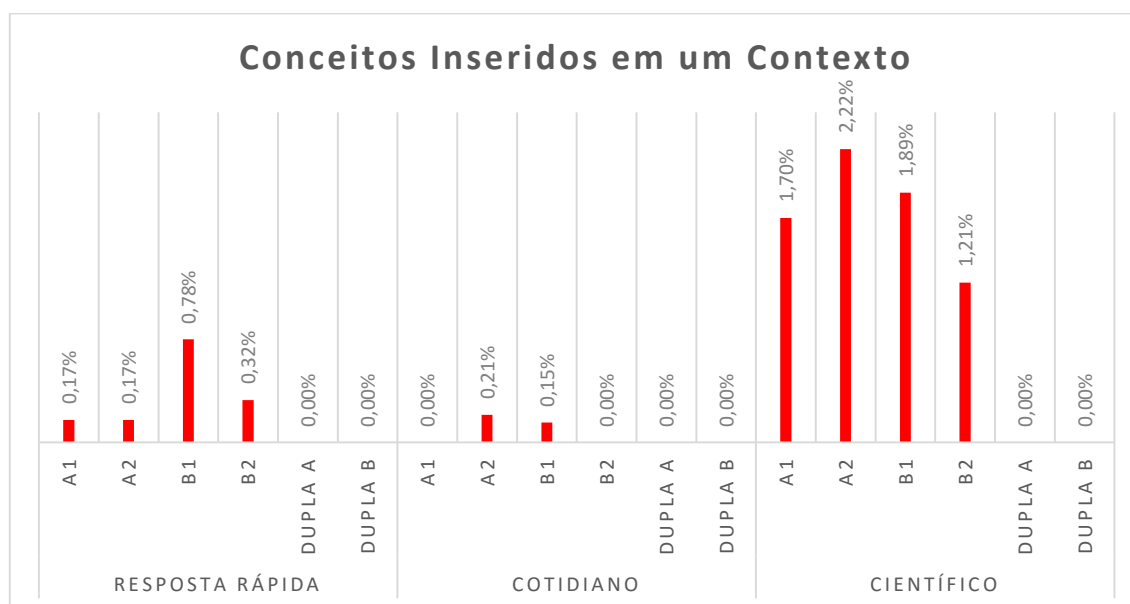
Fonte: elaboração própria.

De acordo com os dados, observa-se que a interação entre as duplas não foi tão significativa, apenas 0.89% da aula, porém tal interação estava inserida no discurso de Conteúdo.

Devido à pouca participação dos alunos na aula, embora as abordagens comunicativas de interação e dialogicidade por parte do Professor tenham aumentado, os alunos mantiveram boa parte dos seus discursos de conteúdo no contexto científico e aqueles do contexto de Resposta Rápida estavam se tornando menos característicos, como mostra o gráfico 30. Alguns alunos, como o A2 e B1, apresentaram uma porcentagem de 0.21% e 0.15% respectivamente para o discurso de Conteúdo no contexto Cotidiano.

Em relação ao aluno B2, podemos observar que o contexto da Resposta Rápida para esse aluno diminuiu em comparação a aula anterior, sendo agora de 0.32% e os do contexto científicos aumentaram, sendo de 1.21%, demonstrando maior entrosamento e participação deste aluno, o qual foi considerado tímido.

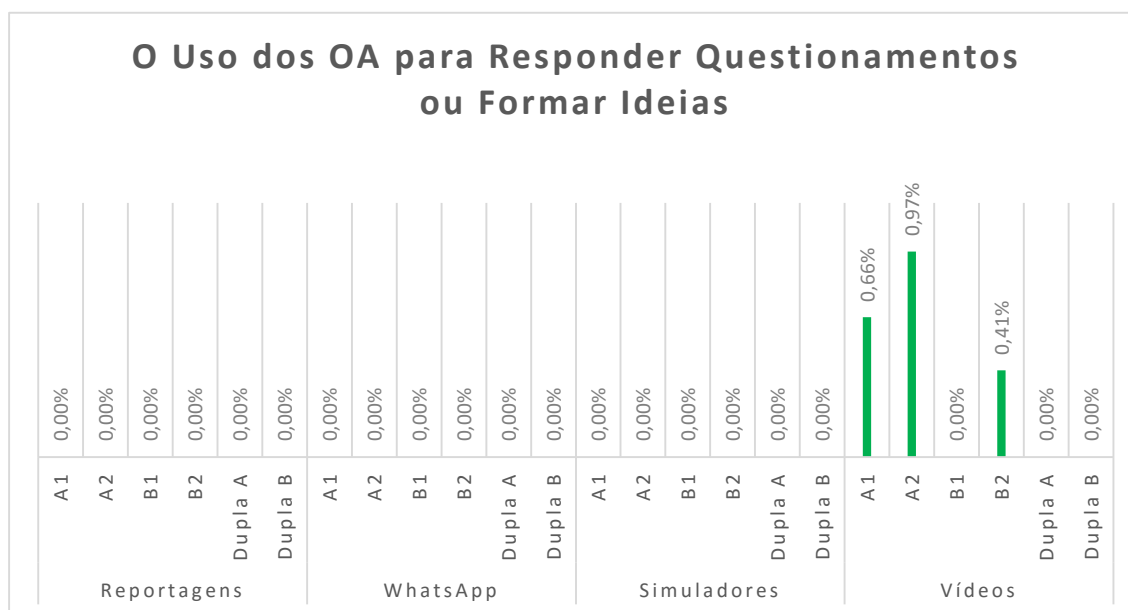
Gráfico 30 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos



Fonte: elaboração própria.

Referente ao discurso dos alunos para responder a questionamentos ou formar ideias a partir do uso dos OA, podemos observar no gráfico 31 que apenas os Vídeos foram utilizados no discurso desses alunos. O aluno A1 apresentou 0.69%, A2 0.97% e B2 0.41%, demonstrando que os vídeos tiveram grande influência na formação das ideias das aulas posteriores aos vídeos.

Gráfico 31 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias



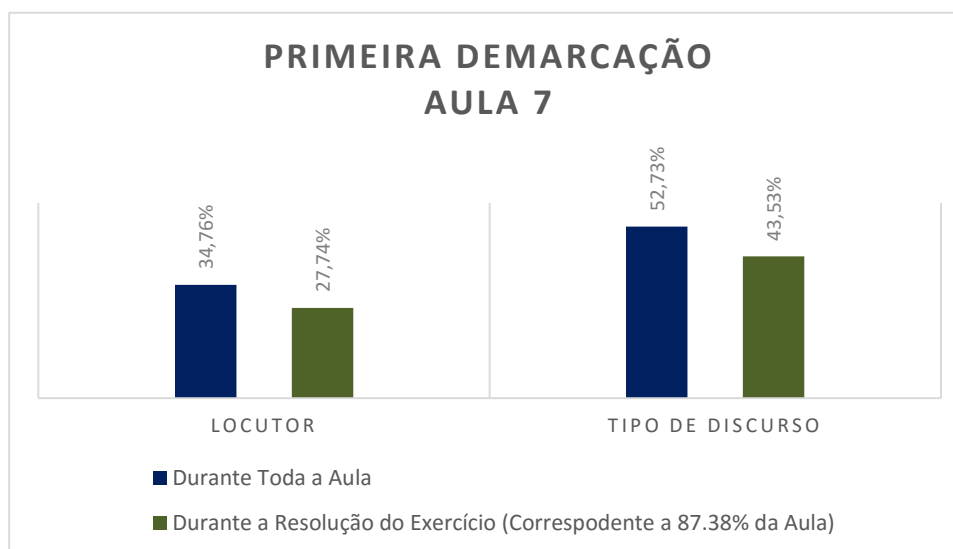
Fonte: elaboração própria.

Gráficos da Aula 7

A referida aula possuiu um tempo de 1h:38min09s (Uma hora, trinta e oito minutos e nove segundos). Nesta aula, os alunos resolveram a terceira lista de exercícios com o auxílio do computador. A resolução do exercício correspondeu à 87.38% da aula.

No gráfico 32, observam-se as porcentagens das categorias Locutor e Tipo de Discurso. O Locutor ocupou uma porcentagem de 34.76% durante a aula, sendo que 27.74% foram durante a Resolução do Exercício, essa baixa frequência em relação às aulas anteriores foi devido à Resolução do Exercício, pois os alunos interagiram mais entre si para responderem à lista.

Gráfico 32 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício

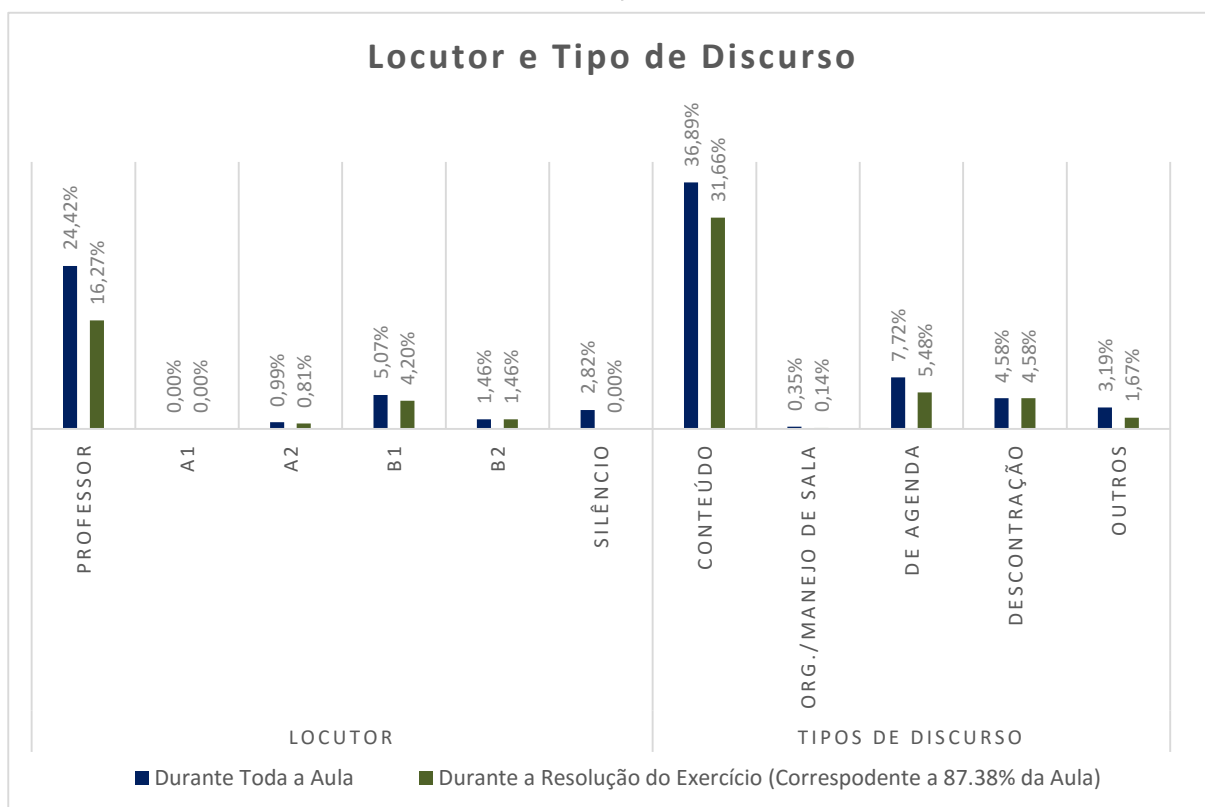


Fonte: elaboração própria.

Já o Tipo de Discurso de 52.73%, sendo 43.53% durante a Resolução do Exercício, foi menos expressivo que nas aulas anteriores devido aos momentos de leitura e escrita na Resolução do Exercício.

Os detalhes das duas categorias acima codificadas estão expostos no gráfico 33. O aluno A1 não esteve presente nesta aula, por isso os valores referentes a esse aluno estão marcados como 0.00%.

Gráfico 33 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício



Fonte: elaboração própria.

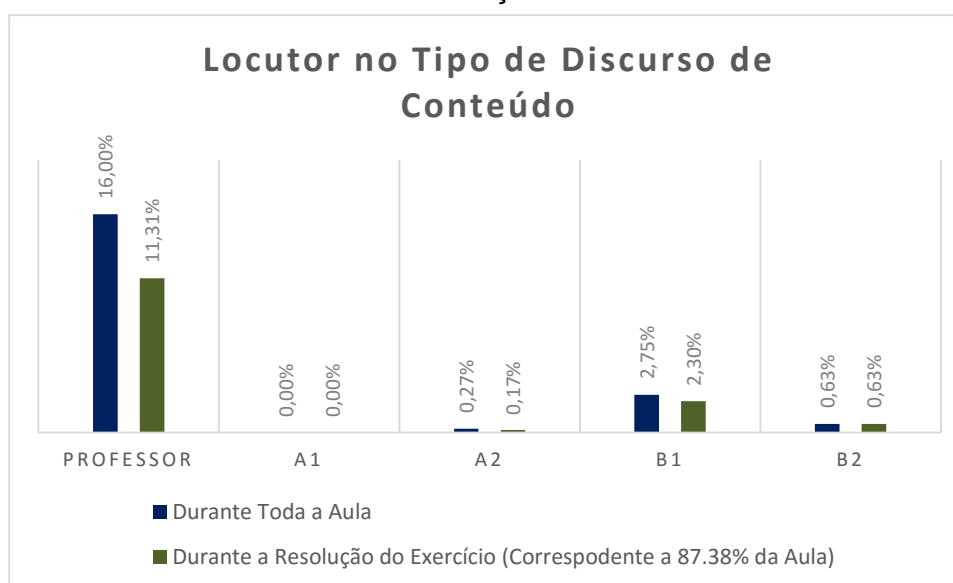
O Professor possuiu uma locução de 24.42% durante a aula, sendo 16.27% desses durante a Resolução do Exercício. Os momentos de interação do Professor nesta aula serviram para discutir, auxiliar e responder aos questionamentos dos alunos, tendo em vista que os deixou livres para responderem ao exercício. O aluno B1 foi o aluno mais ativo na aula, com 5.07% da locução durante toda a aula e 4.20% na Resolução do Exercício. O aluno B2 manteve sua participação (1.46% na aula e resolução do exercício) próxima aos valores da aula anterior se nós levarmos em consideração o menor tempo desta aula. Já o aluno A2 foi o menos participativo, provavelmente pelo fato do aluno A1 ter faltado à aula e ele interagir pouco com o Professor e com os demais alunos.

Nesta aula, ainda ocorreram discursos de agenda, com 7.72% durante a aula e, desse total, 5.48% estavam inseridos na Resolução do Exercício para orientar o olhar dos alunos para algumas questões importantes em relação ao conteúdo. Também houve discursos de descontração durante a aula, que representaram 4.58%, sendo que o valor total está inserido na Resolução do

Exercício, esses momentos serviram para oferecer mais dinâmica à aula, bom como liberdade de expressão aos alunos.

O gráfico 34 demonstra que, dos 24.42% da locução do Professor durante a aula, apenas 16.00% estavam relacionados ao discurso de Conteúdo, sendo que, desse último, 11.31% estavam inseridos na Resolução do Exercício.

Gráfico 34 - Subcategorias do Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante a Resolução do Exercício



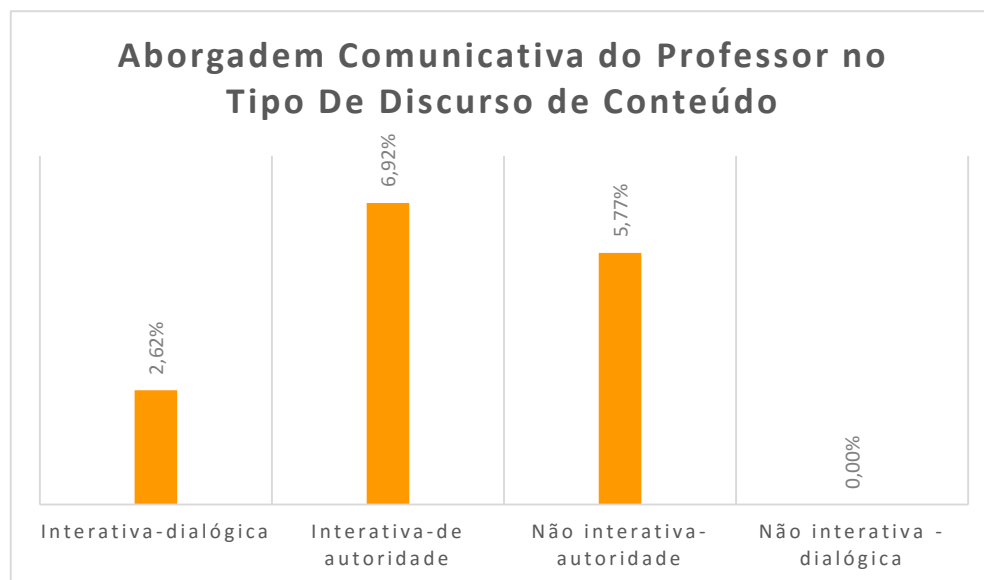
Fonte: elaboração própria.

Nos dados do gráfico anterior, observa-se que o aluno B1 foi o mais participativo, porém apenas 2.75% (um pouco mais da metade do discurso total) estavam inseridos no discurso de Conteúdo, dos quais 2.30% foram durante a Resolução do Exercício. O discurso de Conteúdo do aluno B2 também foi pouco expressivo se comparado ao seu discurso total, pois, de 1.46% (1.46% na Resolução do Exercício), apenas 0.63% (0.63% na Resolução do Exercício) foram no discurso de Conteúdo. O aluno A2 participou pouco durante a aula nos discursos abertos à turma, com o valor de 0.99% (0.81% na Resolução do Exercício), apenas 0.27% estavam inseridos no discurso de Conteúdo, dos quais 0.17% foram na Resolução do Exercício.

A abordagem comunicativa do Professor durante a aula se apresentou pouco expressiva em relação às aulas anteriores, pois, como se tratava da resolução de um exercício, houve uma participação menor do Professor. No entanto, as abordagens interativas prevaleceram sobre as não interativas, mesmo que os

maiores valores estivessem na Interativa de autoridade, como pode ser visualizado no gráfico 35.

Gráfico 35 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula

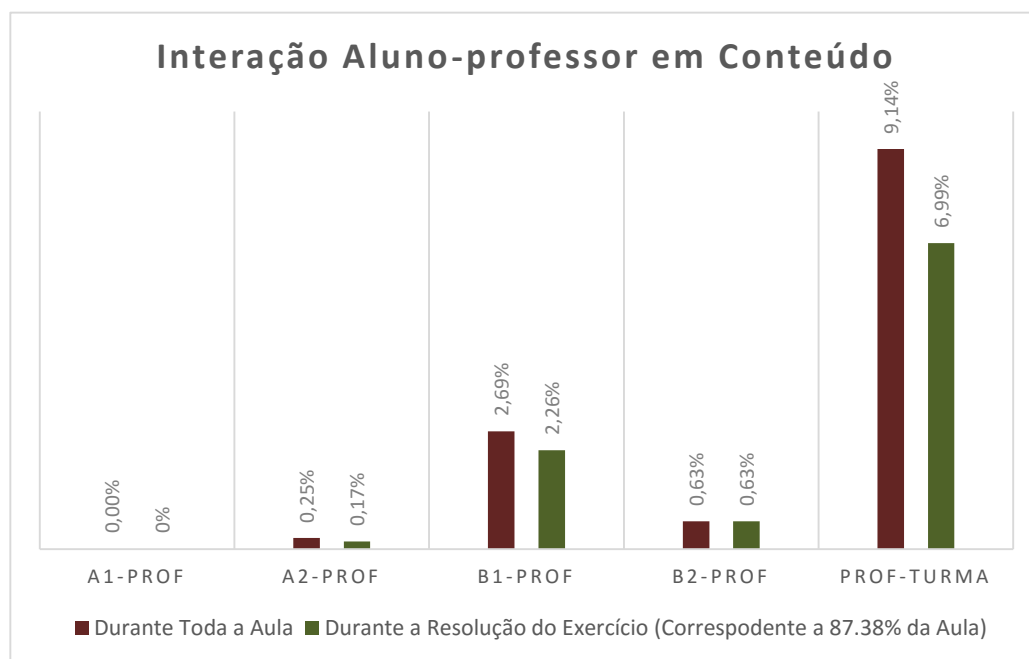


Fonte: elaboração própria.

Durante a aula, 2.62% da abordagem comunicativa do Professor foram “Interativa dialógica”, considerando o discurso dos alunos, mesmo que esse não fosse considerado correto de acordo com o discurso Científico. Além disso, 6.92% das abordagens foram do tipo “Interativa – de autoridade”, considerando apenas os pontos de vista da ciência, mas com a participação dos alunos; e 5.77% foram do tipo “Não interativa – de autoridade”, de modo que somente o Professor falou considerando os pontos de vista da ciência.

As interações entre os alunos na discussão dos conteúdos são apresentadas no gráfico 36 abaixo.

Gráfico 36 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo

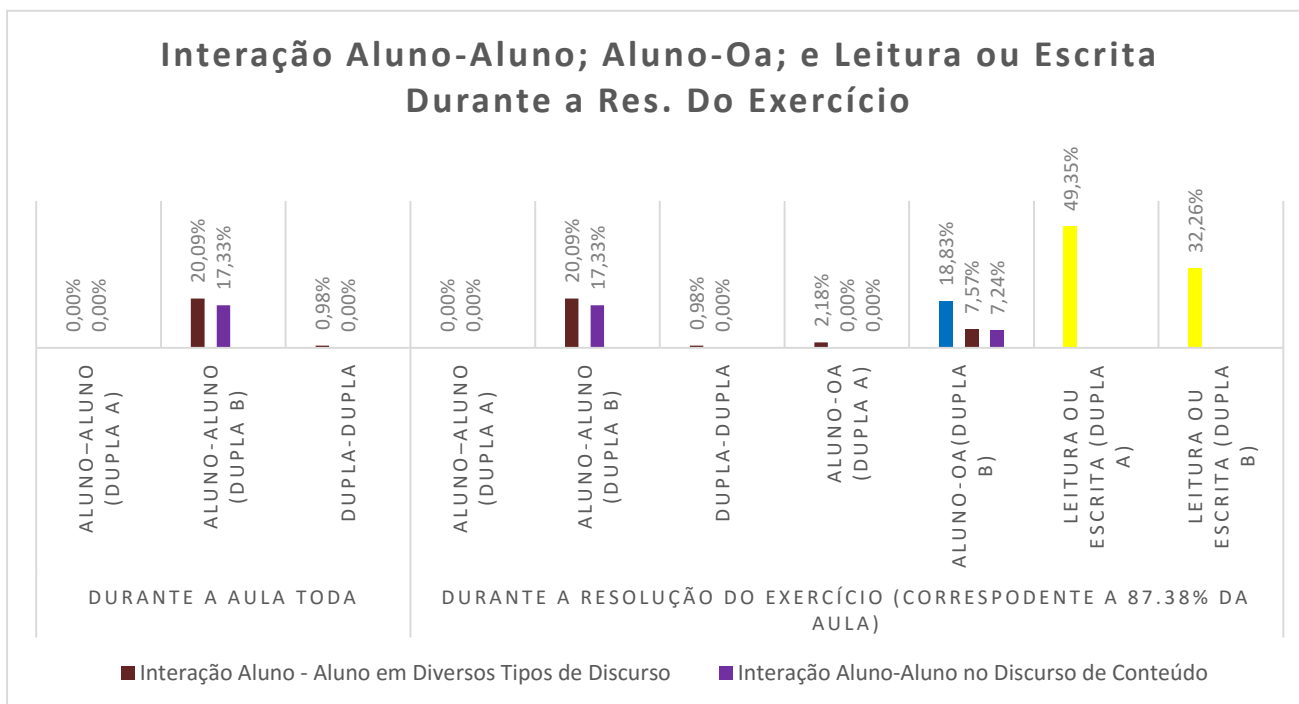


Fonte: elaboração própria.

De modo geral, os alunos interagiram a respeito do conteúdo com o Professor para esclarecerem alguma dúvida ou para exporem suas ideias. O aluno com maior interatividade foi o B1, com 2,69%, sendo que a maior interação ocorreu durante a Resolução do Exercício, com 2,26%. Os alunos A2 e B2 mantiveram uma baixa interação com o Professor, e a interação Professor-Turma representou a continuidade do discurso do Professor para responder às perguntas dos alunos.

O gráfico 37 exhibe a interação entre os alunos, entre o OA e os momentos de leitura e escrita durante a Resolução do Exercício. Devido à ausência do aluno A1, não foi possível codificar a interação aluno-aluno da dupla A.

Gráfico 37 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem e momentos de leitura e escrita do exercício



Fonte: elaboração própria.

Observa-se que a interação aluno-aluno da dupla B foi bem significativa, representando 20.09% em diversos discursos, mas 17.33% estavam pautadas no discurso de Conteúdo. Isso demonstra a boa interação desses alunos na discussão dos conteúdos, além disso, esse valor estava completamente inserido na Resolução do Exercício, significando que essa interação para discutir o conteúdo estava pautada nos esforços para responder ao exercício. A referida dupla ainda interagiu 18.83% com o OA referente à simulação dos modelos atômicos, sendo que 7.57% em diversos tipos de discursos estavam inseridos no momento da manipulação do OA e 7.24% desse valor se referiam ao discurso de Conteúdo. O tempo dedicado por essa dupla, em porcentagem, na leitura ou escrita do exercício foi de 32.26%.

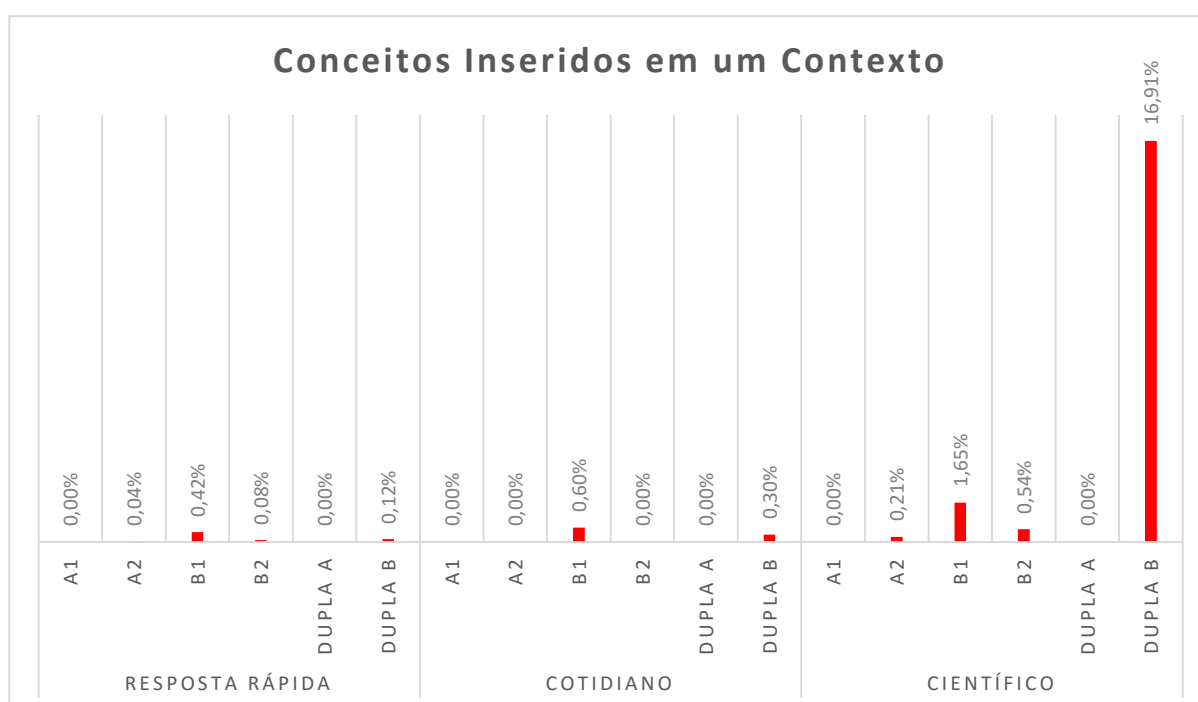
Mesmo o Aluno A1 tendo faltado, as informações no gráfico constam como interação dessa dupla, porém refere-se apenas ao aluno A2. Na Resolução do Exercício, o Aluno A2 utilizou o OA com uma frequência de 2.18%, mas como o aluno A1 estava ausente, não teve interação no discurso de Conteúdo. Esse aluno dedicou 49.35% do tempo de aula na leitura e escrita do exercício, provavelmente com a presença do outro aluno este tempo seria menor.

Embora com pouca expressividade, a dupla B interage com o aluno A2 nos diversos tipos de discurso (0.98%), porém não foi referente ao discurso de Conteúdo.

No gráfico 38, observa-se que a participação mais ativa do aluno B1 no discurso de Conteúdo esteve inserida no contexto científico, com 1.65%, seguido do aluno B2, com 0.54%. O aluno A2, apesar da pouca participação, manteve seu discurso sempre inserido no contexto Científico. O aluno B1 foi o que mais trouxe suas abordagens no contexto da Resposta Rápida e Cotidiano, provavelmente tendo grande influência nos valores que surgem na dupla desse aluno.

Como houve expressiva interação da dupla B, visualiza-se, no gráfico, que boa parte dessa interação esteve pautada no contexto Científico.

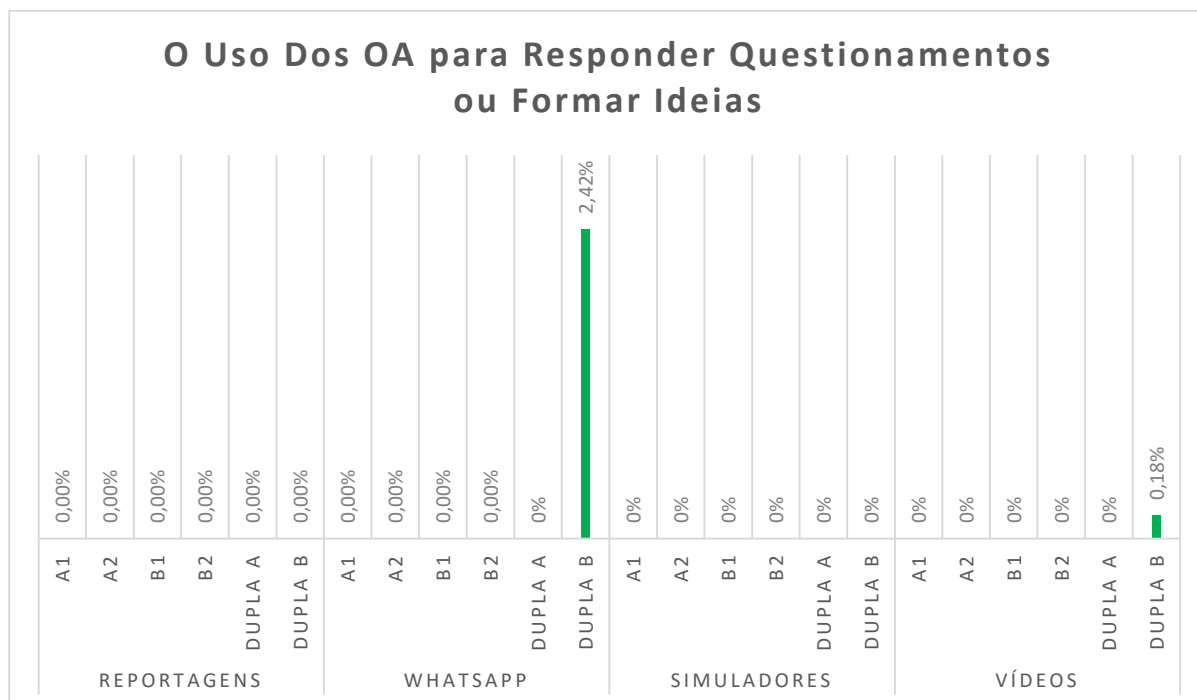
Gráfico 38 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos



Fonte: elaboração própria.

O gráfico 39 representa os momentos em que os alunos responderam aos questionamentos ou expuseram suas ideias a partir do uso dos OA. Sendo assim, os dados demonstram que a dupla B utilizou as discussões realizadas no grupo do WhatsApp durante 2.42% da aula e ainda trouxeram as ideias vistas nos vídeos durante 0.18% da aula.

Gráfico 39 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias



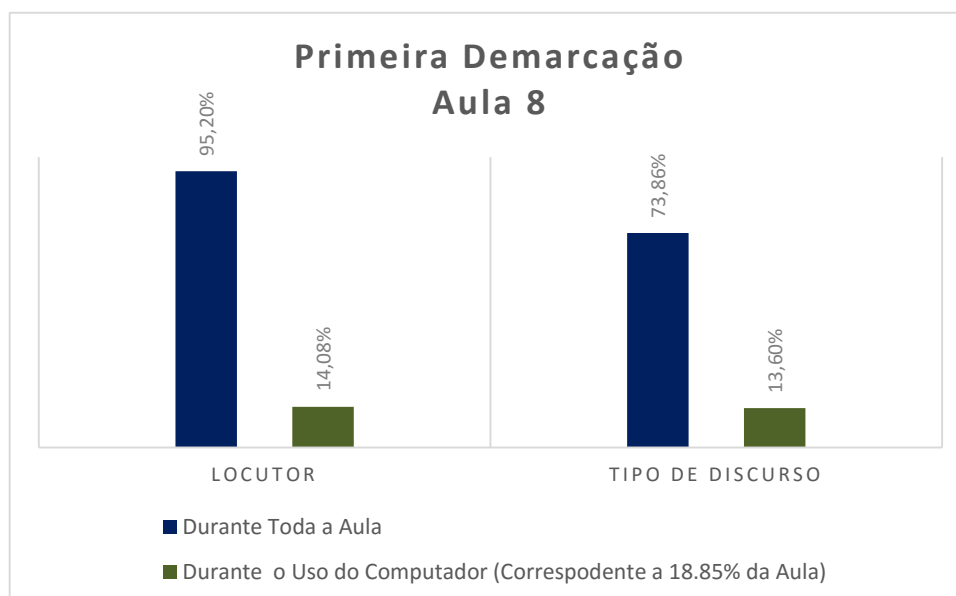
Fonte: elaboração própria.

Gráficos da Aula 8

Esta aula teve um tempo de duração de 1h:40min49s (Uma hora, quarenta minutos e quarenta e nove segundos). O Uso do Computador durante a aula teve o propósito de continuar a resolução da terceira lista de exercícios, ocupando um percentual da aula de 18,85%. Já durante a aula, houve uma correção da segunda lista de exercícios (extraclasse) e correção de algumas questões da terceira lista.

As categorias Locutor e Tipo de Discurso são apresentadas no gráfico 40, bem como suas porcentagens no momento em que os alunos usavam o computador.

Gráfico 40 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador



Fonte: elaboração própria.

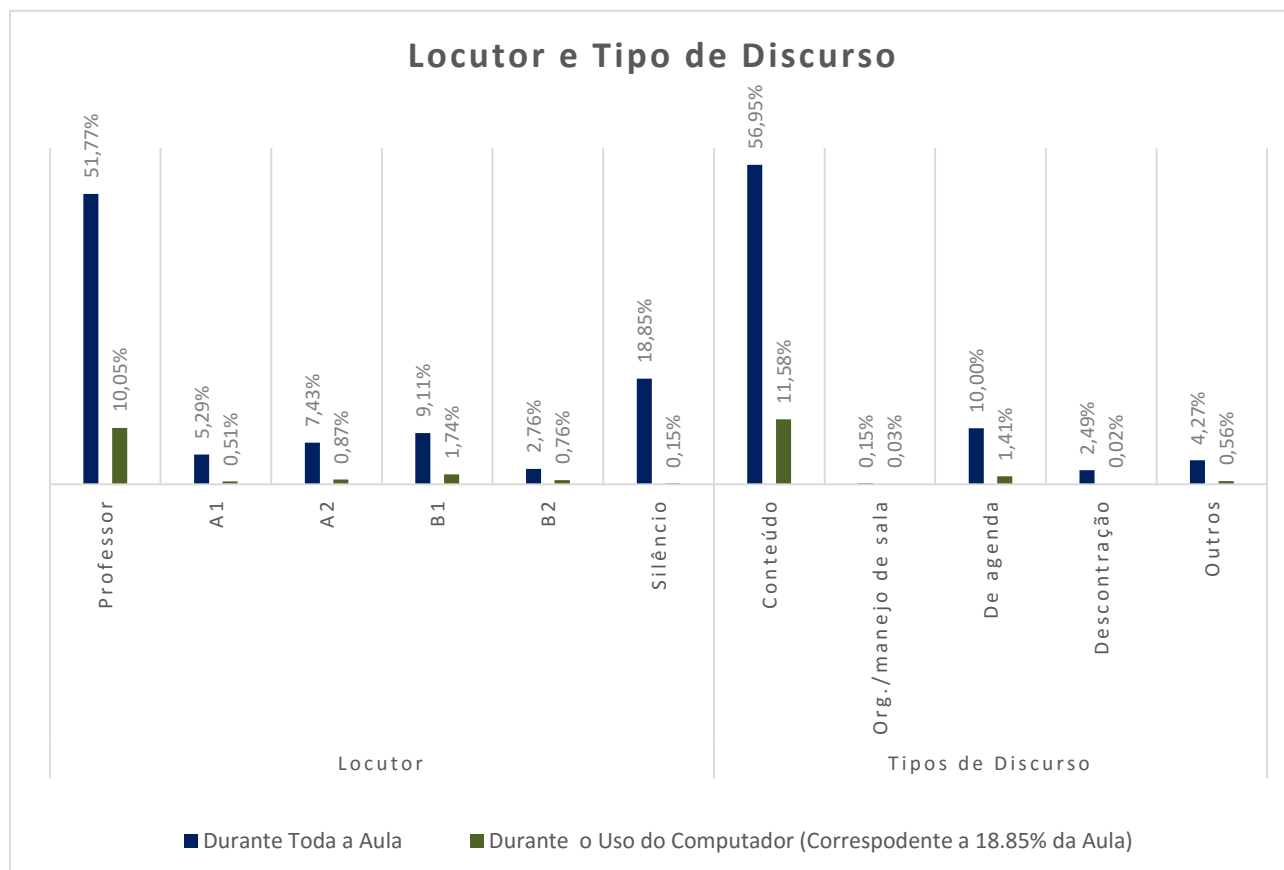
O Locutor tomou 95.20% do tempo de aula, sendo que 14.08% desse tempo estiveram inseridos durante o Uso do Computador. Já o Tipo de Discurso representou 73.86% da aula e 13.60% ocorreram durante o Uso do Computador. Os detalhes dessas categorias são apresentados no gráfico seguinte.

As subcategorias do Locutor e Tipo de Discurso podem ser visualizadas no gráfico 41. Nesta aula, o Professor possuiu uma locução de 51.77%, desse total 10.05% estavam inseridos durante o Uso do Computador. Já os alunos possuíram uma participação bem maior em comparação com todas as aulas anteriores. Seguem os valores durante a aula e durante o Uso do Computador entre parênteses: A1: 5.29%(0.51%); A2: 7.43%(0.87%); B1: 9.11%(1.74%); e B2: 2.76%(0,76%). A subcategoria “Silêncio” também possuiu uma parcela expressiva da aula, correspondendo a 18.85% com 0.15% desse tempo durante o Uso do Computador. Os valores dessa subcategoria, como já salientado em outros momentos, estavam relacionados ao tempo de espera do Professor por respostas dos alunos a partir de um questionamento ou a momentos em que o Professor escrevia no quadro, dentre outros.

O Tipo de Discurso de Conteúdo representou 56.95% da aula, sendo que 11.58% estiveram inseridos durante o Uso do Computador. Além disso, ocorreram 10.00% de discurso de Agenda para orientar o olhar dos alunos com relação a algum conteúdo, estando 1.41% desse discurso inseridos durante o Uso do

Computador. O discurso “Outros” geralmente ocorria no início ou final da aula, pois era referente a discussões sobre aulas de outros professores ou assuntos diversos que não estivessem caracterizados como descontração. Tal discurso ocupou uma porcentagem de 4.27% durante a aula e 0.56% no Uso do Computador.

Gráfico 41 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador

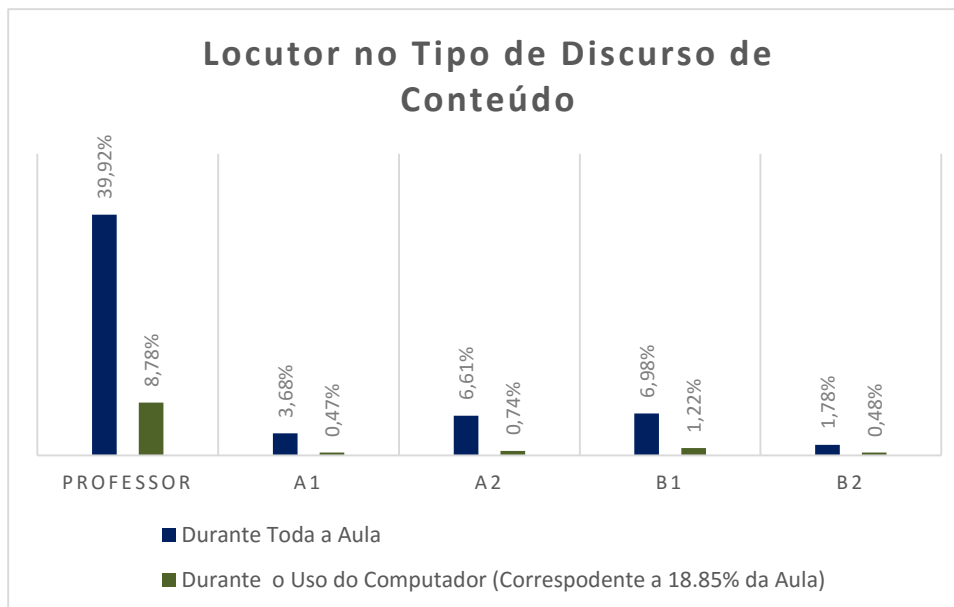


Fonte: elaboração própria.

No gráfico 42, encontramos as categorias Locutor somente no tipo de discurso de Conteúdo, que foi de interesse da nossa pesquisa. Durante a aula, o Professor discutiu sobre o conteúdo em 39.92% do tempo, sendo que 8.78% estavam inseridos no Uso do Computador. Sobre a locução dos alunos, é interessante notar que, apesar do discurso do aluno B1 ter sido expressivo, 9.11% (1.74% no Uso do Computador), apenas 6.98% (1.22% durante o Uso do Computador) estavam inseridos no discurso de Conteúdo. Se compararmos com todas as aulas anteriores, observamos que esse aluno sempre teve uma participação ativa nos outros tipos de discurso, porém, no discurso de Conteúdo, sua

expressividade era menor, com exceção da aula 5, que teve uma expressividade de 7.86% em todos os discursos, estando 7.12% inseridos no discurso de Conteúdo.

Gráfico 42 - subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo

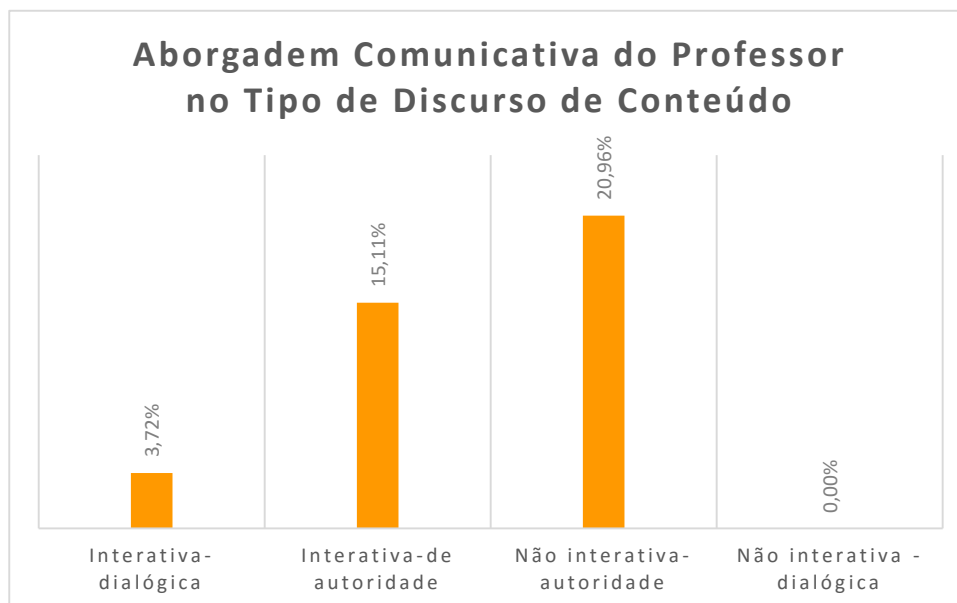


Fonte: elaboração própria.

Outro ponto a ser destacado é que, com a presença do aluno A1, o aluno A2 sempre participava mais das aulas, talvez por ter maior interação e liberdade para os discursos abertos a toda a turma. Além disso, o aluno B2 participou com mais frequência a cada aula, sendo que, nesta aula, sua participação ocupou 1.78% do tempo, sendo que 0.48% estavam inseridos durante o Uso do Computador.

O gráfico 43 apresenta a abordagem comunicativa do Professor durante a Aula.

Gráfico 43 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula

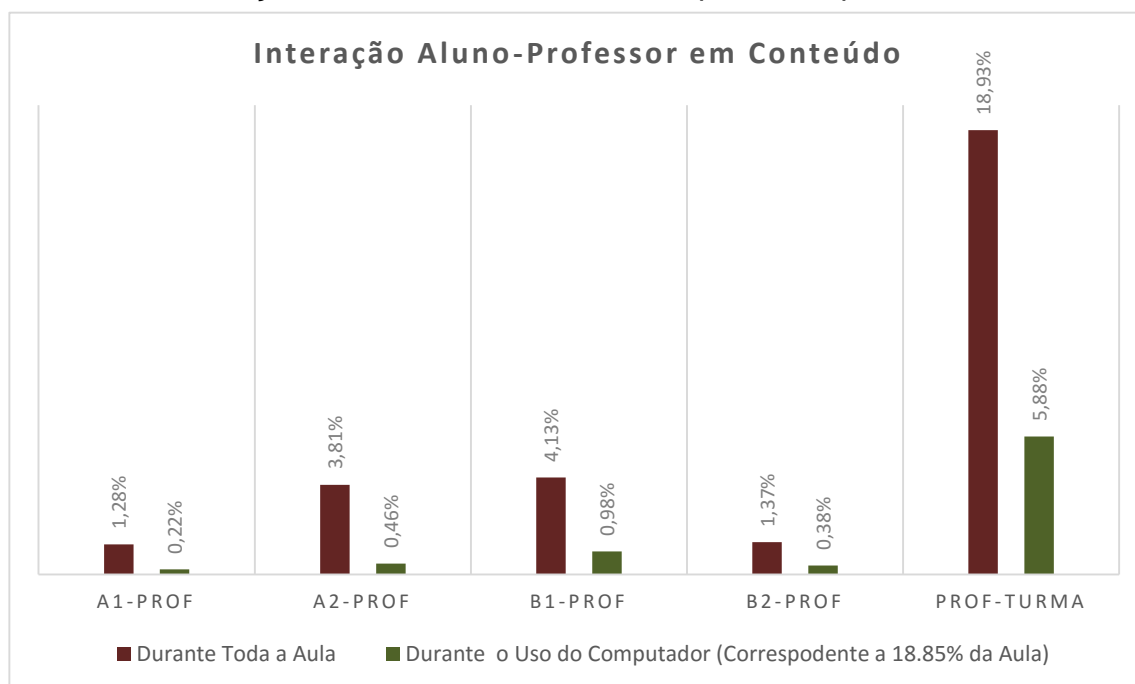


Fonte: elaboração própria.

Embora a abordagem comunicativa “Não interativa – de autoridade” tenha sido a mais representativa da aula (20.96%), também se observa que as abordagens Interativas foram bem expressivas, principalmente a “Interativa – de autoridade”, com 15.11%. Já a “Interativa – dialógica” representou 3.72% do tempo de aula. Como discutido anteriormente e se observamos o alto valor do Locutor “Silêncio”, certamente ocorreram várias intervenções do Professor sem respostas dos alunos, que entre os outros motivos já citados, pode-se frisar que, na ausência de respostas, a abordagem comunicativa tendeu a ser “Não Interativa – de autoridade” e “Interativa – de autoridade” durante a aula.

No gráfico 44, podemos observar as interações dos alunos com o Professor durante a aula e o Uso do Computador.

Gráfico 44 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo



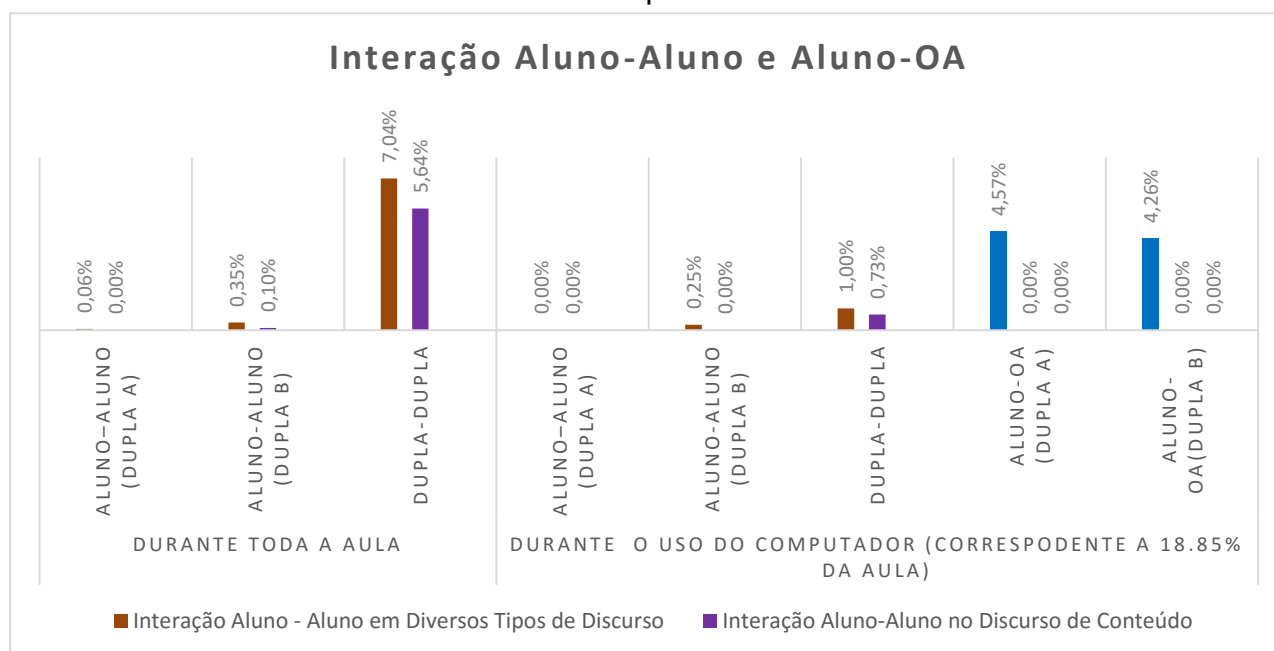
Fonte: elaboração própria.

Na presente aula, os alunos interagiram com mais frequência que nas anteriores, exceto se comparada com a aula 5. No entanto, é importante notar que cada aula possuía suas particularidades em relação à interação com o Professor, pois em algumas existiam Resolução de Exercícios e/ou Uso do Computador e em outras o contexto era diferente.

Os alunos A2 e B1 foram os que mais interagiram com o Professor, com percentuais de 3.81% e 4.13% respectivamente, sendo que 0.46% estavam inseridos durante o Uso do Computador para o aluno A2 e 0.98% para o aluno B1. O aluno A1 e B2 também interagiram mais nesta aula com o Professor, com frequências de 1.28% e 1.37% respectivamente durante a aula e 0.22% para o aluno A1 e 0.38% para o aluno B2 durante o Uso do Computador.

As interações entre os alunos e com o Objeto de Aprendizagem são apresentadas no gráfico 45.

Gráfico 45 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem Durante o Uso do Computador

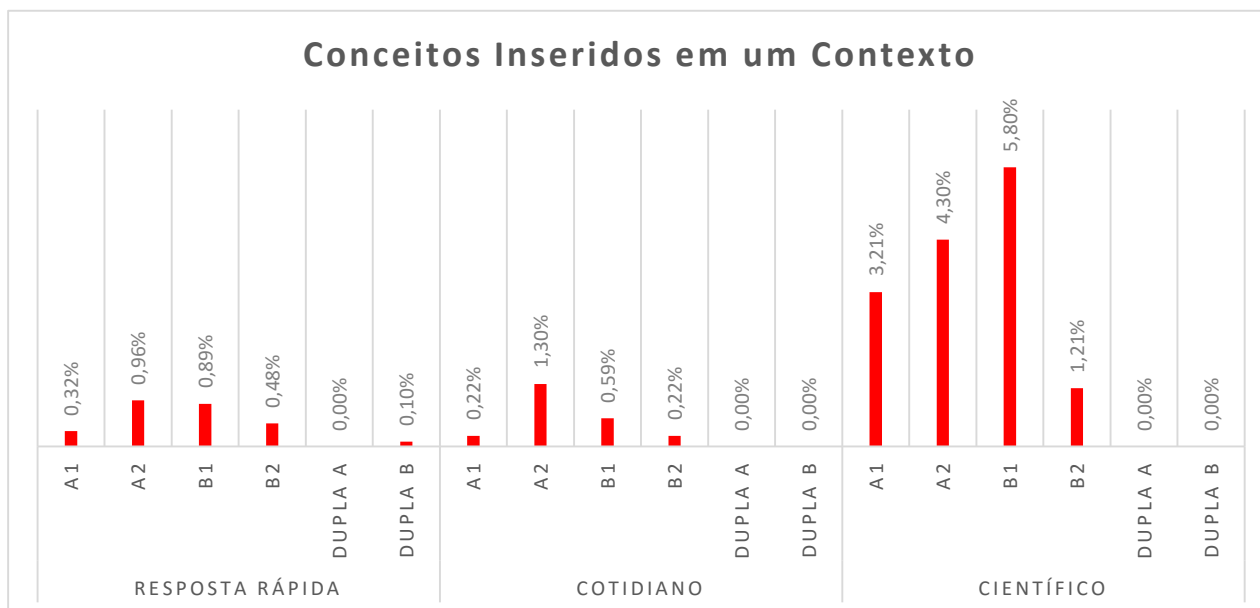


Fonte: elaboração própria.

A interação entre os alunos da mesma dupla foi bem sucinta, mas os alunos interagiram bastante entre as duplas durante toda a aula com 7.04% em diversos tipos de discurso, dos quais 5.64% estavam inseridos no discurso de Conteúdo. Desse percentual, 1.00% dos diversos tipos de discursos estavam presentes durante o Uso do Computador, sendo 0.73% correspondente ao discurso de Conteúdo. A interação com o OA também foi expressiva para as duas duplas, com 4.57% para dupla A e 4.26% para dupla B, não ocorrendo interação entre alunos durante a manipulação do OA.

O gráfico 46 revela em qual contexto os conceitos dos alunos estavam inseridos.

Gráfico 46 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos



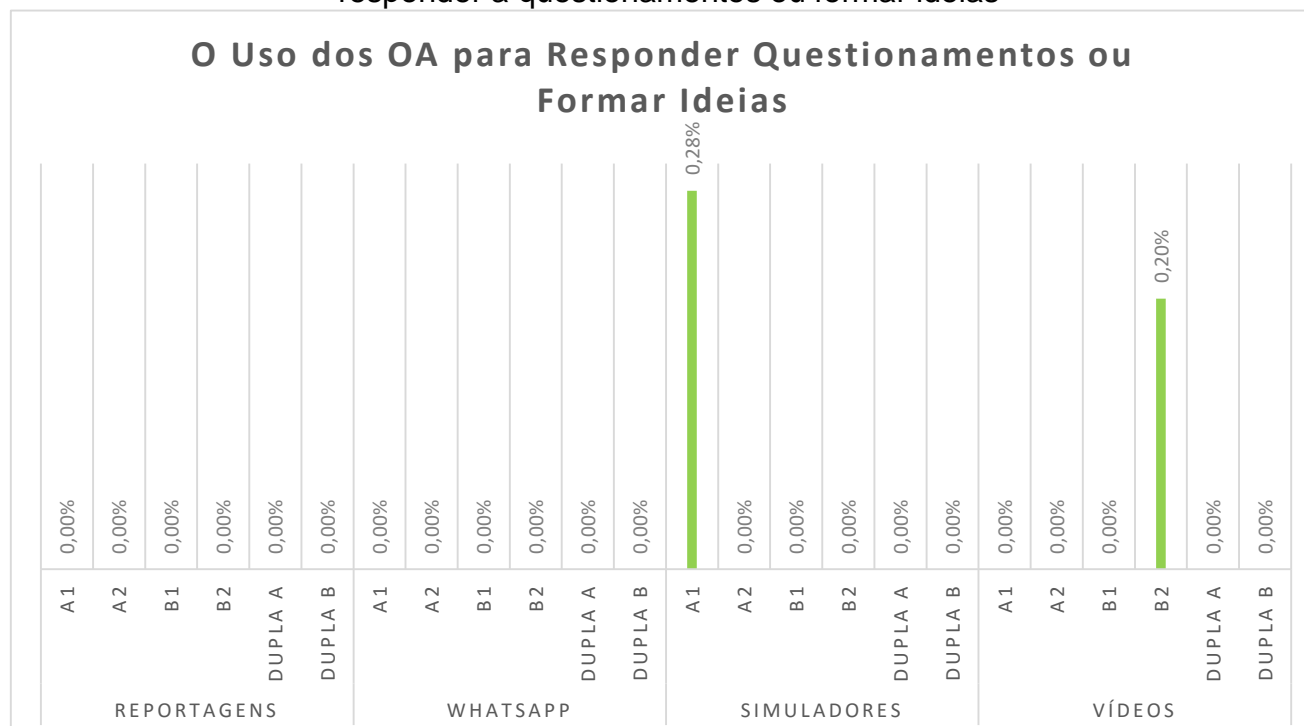
Fonte: elaboração própria.

Podemos notar que, nesta aula, houve conceitos inseridos nos diversos contextos pelos alunos, porém o contexto Científico foi o mais característico, mesmo que tenham surgido os contextos da Resposta Rápida e do Cotidiano. Isso nos revela que, nesta aula, os alunos participaram mais ativamente para discutirem o conteúdo, estando algumas das Respostas Rápidas inseridas em questionamentos retóricos do Professor, já o contexto Cotidiano pode estar ligado às concepções espontâneas que os alunos possuem a respeito dos modelos atômicos, principalmente ligados àqueles do modelo de Bohr.

Apesar do aluno B1 continuar com uma ativa participação no contexto da Resposta Rápida e no contexto do Cotidiano, levando em consideração todas as aulas anteriores, foi o discente que mais expôs suas ideias no contexto científico, com 5,08% de participação.

O gráfico 47 expõe as frequências das ideias ou respostas aos questionamentos a partir do Uso do Computador. Desse modo, apenas os alunos A1 e B2 possuíram representatividade nessa categoria. A1 expôs suas ideias a partir dos simuladores em 0,28% da aula e B2 as expôs a partir dos Vídeos em 0,20%.

Gráfico 47 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias



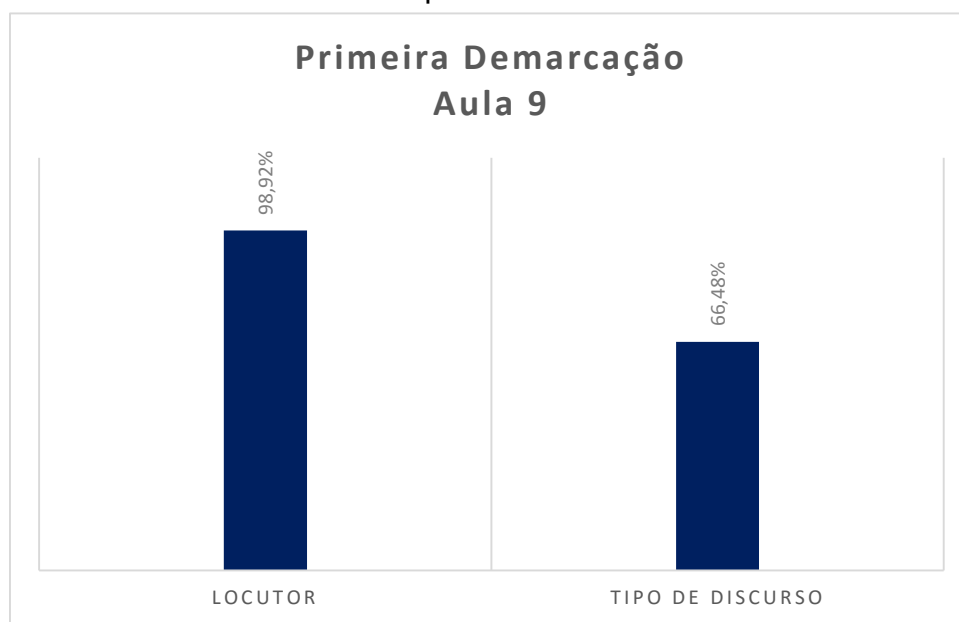
Fonte: elaboração própria.

Gráficos da Aula 9

A referida aula teve uma duração de 1h:09min10s (Uma hora, nove minutos e dez segundos). Esta aula não teve interação com nenhum OA, pois era referente aos fundamentos matemáticos da equação de Schroedinger, e foi ministrada de forma expositiva. A aula serviu ao propósito de introduzir os conceitos matemáticos para um melhor entendimento das imagens e conceitos inseridos no OA. Também não houve levantamentos de ideias a partir do uso do OA.

As categorias Locutor e Tipo de Discurso são apresentadas abaixo no gráfico 48. Não há porcentagens referentes à Resolução do Exercício ou ao Uso do Computador, pois não foram aplicados. Sendo assim, o tempo de locução em porcentagem foi de 98.92% e o Tipo de Discurso de 66.48%. Os detalhes dessas categorias são apresentadas no próximo gráfico.

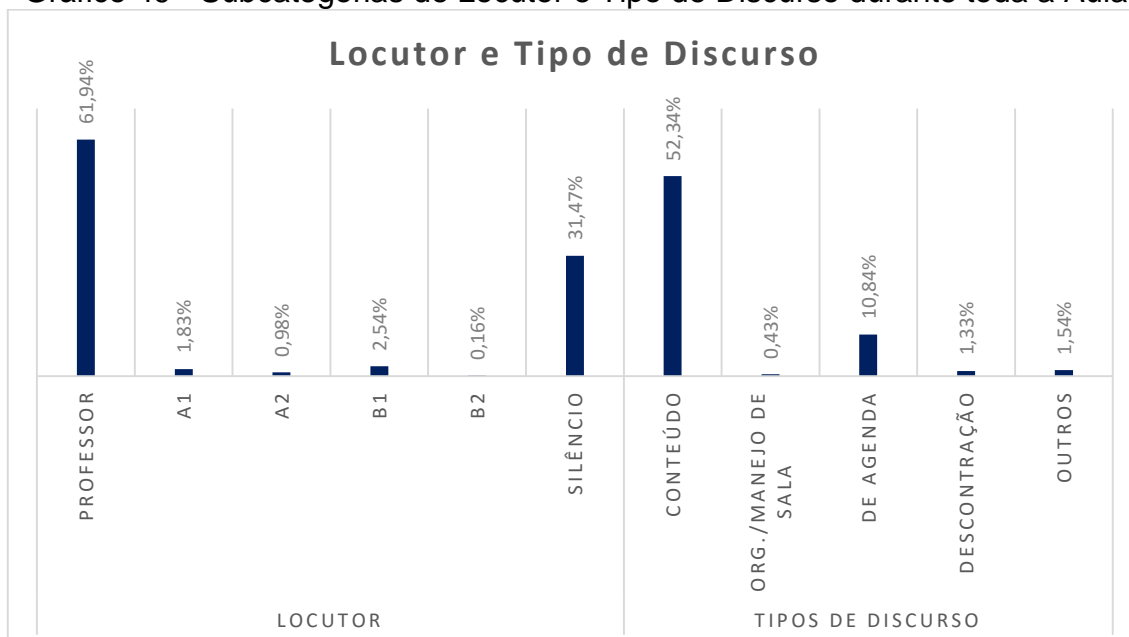
Gráfico 48 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula



Fonte: elaboração própria.

O gráfico 49 exibe os detalhes das subcategorias Locutor e Tipo de Discurso. O Professor ocupou 61.94% do tempo como Locutor desta aula, pois, como se tratava de uma aula expositiva de conteúdo, a locução do Professor foi pautada em apresentar os fundamentos matemáticos da equação de Schrödinger. Desse modo, a participação dos alunos foi bem sucinta, mas novamente observamos um maior tempo de locução para o aluno B1 com 2.54%.

Gráfico 49 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula



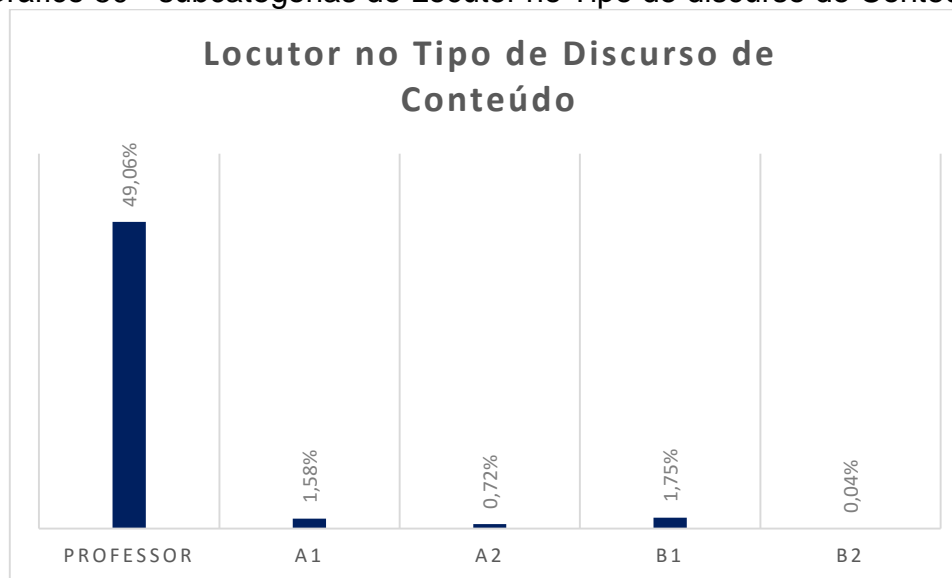
Fonte: elaboração própria.

Por tratar-se de conteúdos ainda não explorados pelos alunos, houve reduzida participação deles, como pode ser observado no valor da subcategoria “Silêncio”, com 31.47% do tempo de aula. Uma parcela dessa subcategoria pode ser atribuída aos vários momentos em que o Professor escrevia no quadro, porém outra parcela é atribuída aos momentos de indagações realizadas pelo Professor e sem resposta dos alunos.

O tipo de discurso de Conteúdo representou 52.34% da aula, além disso, podemos observar que houve 10.84% do discurso de Agenda. O discurso de Agenda teve o propósito de orientar o olhar dos alunos para algumas questões importantes, principalmente aquelas relacionadas aos números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas, por isso ele foi expressivo nesta aula.

A locução dos sujeitos no tipo de discurso de Conteúdo é exibida no gráfico 50. Nesse caso, o Professor possuiu uma locução de 49.06% da aula no discurso de Conteúdo; dessa forma, para esse sujeito predominou o discurso de Conteúdo e de agenda durante a aula.

Gráfico 50 - subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo



Fonte: elaboração própria.

Já os alunos participaram pouco em relação ao conteúdo nesta aula, o aluno A1, com 1.58%, A2, com 0.72%, B1, com 2.54% e B2, com 0.16%. Notou-se certa insegurança do aluno B2 em participar das aulas, além de sua timidez já citada, pois, se comparado com as aulas anteriores e a locução dos demais alunos nesta aula, sua participação foi bem menos expressiva. Assim, podemos salientar

que a interação social desses alunos, quando em duplas para discutir o conteúdo, potencializa suas participações.

Certamente, a abordagem comunicativa prioritária neste tipo de aula foi a “Não Interativa – de autoridade”, que ocupou 40.47% do tempo de aula, como é exibido no gráfico 51. Tal abordagem pode ter sido intensificada pela reduzida participação dos alunos, tendo em vista que ocorreram momentos de interação, mesmo que de autoridade, representando 8.22% da aula. Além disso, ocorreram breves momentos dialógicos, sendo 0.08% para “Interativa-dialógica” e 0.1% para “Não interativa – dialógica”.

Gráfico 51 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula



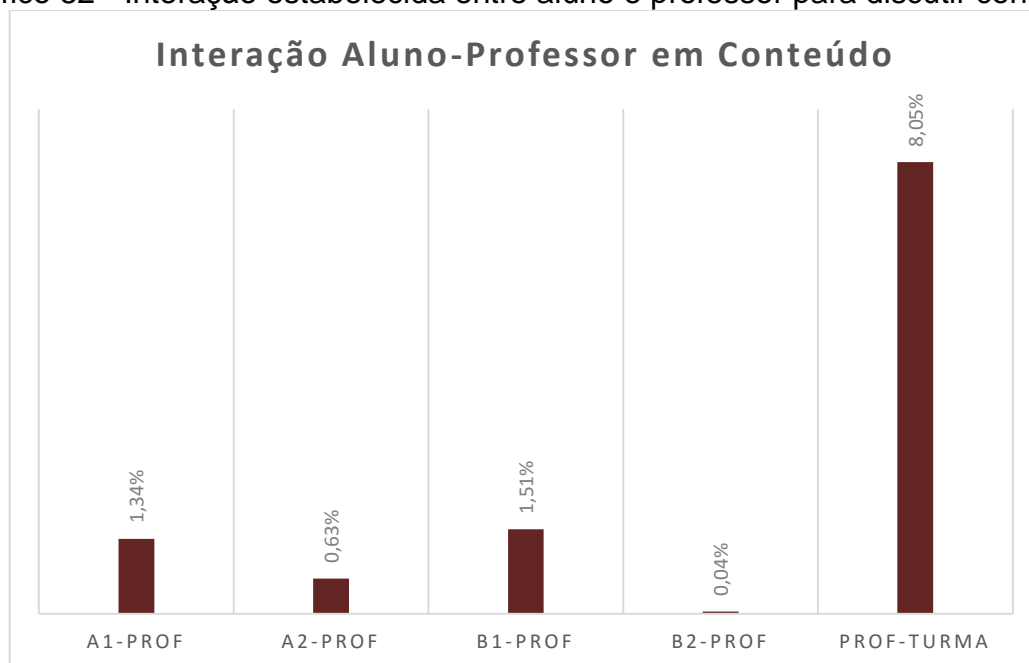
Fonte: elaboração própria.

Porém, o Professor compreendia que os conteúdos ali abordados não eram habituais aos alunos e carecia de abordagens “Não interativas – de autoridade”, pois dificilmente ocorriam interações de conteúdos com abordagens matemáticas desconhecidas pelos alunos.

O gráfico 52 detalha os momentos de interação entre os alunos e o Professor. O aluno B1 interagiu com mais frequência com o Professor, sendo esta 1.51%, seguida do aluno A1, com 1.34%. Já o aluno A2 interagiu em 0.63% do tempo e o aluno B2 foi o que menos interagiu, com 0.04%, devido, provavelmente, a não ter se comunicado com o aluno B1, como poderá ser observado no gráfico seguinte. A interação social entre os pares foi de fundamental importância para que

os alunos participassem, seja expondo suas ideias no diálogo aberto a turma ou entre eles mesmos.

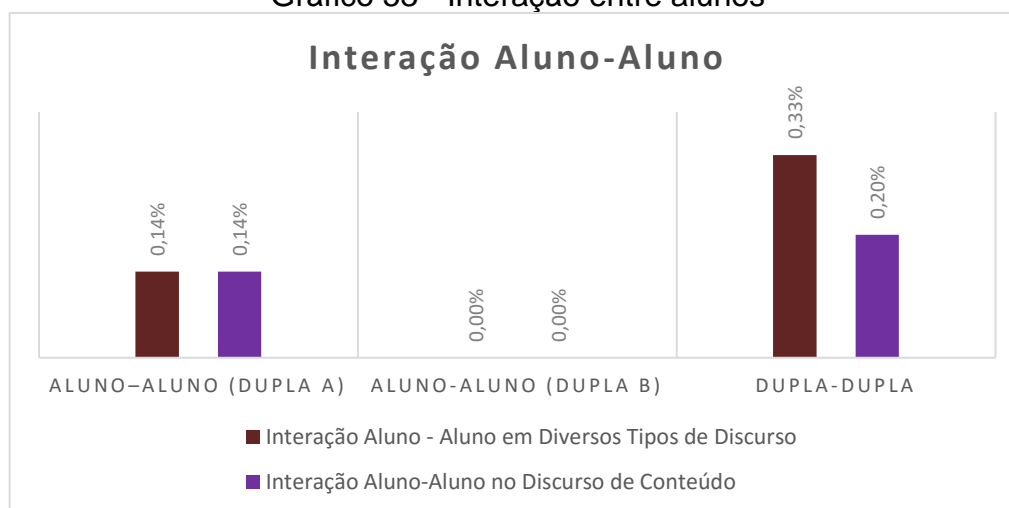
Gráfico 52 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo



Fonte: elaboração própria.

Sobre as interações dos alunos ocorridas durante a aula, observa-se no gráfico 53 que a dupla A foi a única que interagiu, com 0,14%, em diversos tipos de discursos, sendo que esse valor esteve no discurso de Conteúdo. Outro tipo de interação ocorrida durante a aula foi entre as duplas, sendo 0,33% em diversos tipos de discurso, 0,20% desse valor estava inserido no discurso de Conteúdo.

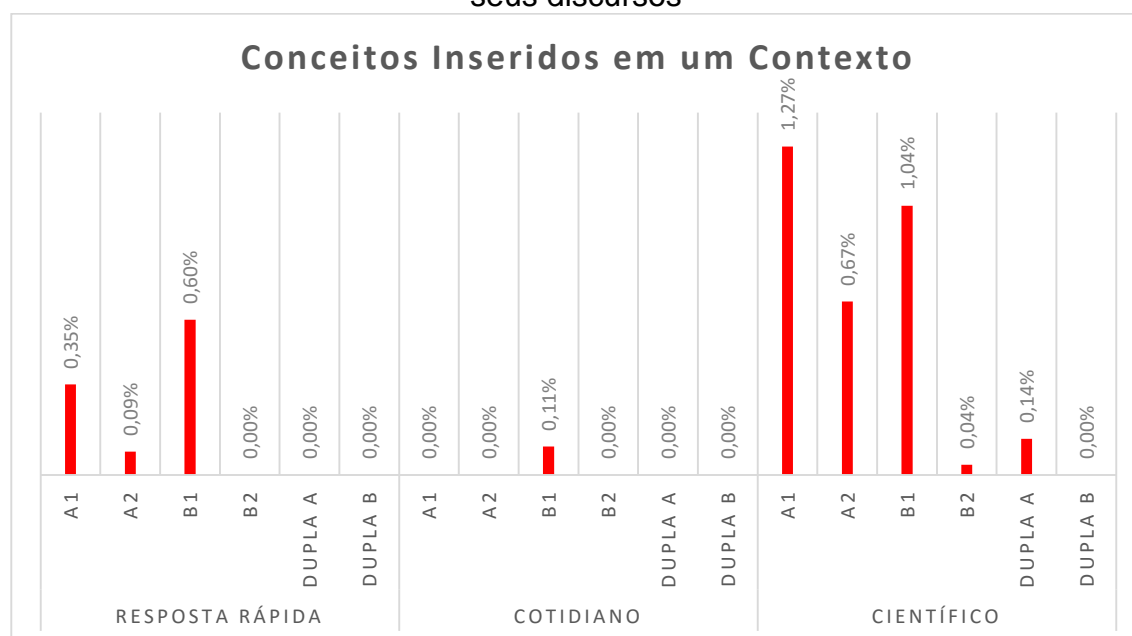
Gráfico 53 - Interação entre alunos



Fonte: elaboração própria.

A interação entre as duplas provavelmente partiu do aluno A1, pois esse aluno apresentou os maiores valores (1.27%) ao expor suas ideias no contexto científico, como pode ser visualizado no gráfico 54. É importante salientar que a categoria “Conceitos Inseridos em um Contexto” foi marcada individualmente para cada Locutor, por isso o gráfico abaixo não possui uma subcategoria “Dupla-Dupla”, uma vez que esta foi codificada paralela aos locutores e de forma contínua.

Gráfico 54 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos



Fonte: elaboração própria.

O aluno B1 continuou sendo o que manteve as maiores porcentagens no contexto da Resposta Rápida (0.60%) e o único, nesta aula, a ter um discurso inserido no contexto do Cotidiano (0.11%). O contexto da Resposta Rápida para tal aluno mostra a sua necessidade de participar das aulas. Em relação ao contexto Cotidiano, os alunos A2 e B1 foram os que mais apresentaram seus discursos nas aulas anteriores, mas nesta somente o aluno B1 apresentou uma frequência de 0.11%.

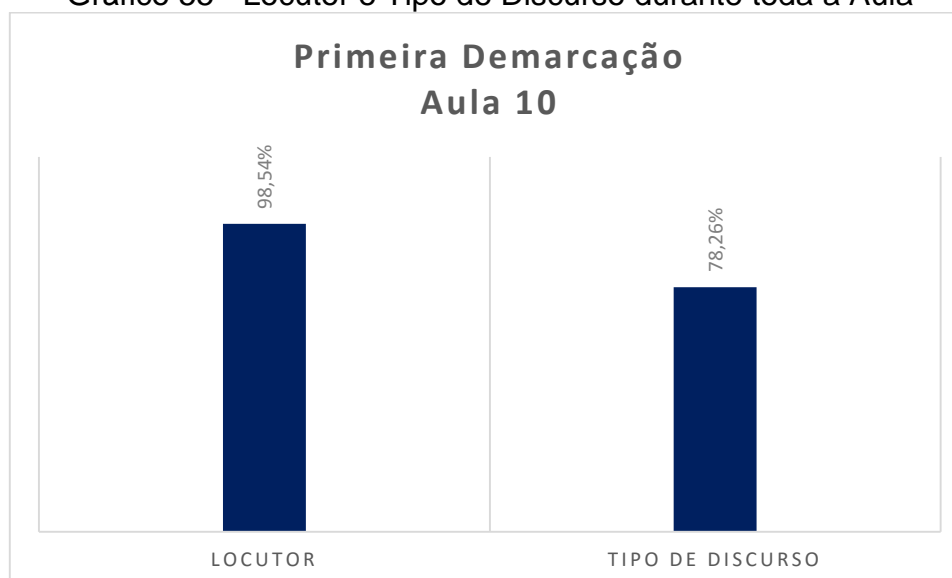
É interessante notar que a interação entre as duplas (gráfico 53) estava pautada no discurso de Conteúdo inserida no contexto Científico, como pode ser visualizada a frequência de 0.14% no gráfico 54. Além disso, nesta aula, o aluno A1 foi o mais expressivo em discutir o conteúdo no contexto Científico, mostrando um breve interesse por esse tipo de contexto.

Gráficos da Aula 10

A aula teve uma duração de 1h:35min26s (Uma hora, trinta e cinco minutos e vinte e seis segundos). Esta aula foi uma continuação da anterior e seguiu os mesmos princípios.

O gráfico 55 representa as porcentagens das categorias Locutor e Tipo de Discurso, cujos valores são de 98.54% e 78.26% respectivamente.

Gráfico 55 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula

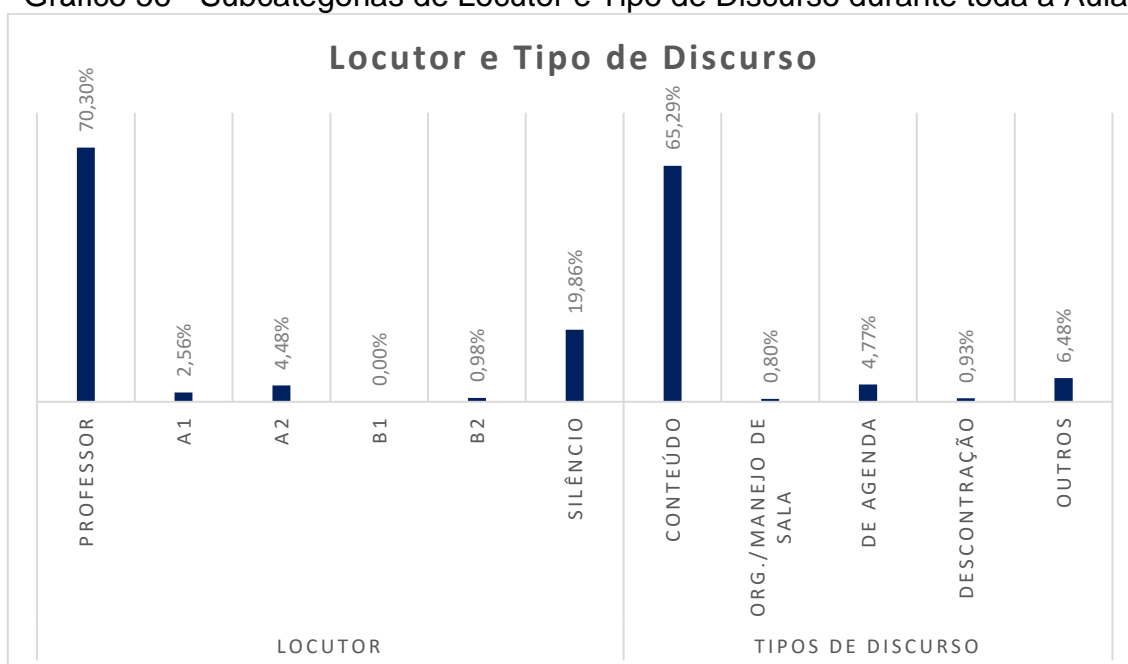


Fonte: elaboração própria.

Por se tratar de uma aula com o tempo bem superior a anterior, os tempos de locução para cada sujeito foram mais acentuados, assim como os diversos tipos de discurso. Desse modo, no gráfico 56, podemos observar os detalhes das subcategorias Locutor e Tipo de Discurso.

O Locutor Professor apresentou uma frequência de 70.30% de participação durante a aula. A participação dos alunos foi de 2.56% para o aluno A1, 4.48% para o aluno A2, B1 esteve ausente nesta aula e 0.98% para o aluno B2.

Gráfico 56 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula

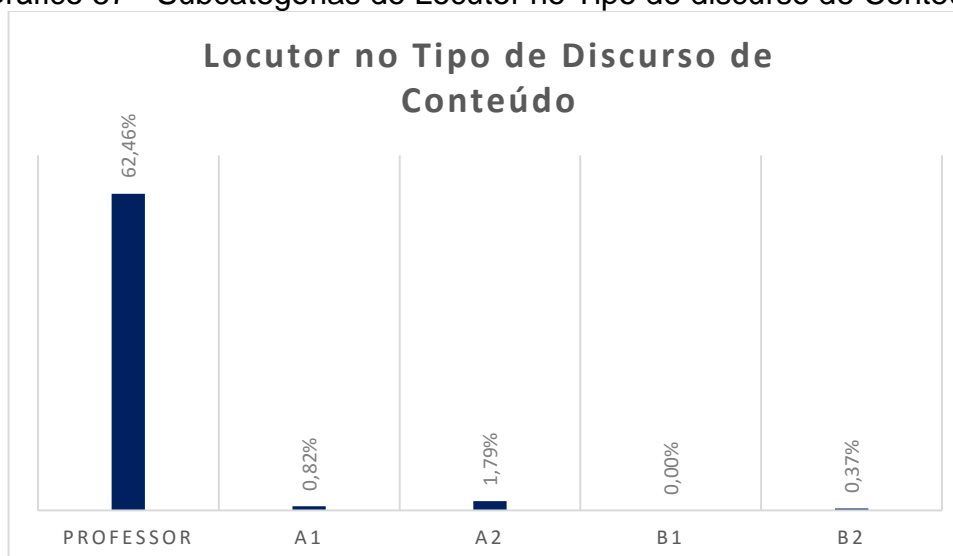


Fonte: elaboração própria.

O Tipo de discurso de Conteúdo desta aula teve uma frequência de 65.29%, já o discurso de Agenda (4.77%) não foi tão expressivo como na aula anterior (10.84%). Nessa vertente, não havia tanta necessidade de direcionar o olhar dos alunos para determinada questão, tendo em vista que os conteúdos discutidos já começavam a fazer parte dos seus “kits de ferramentas”.

Abaixo, no gráfico 57, são apresentados os detalhes da categoria Locutor no tipo de discurso de Conteúdo.

Gráfico 57 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo



Fonte: elaboração própria.

Embora os alunos tenham participado mais nesta aula, em comparação com a anterior, os discursos de Conteúdo não tiveram uma expressividade maior. Desse modo, houve um leve aumento para o aluno A2, com 1.79%, e B2, com 0.37%; na aula anterior, A2 era de 0.72% e B2 era de 0.04%.

A abordagem comunicativa de maior prioridade utilizada pelo Professor nesta aula foi a “Não Interativa – de autoridade”, com 50.49%, como exibe o gráfico 58. Podemos considerar os mesmos pressupostos da aula anterior, tendo em vista que foi uma continuação. Além disso, a abordagem “Interativa – de autoridade” apresentou valores semelhantes, levando em consideração o maior tempo desta aula.

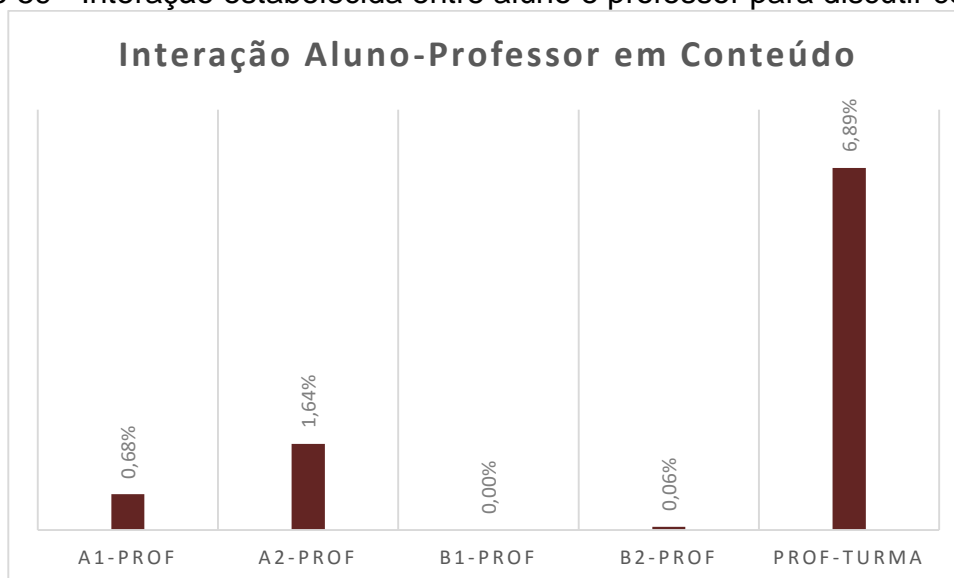
Gráfico 58 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a aula



Fonte: elaboração própria.

Sobre as interações entre alunos e Professor, gráfico 59, apenas o aluno A2 interagiu mais nesta aula com o Professor em relação à aula anterior, tendo um aumento de 0.63% (aula 9) para 1.64% (aula 10).

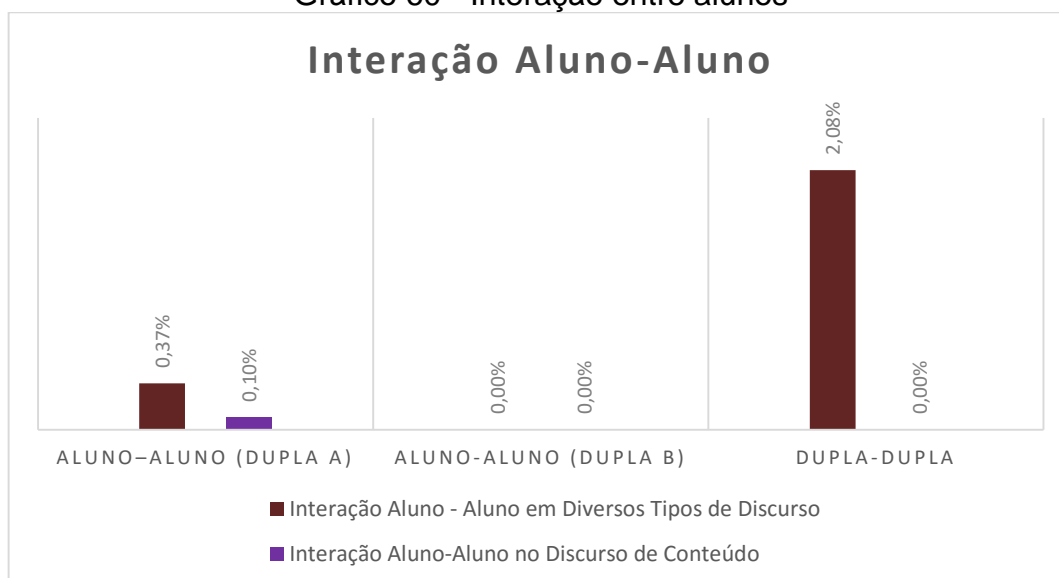
Gráfico 59 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo



Fonte: elaboração própria.

No gráfico 60, podemos visualizar a interação entre os alunos, e percebemos que apenas a dupla A interagiu em diversos discursos, com 0.37%. Desse percentual, 0.10% estava inserido no discurso de Conteúdo. Na aula anterior, apenas a dupla A também havia interagido.

Gráfico 60 - Interação entre alunos



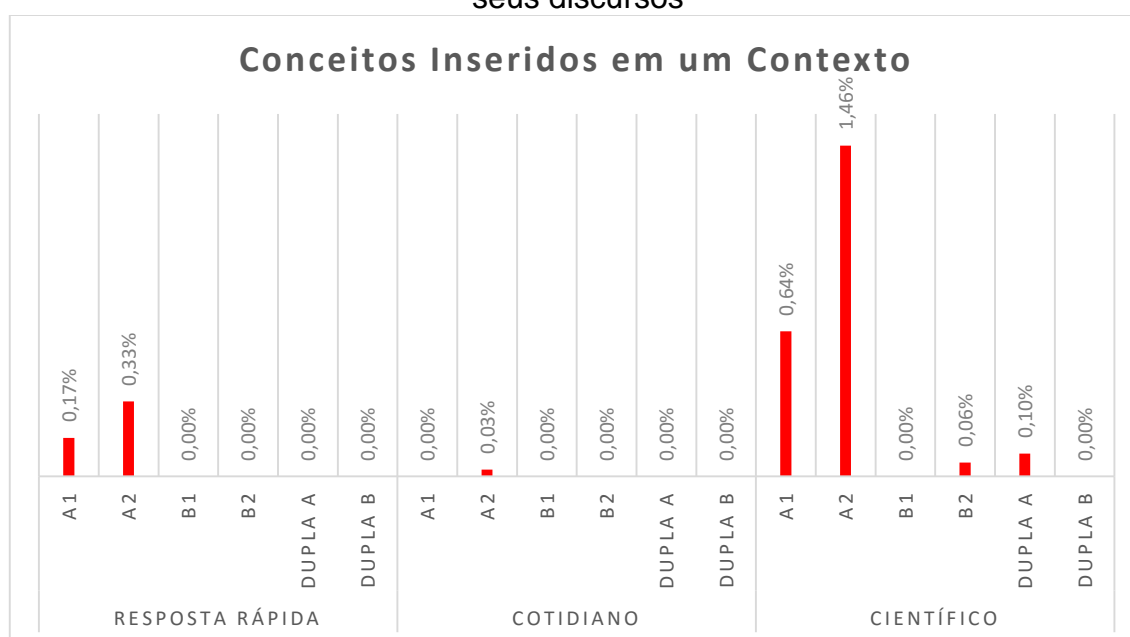
Fonte: elaboração própria.

Ocorreram interações entre as duplas, porém não houve interação no discurso de Conteúdo, apenas nos diversos tipos de discurso, com uma porcentagem de 2.08%.

O gráfico 61 expõe o discurso de Conteúdo dos alunos inseridos em algum contexto. Como os valores para o aluno A2 foram os maiores no contexto da Resposta Rápida, com 0.33%, Cotidiano, com 0.03% e Científico, com 1.46%, deduzimos que a interação aluno-aluno na dupla A (gráfico 60) partiu principalmente do discurso desse aluno. Ademais, o 0.10% de interação no discurso de Conteúdo da dupla A esteve pautado no contexto Científico. Outro ponto a ser levantando é que a interação do aluno B2 com o Professor, 0.06%, também estava inserida no contexto Científico.

O aluno A1 tem menos expressividade nesta aula, tanto no contexto da Resposta Rápida, com 0.17%, assim como no Científico, com 0.64%, em comparação com a aula anterior. Nessa categoria, não ocorreram frequências para Dupla B, pois o aluno B1 estava ausente.

Gráfico 61 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos



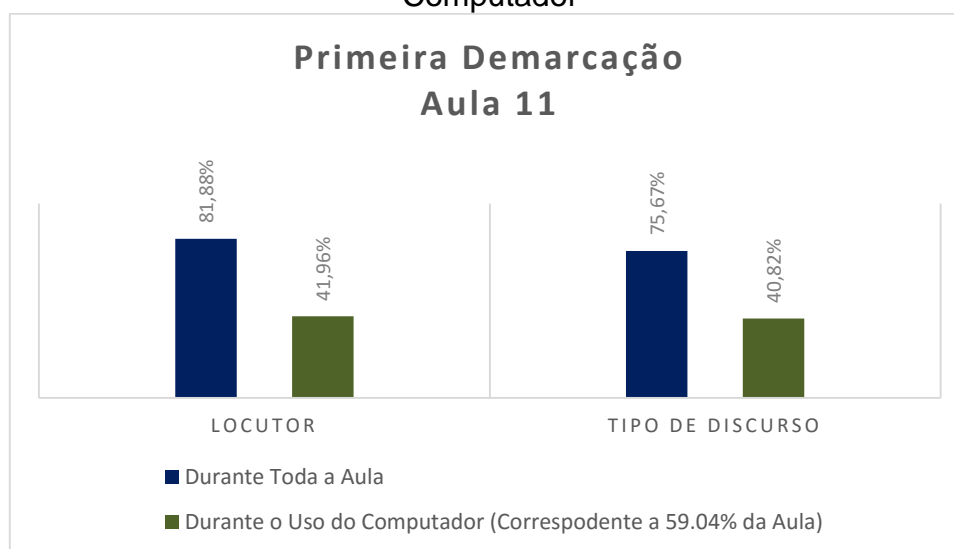
Fonte: elaboração própria.

Gráficos da Aula 11

O tempo da Aula 11 foi de 1h:15min18s(Uma hora, quinze minutos e dezoito segundos). Na maior parte da aula, os alunos ficaram à vontade para manipular o OA e discutir sobre os conceitos do modelo atômico quântico. Dessa forma, o Uso do Computador correspondeu a 59.04% da aula.

As categorias Locutor e Tipo de Discurso são exibidas abaixo no gráfico 62 durante a aula e o Uso do Computador.

Gráfico 62 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador

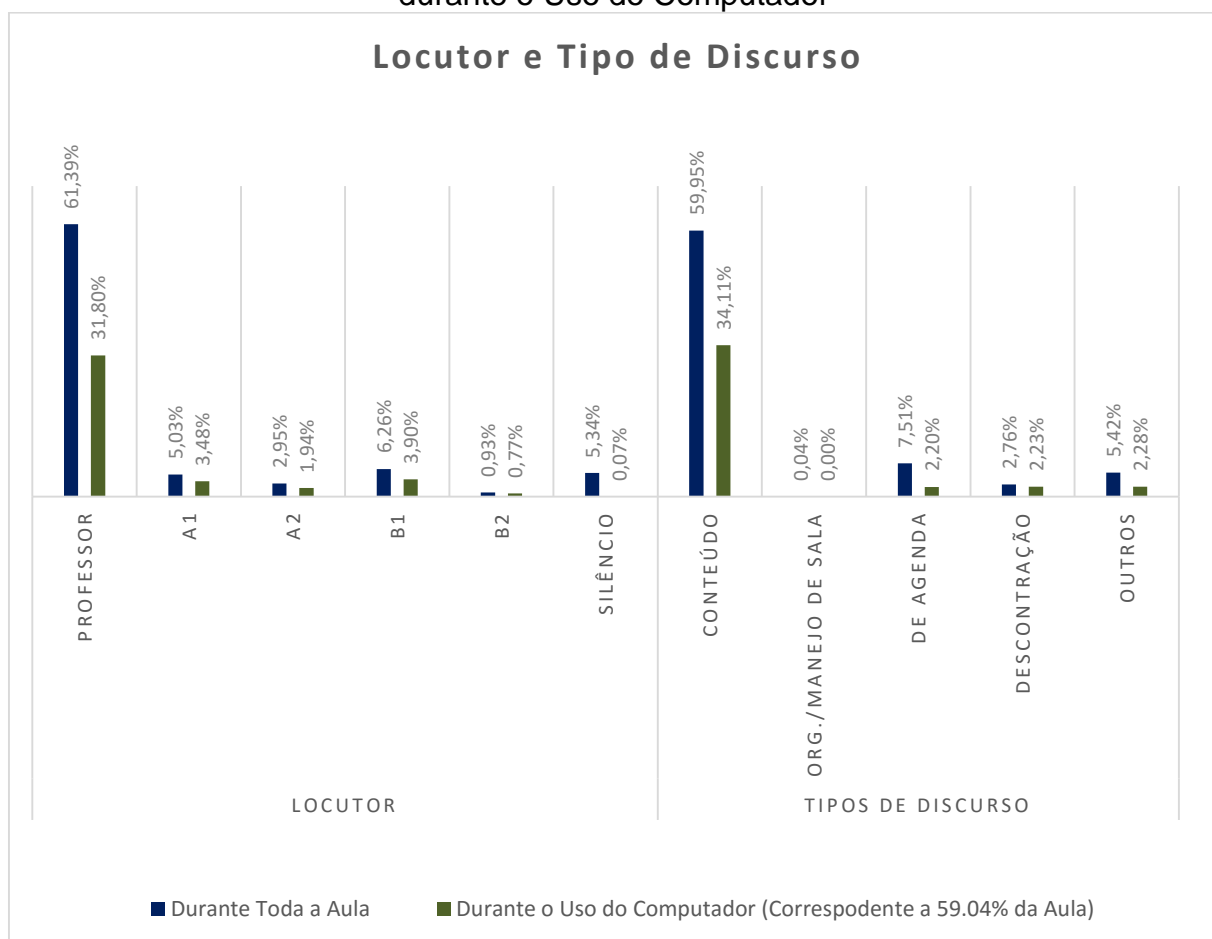


Fonte: elaboração própria.

O valor total para o Locutor durante a aula foi de 81.88%, sendo que 41.96% desse percentual estavam inseridos durante o Uso do Computador. Já para o Tipo de discurso, 75.67% ocorreram durante a aula, e 40.82% desse valor estiveram presentes durante o Uso do Computador.

O gráfico 63 exibe os detalhes dessas duas categorias que foram codificadas em um primeiro momento.

Gráfico 63 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador



Fonte: elaboração própria.

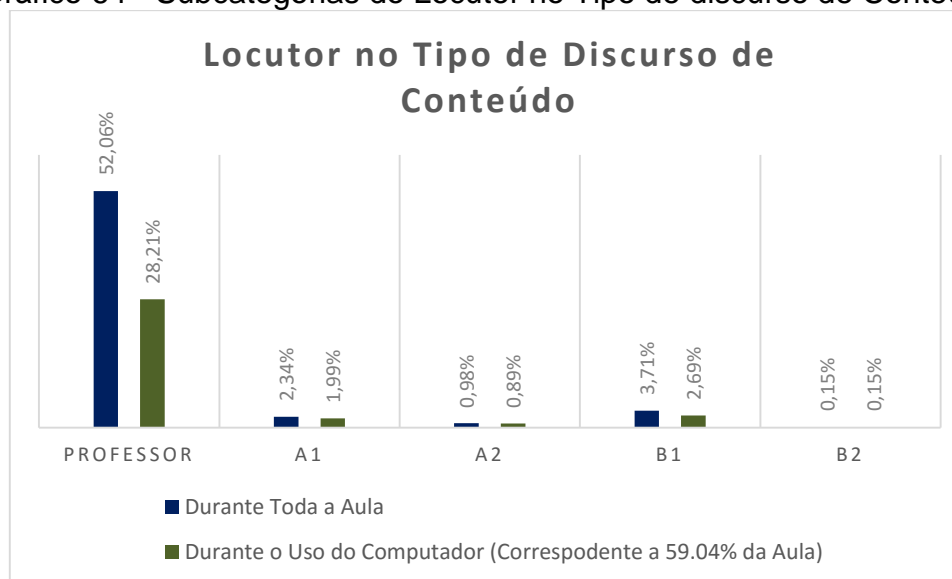
A locução do professor correspondeu a 61.39% da aula, sendo que 31.80% estiveram presentes durante a Resolução do Exercício. Reiteramos que tais valores foram expressivos devido à dinâmica institucional que era exigida, como, por exemplo, o cumprimento da grade curricular para subsidiar tal disciplina como pré-requisito para as demais. Nessa vertente, houve a preocupação do Professor em contemplar tais conteúdos para que não ocorressem grandes prejuízos quanto à cultura institucional ali instalada.

Nesta aula, a participação dos alunos não foi tão expressiva se comparada com outras aulas, ainda se considerarmos o menor tempo de aula desta. Por tratar-se de uma aula em que o Uso do Computador foi mais característico, esperávamos maior participação dos discentes. Porém, se considerarmos a entrevista com o Professor responsável pela disciplina e o relato dos alunos em relação às aulas de outros professores, avaliamos que a participação foi significativa frente à história e à cultura institucionais.

O tipo de discurso de Conteúdo correspondeu a 59.95% da aula, e 34.11% desse valor estavam inseridos durante o Uso do Computador. Mesmo que os alunos já se sentissem à vontade com a metodologia adotada pelo Professor, os momentos de descontração ajudavam para que as aulas não se tornassem monótonas. Nesta aula, tal subcategoria ocupou 2.76% do tempo, estando 2.23% inseridos durante o Uso do Computador. Além disso, os momentos em que ocorreram os discursos de Agenda, 7.51% durante a aula, e 2.20% no Uso do Computador, auxiliaram para direcionar o olhar dos alunos para questões específicas, como a relação entre os fundamentos matemáticos da equação de Schrödinger e o formato dos orbitais exibidos no OA.

No gráfico 64, é possível visualizar a locução dos sujeitos no tipo de discurso de Conteúdo.

Gráfico 64 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo



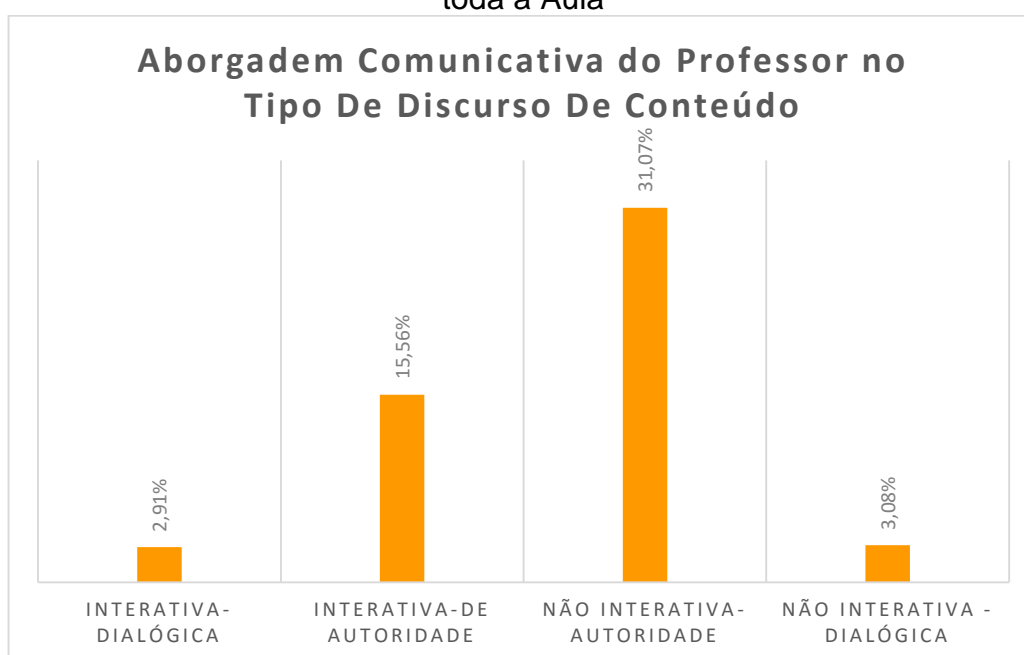
Fonte: elaboração própria.

O Professor discutiu o conteúdo durante 52.06% da aula, sendo que 28.21% estavam inseridos durante o Uso do Computador. Ainda que os alunos tivessem uma razoável participação com os diversos tipos de discurso, esses valores foram menos característicos no discurso de Conteúdo, com os seguintes resultados: A1 com 2.34% durante a aula e 1.99% no Uso do Computador; A2 com 0.98% e 0.89%; B1 com 3.71% e 2.69% e B2 com 0.15% durante o Uso do Computador.

O aluno B2 sempre foi o menos participativo nas aulas. Como informado, trata-se de um aluno tímido. No entanto, é importante relatar que o Professor sempre esteve incomodado com a baixa participação do referido aluno e, por várias vezes, buscou interagir com ele para que se mostrasse mais ativo. Em uma dessas tentativas dialógicas, o aluno informou que essa era a disciplina em que ele mais participava. Isso nos revela que a interação social e o espaço cedido aos alunos para dialogarem a respeito dos conteúdos, bem como o uso de ferramentas socioculturais, podem influenciar no modo de participação dos alunos.

A abordagem discursiva utilizada pelo Professor para favorecer a participação e a interação dos alunos é confirmada no gráfico 65, pois as “Não interativas – dialógicas”, correspondentes a 3.08% da aula, referiram-se às ideias anteriores proferidas pelos alunos, que o Professor abordou durante a aula para discutir os conteúdos. Observa-se também que a abordagem “Não interativa – de autoridade” foi a mais acentuada, com 31.07%, justificada anteriormente pelas questões históricas e culturais da instituição e pela preocupação do Professor em cumprir com o exigido frente a essas questões. No entanto, ocorreram várias abordagens comunicativas de Interação, sendo 15.56% do tipo Autoridade e 2.91% do tipo Dialógica, caracterizando que a aula seguiu uma dinâmica diferente daquela já estabelecida na instituição.

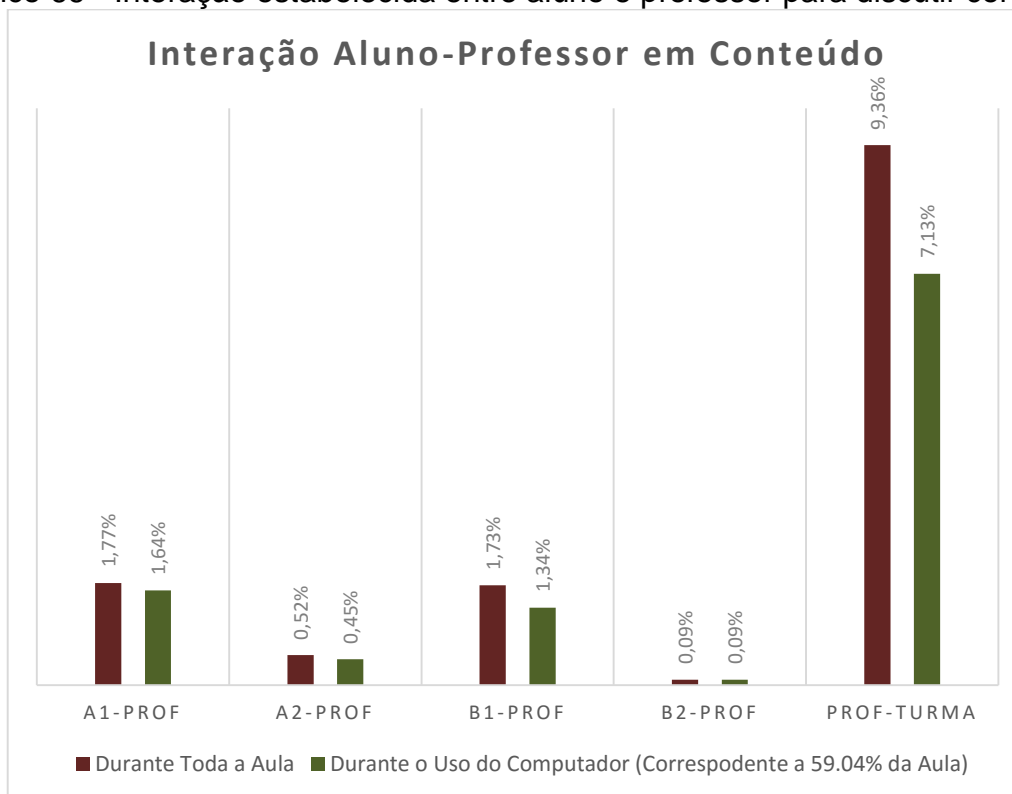
Gráfico 65 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula



Fonte: elaboração própria.

A interação entre alunos e professor é apresentada no gráfico 66, no qual a subcategoria Professor-Turma correspondeu à continuação da fala do docente ao responder às indagações ou às ideias dos alunos.

Gráfico 66 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo



Fonte: elaboração própria.

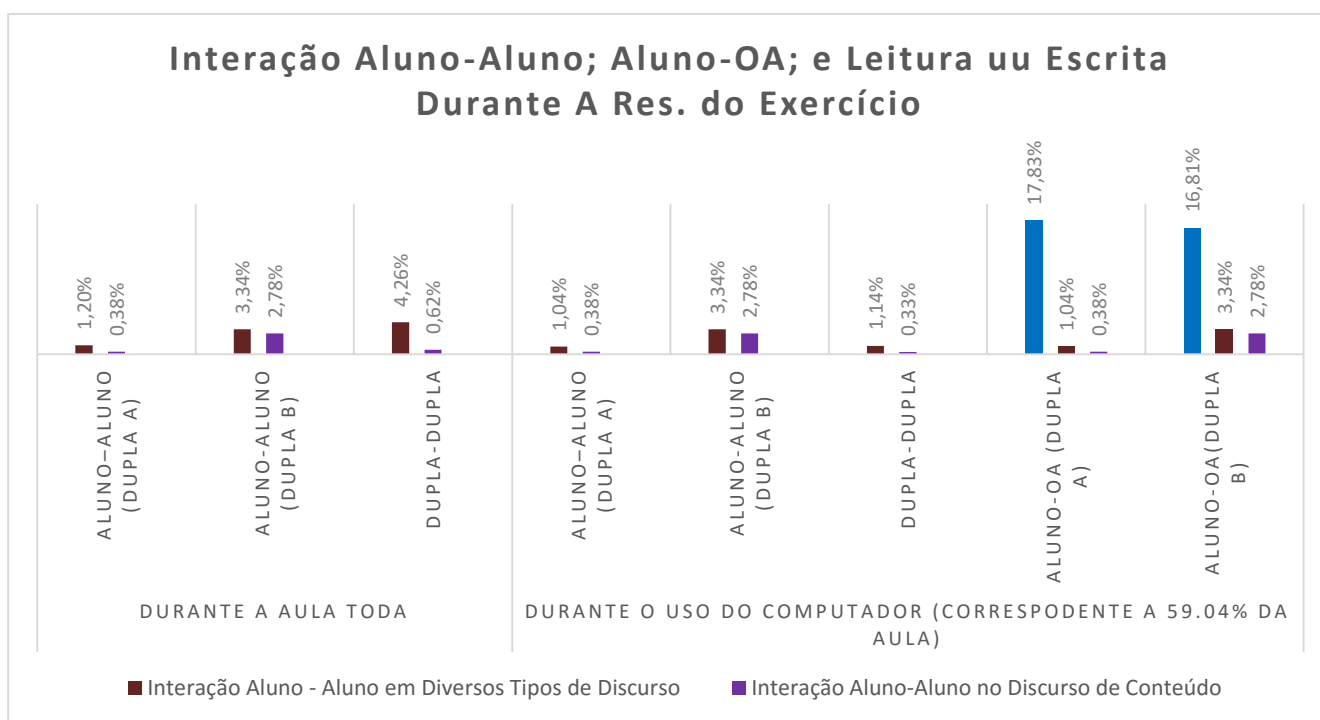
Os alunos que mais interagiram com o Professor nesta aula foram A1 e B1, com 1.77% (1.64% durante o Uso do Computador) e 1.73% (1.34% durante o Uso do Computador) respectivamente. O aluno A2 teve uma razoável interação com o Professor e B2 quase não interagiu nesta aula. Porém, algumas dessas interações foram estendidas pela resposta do Professor, e tais valores podem ser mais expressivos pela subcategoria Professor-Turma.

A interação entre alunos e entre o OA é revelada no gráfico 67 abaixo. Durante a aula, ocorreram interações entre aluno-aluno nas duas duplas. A dupla A interagiu em diversos tipos de discurso em 1.20% do tempo, sendo que 0.38% desse percentual correspondeu ao Conteúdo. Já a dupla B interagiu 3.34% do tempo em diversos tipos de discurso, e 2.78% desse valor ocorreram no discurso de Conteúdo. Também podemos observar uma interação entre as duplas de 4.26% nos diversos tipos de discurso, estando apenas 0.62% desse valor inserido no discurso

de Conteúdo. Nesse sentido, a dupla B foi a que manteve a maior interação para discutir os conteúdos, tendo em vista que os valores entre os diversos tipos de discurso e o discurso de Conteúdo não se afastaram tanto.

As porcentagens das interações durante o Uso do Computador corresponderam a uma parcela daquelas que ocorreram durante a aula, pois o Uso do Computador também correspondeu a uma parte da aula inteira. Sendo assim, observamos que a interação no discurso de Conteúdo da dupla A ocorreu exclusivamente durante o Uso do Computador e o mesmo podemos afirmar para a dupla B.

Gráfico 67 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem



Fonte: elaboração própria.

Já em relação à interação entre as duplas, 1.14% dos diversos tipos de discurso estiveram presentes no Uso do Computador, dos quais 0.33% correspondeu ao discurso de Conteúdo.

A interação com o OA corresponde ao momento em que os alunos manipulavam o OA sem que o discurso estivesse aberto a toda a turma, ou seja, era um momento que ocorria somente entre os alunos na dupla. Dessa forma, a dupla A manipulou o OA durante 17.83% do tempo de aula e, durante esse período e a partir da interação com AO, os alunos também interagiram. Portanto, os valores referentes

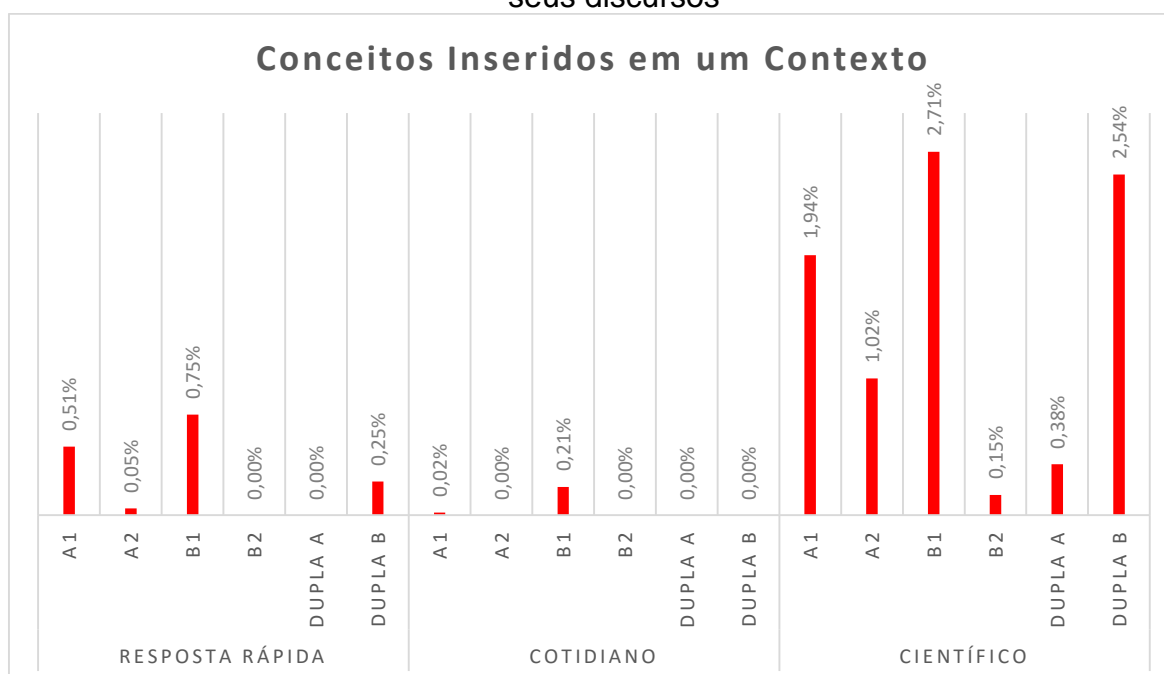
à subcategoria “aluno-aluno” da dupla A, referentes aos diversos tipos de discurso e ao discurso de Conteúdo, ocorreram exclusivamente durante a interação com o OA, pois, nesse intervalo, apresentaram os mesmos valores de 1.04% em diversos tipos de discurso e 0.38% no discurso de Conteúdo.

Em relação à dupla B, a interação com o OA foi de 16.81% e os mesmos valores da interação aluno-aluno ocorreram durante essa manipulação, ou seja, a interação entre esses alunos nos diversos tipos de discursos, 3.34%, e no discurso de Conteúdo, 2.78%, ocorreu exclusivamente durante a manipulação do OA.

Observa-se que a dupla A, em todas as aulas em que houve Uso do Computador, sempre interagiu mais com o OA, porém a interação entre alunos era menos expressiva em comparação com a dupla B. Isso revela maior participação da dupla B em discutir os conteúdos e que parte dessas discussões ocorreu durante a manipulação do OA.

O contexto no qual os conceitos dos alunos foram inseridos durante suas participações no discurso de Conteúdo é apresentado no gráfico 68.

Gráfico 68 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos



Fonte: elaboração própria.

Somente o aluno B2 não participou da aula com o discurso inserido no contexto da Resposta Rápida. Já o aluno B1 foi o mais característico com 0.75% nesse contexto, revelando sua maior participação, mesmo que de maneira retórica

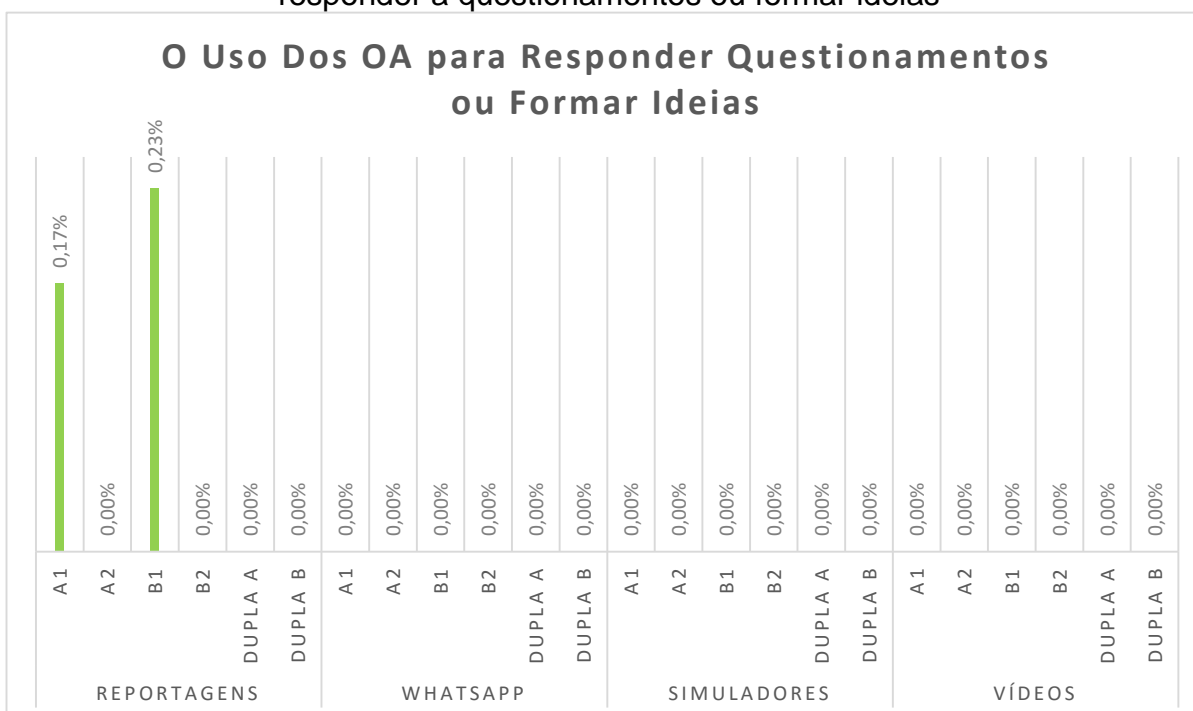
durante as aulas. Além disso, o aluno B1 sempre apresentou discursos inseridos no contexto Cotidiano (0.21%), provavelmente por ter forte influência das concepções espontâneas, principalmente daquelas advindas do ensino secundário. O valor de 0.02% no contexto Cotidiano para o aluno A2 foi pouco expressivo em comparação ao aluno B1, por isso destacamos o aluno B1.

Embora o aluno B1 sempre discutisse o conteúdo no contexto Cotidiano, nesta aula, a maior participação foi desse mesmo aluno com o discurso inserido no contexto Científico, com 2.71%, o que reforça a ideia de que a interação entre a dupla B estava ligada pela iniciativa desse aluno, pois revelou um valor de 2.54% no discurso de Conteúdo inserido no contexto Científico. A dupla A também inseriu seu discurso no contexto Científico, com uma frequência de 0.38%.

De modo geral, apesar desta aula não ter sido a mais expressiva no contexto Científico para todos os alunos, ela pode ser considerada relevante, uma vez que houve participação de todos os discentes, incluindo suas interações nas duplas nesse contexto.

O gráfico 69 representa a frequência com que os alunos expuseram seus discursos para responderem a questionamentos ou formarem ideias a partir do uso dos OA. Os dados revelaram que os alunos A1 e B1 expõem ideias de Reportagens televisivas ou escritas, com frequências de 0.17% e 0.23% respectivamente. A exposição dessas ideias, mesmo que pouco expressivas em relação ao tempo de aula, mostra que os conteúdos discutidos em sala de aula estavam sendo relacionados com aqueles transmitidos por outros meios que não fossem o da sala de aula, revelando interesse dos alunos por tal temática.

Gráfico 69 - O discurso dos alunos no uso dos Objetos de Aprendizagem para responder a questionamentos ou formar ideias



Fonte: elaboração própria.

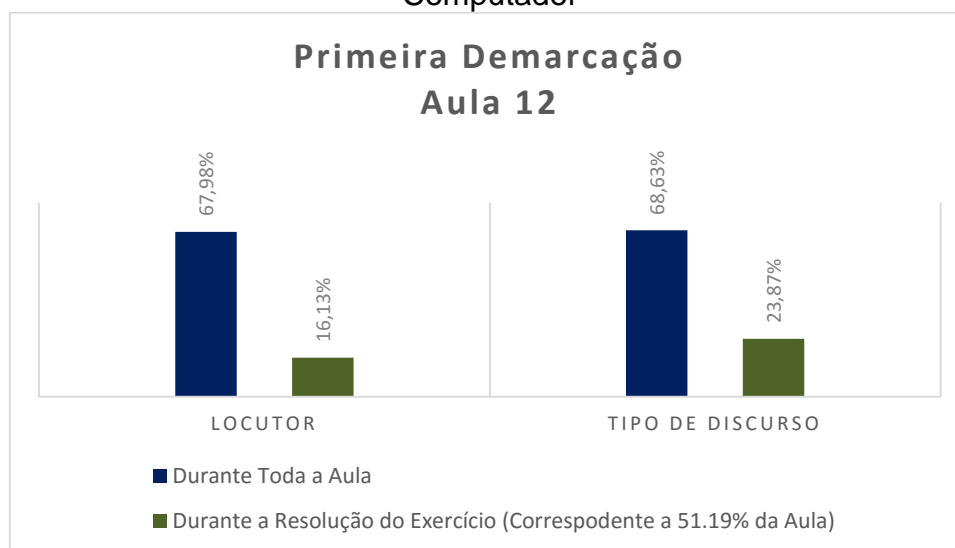
Gráficos Aula 12

A referida aula correspondeu a um tempo de 1h:47min13s (Uma hora, quarenta e sete minutos e treze segundos). Nesta aula, os alunos responderam à quarta lista de exercícios com livre acesso ao computador para usarem o OA como ferramenta de auxílio. O Uso do Computador correspondeu a 51.19% da aula.

O gráfico 70 expõe as frequências das categorias Locutor e Tipo de Discurso durante a aula e a Resolução do Exercício. O Locutor ocupou 67.98% do tempo de aula e, desse percentual, 16.13% estiveram inseridos durante a Resolução do Exercício. Já o Tipo de Discurso ocupou 68.63% do tempo de aula, e 23.87% estiveram inseridos durante a Resolução do Exercício.

Nas aulas em que os alunos resolviam exercícios, a participação nos discursos abertos sempre era menos acentuada, pois os alunos se concentravam na leitura e na escrita dos exercícios. Sendo assim, as maiores interações podem ser encontradas entre os próprios alunos, já que tal atividade proporciona isso.

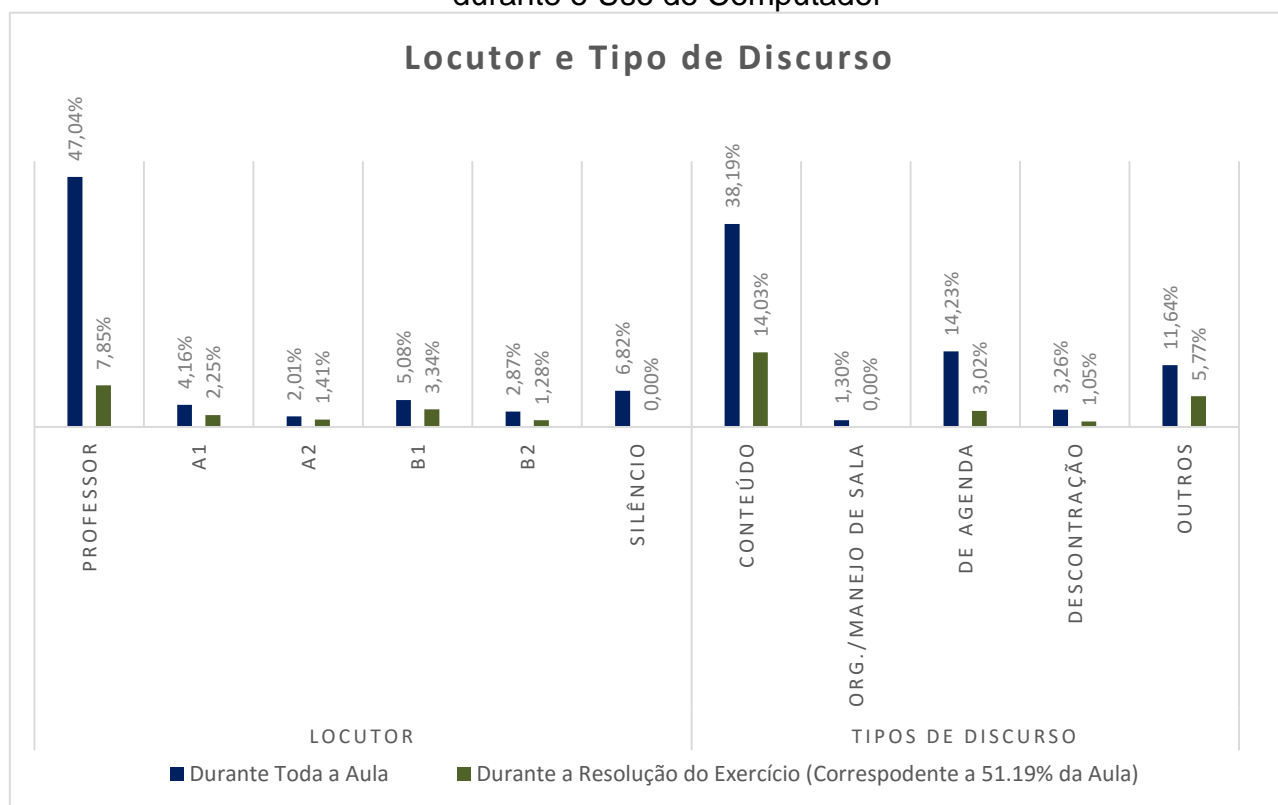
Gráfico 70 - Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador



Fonte: elaboração própria.

As subcategorias Locutor e Tipo de Discurso durante a aula e a Resolução do Exercício são reveladas no gráfico 71.

Gráfico 71 - Subcategorias de Locutor e Tipo de Discurso durante toda a Aula e durante o Uso do Computador



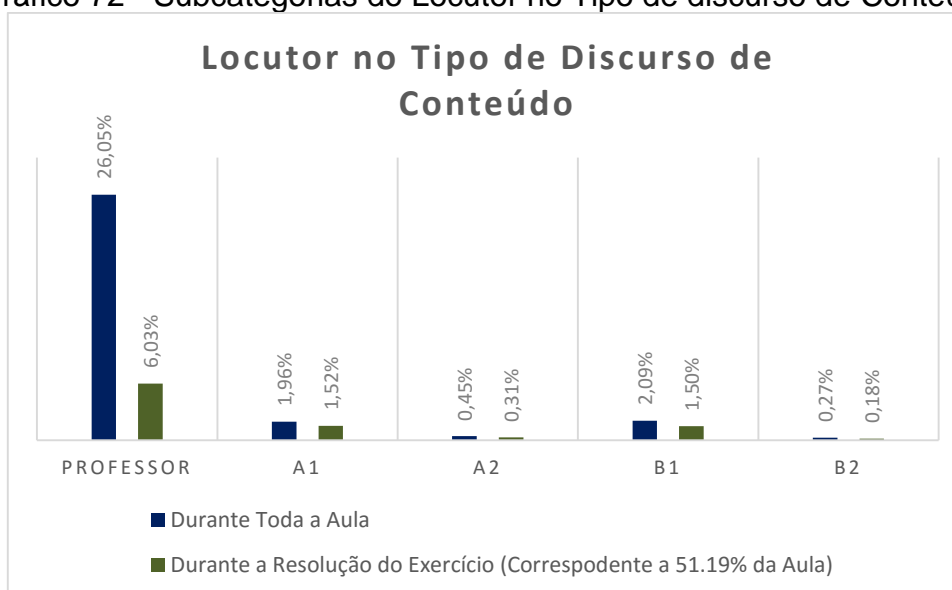
Fonte: elaboração própria.

A locução do Professor foi bem expressiva, com 47.04% durante a aula, e 7.85% desse tempo estavam inseridos na Resolução do Exercício. O alto valor não significa que o discurso do Professor esteve inserido no discurso de Conteúdo, até porque o discurso de Agenda também foi bem expressivo, com 14.23%, revelando que o olhar dos alunos foi direcionado para questões específicas a serem observadas em vários momentos.

O discurso “Outros” também apresentou valores expressivos, pois como se tratava da última aula do primeiro módulo, ocorreram diversos momentos discursivos, entre eles o de negociação para a realização da avaliação escrita. A respeito dos 5.77% do discurso “Outros” ocorridos durante a Resolução do Exercício, eles foram referentes, principalmente, às informações dadas pelo Professor de que assumiria a disciplina até o final do semestre, como já foi informado na metodologia deste trabalho.

Abaixo, no gráfico 72, encontramos as subcategorias Locutor no tipo de discurso de Conteúdo. Como salientado anteriormente, a locução do professor nesse tipo de discurso foi menos proeminente, com 26.05% durante a aula, 6.03% desse percentual estavam inseridos na Resolução do Exercício, pois se tratava de uma aula em que os alunos estavam concentrados em obter as respostas para tal exercício.

Gráfico 72 - Subcategorias do Locutor no Tipo de discurso de Conteúdo

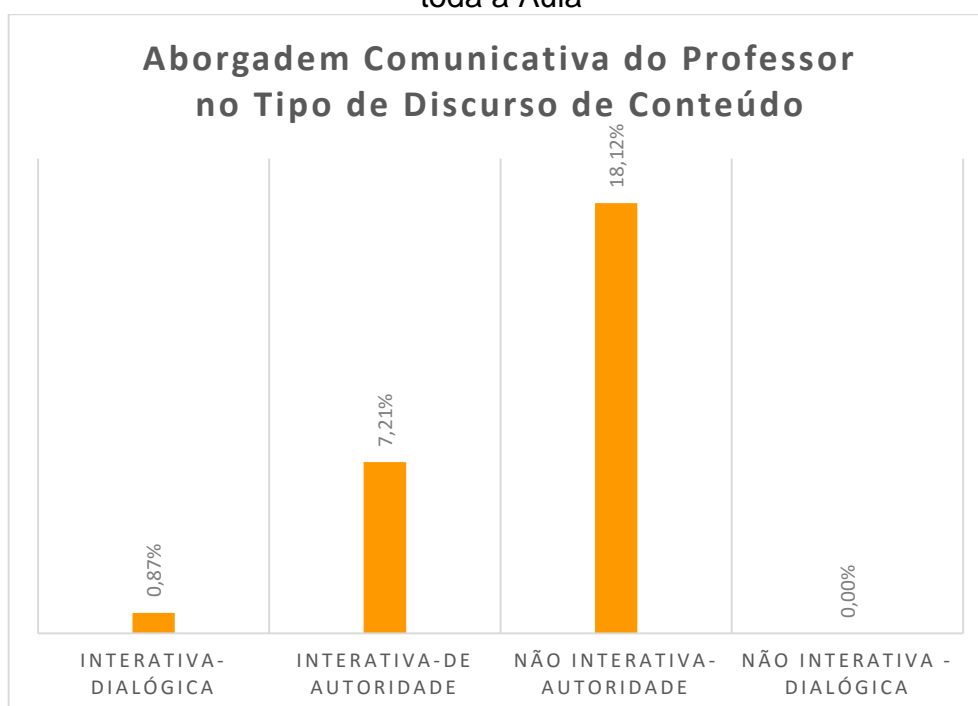


Fonte: elaboração própria.

Nos discursos abertos a toda a turma, o aluno B1 sempre era o mais participativo. Nesta aula, sua participação foi expressa por uma frequência de 2.09% e, desse valor, 1.50% estava inserido na Resolução do Exercício. O aluno A1 também participou de maneira mais ativa nesta aula, com 1.96%, estando 1.52% desse percentual inserido na Resolução do Exercício. Os alunos A2 e B2 diminuíram suas participações em relação às aulas anteriores, provavelmente pelas indagações dos alunos A1 e B1 também responderem às suas dúvidas.

A abordagem comunicativa do Professor nesta aula, apesar de ser mais acentuada na “Não Interativa–de autoridade”, com 18.21% do tempo de aula, justificadas pelo gráfico 73, também apresentou momentos interativos, sendo 7.21% de autoridade e 0.87% dialógico.

Gráfico 73 - Abordagem comunicativa do professor no discurso de Conteúdo durante toda a Aula



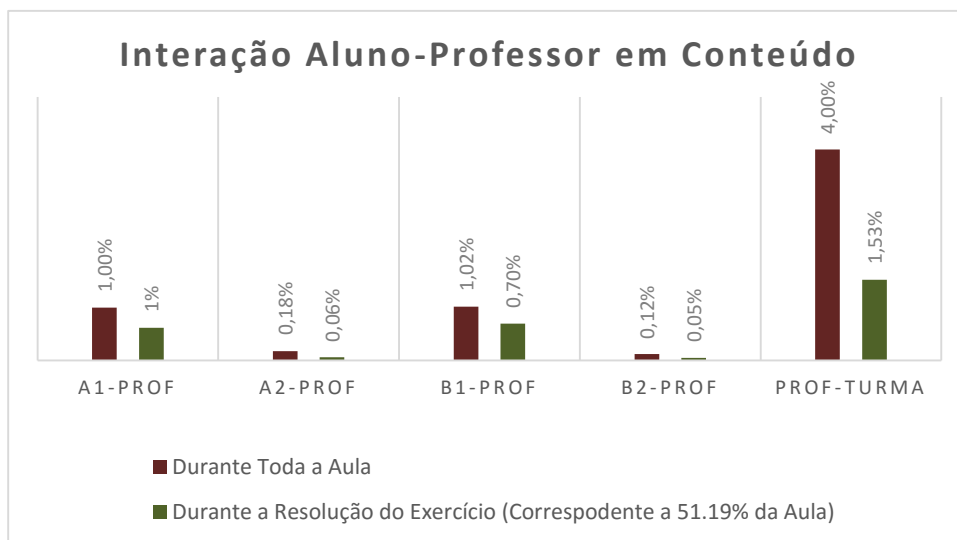
Fonte: elaboração própria.

As abordagens do Professor para responder aos questionamentos dos alunos, sempre que possível, tentavam envolvê-los em uma discussão interativa, mesmo que de autoridade, abordagens essas que eram complementadas de maneira mais dialógica pelas discussões do grupo do WhastsApp. No grupo, os alunos se sentiam mais livres para interagirem e discutirem por se tratar de um

espaço virtual e informal, sendo uma ferramenta cultural integrante do meio desses alunos. Discutiremos a interação nesse meio digital em momentos posteriores.

O gráfico 74 exibe a interação entre os alunos e o Professor. De maneira geral, já foram explicados os porquês da tímida interação desses alunos com o docente.

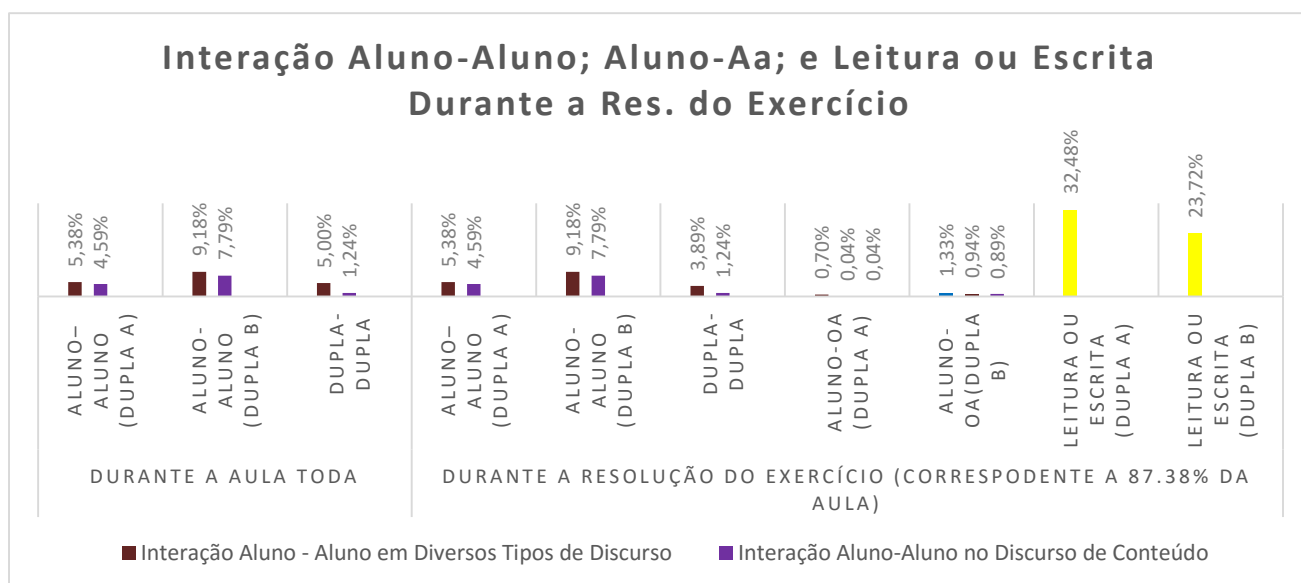
Gráfico 74 - Interação estabelecida entre aluno e professor para discutir conteúdo



Fonte: elaboração própria.

O gráfico 75 apresenta a interação entre os alunos, o Objeto de Aprendizagem e os momentos de leitura e escrita durante a Resolução do Exercício.

Gráfico 75 - Interação entre alunos, aluno e Objeto de Aprendizagem; e Leitura ou escrita durante a resolução do exercício



Fonte: elaboração própria.

Devido aos alunos já terem manipulado bastante o OA na aula anterior a fim de explorarem os conceitos científicos ali inseridos e dominarem tal ferramenta, ocorreram poucas interações dos alunos com o OA. A dupla A interagiu 0.70% com o AO, sendo apenas 0.04% correspondente ao discurso de Conteúdo, e a dupla B interagiu 1.33% com o AO, sendo 0.94% em diversos tipos de discursos e, desse percentual, apenas 0.89% estava inserido no discurso de Conteúdo. Dessa maneira, os esforços na Resolução do Exercício foram revelados pelos valores acentuados de Leitura e Escrita do exercício, de modo que a dupla A correspondeu a 32.48% e a dupla B a 23.72%.

De acordo com o menor valor de Leitura e Escrita da dupla B, podemos observar que tal dupla interagiu com mais frequência, sendo 9.18% relacionados a diversos tipos de discursos, 7.79% desses estavam inseridos no Conteúdo. Já a dupla B, nos diversos tipos de discurso, apresentou uma participação de 5.38%, 4.59% inseridos no discurso de Conteúdo. Constata-se, pela análise do gráfico, que essas interações ocorreram exclusivamente durante a Resolução do Exercício, uma vez que os valores são repetidos.

A respeito da interação dupla-dupla, ocorreu 5.00% de participação dos alunos nos diversos tipos de discursos, 3.89% inseridos na Resolução do Exercício. Porém, o 1.24% referente à interação dupla-dupla no discurso de Conteúdo ocorreu exclusivamente na Resolução do Exercício. Dessa maneira, podemos frisar que, por se tratar de um exercício com questões específicas e relacionadas aos conteúdos, certamente a maior parcela do discurso de Conteúdo estaria inserida no momento da Resolução do Exercício.

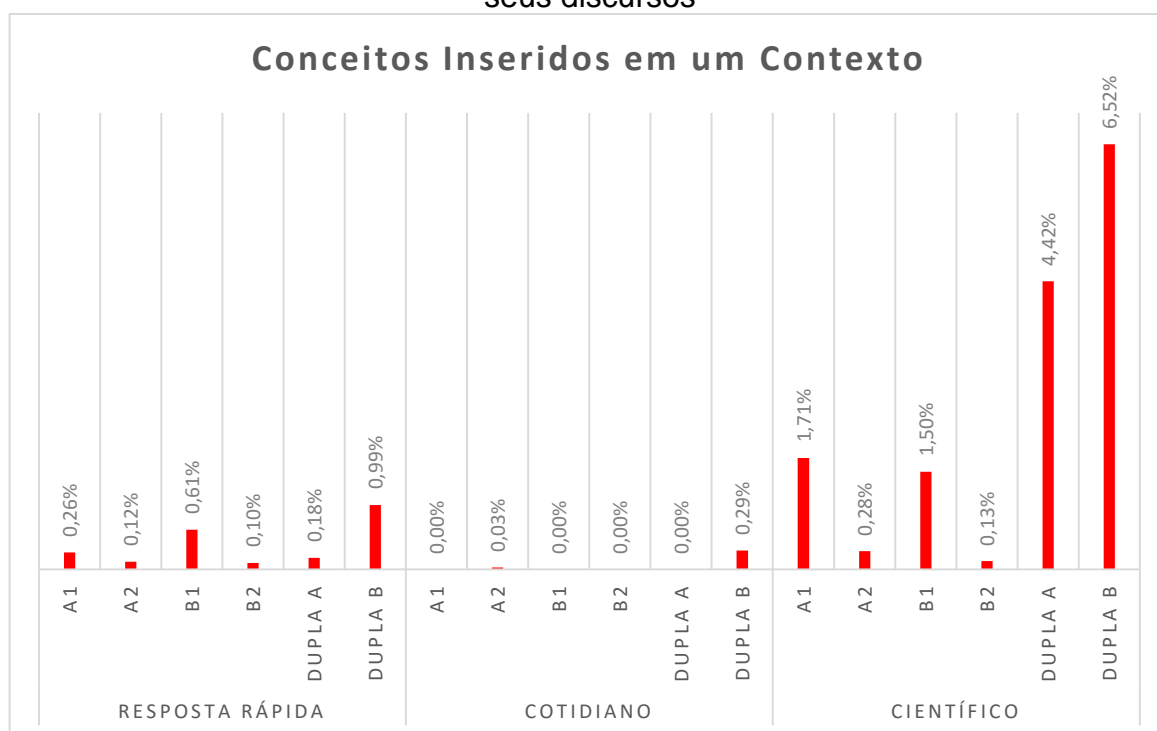
Como pode ser observado no gráfico 76, sobre o contexto em que os conteúdos foram inseridos, o aluno A apresentou uma baixa expressividade de 0.03%, e a dupla B apresentou um valor mais expressivo de 0.29% do tempo de aula no contexto do Cotidiano. No caso da dupla B, o contexto Cotidiano foi inserido pelo aluno B2 de acordo com a análise do áudio da aula, no qual se observou risos (indicando dúvida e desconfiança) do aluno B1 para com a resposta do aluno B2. Esse fato nos revela que, nesta aula, as concepções espontâneas já não eram tão expressivas para o aluno B1.

Ademais, a dupla B foi a que mais acentuou seus discursos no contexto científico, em 6.52% do tempo de aula. Porém, ao tratarmos a participação dos sujeitos isoladamente ou na interação entre as duplas, o aluno A1 foi o que mais

participou, com 1.71% do tempo de aula, seguido do aluno B1, com 1.50%. Os alunos A2 e B2 se expressaram pouco no contexto Científico, sendo 0.28% e 0.13% respectivamente.

Todos os sujeitos pesquisados inseriram uma parcela dos seus discursos de Conteúdo no contexto da Resposta Rápida, indicando uma sucinta participação retórica durante esse tempo.

Gráfico 76 - Contexto nos quais os conceitos dos alunos foram inseridos durante seus discursos



Fonte: elaboração própria.

Nesta aula, não ocorreram levantamentos de ideias ou respostas a questionamentos a partir dos OA, por esse motivo o gráfico não foi apresentado.

5.2.3 Comentários gerais sobre os gráficos

O presente subtópico explana sobre uma abordagem geral dos valores referentes às categorias no tipo de discurso de Conteúdo. Sendo assim, destacamos que as maiores porcentagens para o Locutor Professor no discurso de Conteúdo, levando em consideração todas as aulas codificadas, estão concentradas nas aulas 6, 9 e 10, com 56.49%, 49.06% e 62.46% respectivamente. Porém, a aula 6 foi a

aula mais expressiva em relação à abordagem comunicativa “Interativa-dialógica”, com 6.22%, comparada com todas as aulas.

Vale ressaltar que o referido valor é relevante se considerarmos alguns fatores: a história e a cultura institucional baseada em aulas expositivas de conteúdo e sem muitas interações dialógicas, sendo conduzidas por uma abordagem “Não Interativa-de autoridade” pela maioria dos professores; a timidez ou a insegurança, talvez por falta de espaço e/ou atividades interativas, dos alunos em participarem das aulas expondo suas ideias; e a insegurança do Professor-Pesquisador para proporcionar e prolongar os momentos dialógicos, pois se preocupava com o conteúdo e com o tempo a serem cumpridos na instituição, tendo em vista que tais conteúdos eram exigidos como pré-requisitos para as próximas disciplinas.

Outro ponto relevante a ser destacado foi o tempo de execução das aulas¹⁵, pois esse fator pode ser irrelevante no comparativo das categorias se levarmos em consideração os objetivos e as atividades realizadas em cada uma. Desse modo, podemos encontrar aulas com tempos bem menores e que foram mais interativas. A aula 6 possui o maior tempo de todas, porém foi mais dialógica por se tratar de um feedback do exercício 1 após a introdução de novos conceitos (ver Mapa de Aulas), proporcionando maiores participações dos alunos.

A respeito da locução dos alunos no discurso de Conteúdo, as aulas com as maiores participações foram a 5 e 8, porém o aluno A1 não esteve presente na aula 5. As porcentagens para cada aluno no discurso de Conteúdo para aula 5 foram: A2: 4.64%; B1: 7.12%; B2:0.93%. Para a aula 8, as porcentagens foram: A1: 3.68%; A2: 6.61%; B1: 6.98%; B2: 1.78%. É interessante notar que essas aulas foram ministradas com o auxílio do computador sem que houvesse exercícios a serem resolvidos, e assim permitiu participações mais ativas nos discursos abertos a toda a turma. Reiteramos que o OA utilizado na aula 5 foi manipulado apenas pelo professor, mas garantiu uma boa interatividade e dialogicidade com os alunos. Essa aula foi a segunda mais expressiva na abordagem “Interativa-dialógica”, com 4.19%, e a mais expressiva de todas na abordagem “Interativa-de autoridade”, com 27.92%.

Nas aulas 4, 5, 6, 9, 10 e 11 ocorreram abordagens “Não Interativa-dialógica”, um tipo raro na prática discursiva dos professores, assim como apontam

¹⁵1h:36min:50s para a Aula 3; 1h:39min23s para a Aula 4; 1h:43min00s para a Aula 5; 1h:49min36s para a Aula 6; 1h:38min09s para a Aula 7; 1h:40min49s para a Aula 8; 1h:09min10s para a Aula 9; 1h:35min26s para a Aula 10; 1h:15min18s para a Aula 11; e 1h:47min13s para a Aula 12.

os trabalhos de Mortimer e Scott (2003) e Silva (2008). A abordagem é considerada dialógica porque, em diversos momentos, as concepções dos alunos no decorrer das sequências de aulas foram trazidas e discutidas durante o processo. Destacamos as aulas 4, 9, 10 e 11 por apresentarem valores desse tipo de abordagem maiores que aqueles do tipo “Interativa-dialógica”. Na aula 4, essa abordagem (Não Interativa-dialógica) pode ter sido mais comum devido ao Feedback e à correção do exercício realizado na aula anterior, o que proporcionou a retomada dos discursos dos alunos para o prosseguimento das discussões.

A aula 11 também proporcionou valores maiores da abordagem “Não-Interativa dialógica” em comparação à “Interativa-dialógica”, devido a explorar conteúdos anteriores para discutir os novos com o auxílio do OA. As aulas 9 e 10 fogem ao padrão desse tipo de abordagem, pois se tratavam de aulas expositivas de conteúdo para discutir fundamentos matemáticos e, por esse motivo, seus valores são os menos expressivos (0.10% e 0.25% respectivamente).

Destacamos ainda as aulas em que houve maiores interações dos alunos com o Professor, aulas 4, 5, 6, 8 e 11. Com exceção da aula 6, referente a um feedback de aulas anteriores, as demais foram ministradas com o Uso do Computador sem que houvesse Resoluções de Exercício. Na aula 5, o uso do OA foi manipulado apenas pelo Professor, na qual também observamos maiores interações dos alunos A2 (4.63%) e B1 (7.01%) com o Professor e do Professor com a Turma, porém a maioria dessas interações não ocorreram durante o Uso do Computador (correspondente a 23.09% da aula). Sendo assim, nas aulas 4, 8 e 11, em que os alunos manipularam os OA, ocorreram maiores interações com o Professor, mas as frequências dessas interações diminuía durante o Uso do Computador para as aulas 4 e 8. Já a aula 11, na qual o Uso do Computador correspondeu a mais da metade da aula (59.04%), as porcentagens de interação nesse intervalo são mais expressivas.

Mesmo não ocorrendo grandes interações nessas aulas durante o Uso do Computador, acreditamos que as interações durante toda a aula são expressivas quando levamos em consideração que a sequência do dia foi direcionada para o uso dos OA. Além disso, as aulas que ocorreram feedback (4 e 6) também proporcionaram esse aspecto interativo durante as aulas, mesmo que não se utilizasse AO, como foi o caso da aula 6.

Em relação à interação entre os alunos da mesma dupla no discurso de Conteúdo, as aulas com mais expressividade foram aquelas que possuíam exercícios a serem resolvidos com o auxílio dos OA (Aulas 3,7 e 12). A interação do tipo "Aluno-OA" foi mais expressiva na aula 3 devido aos OA serem vídeos e necessitarem de mais atenção para assisti-los, seguida da aula 11, em que mais da metade do tempo foi dedicado ao uso do OA. Lembramos que a codificação desse tipo de interação foi realizada nos momentos em que o discurso não estava aberto à turma e os alunos manipulavam o OA. A interação entre as duplas no discurso de Conteúdo foi mais expressiva na aula 12 (3.89%), provavelmente por envolver uma lista de exercícios que foi resolvida com o uso do AO, permitindo que as duplas interagissem sobre as funcionalidades desse OA e as questões a serem resolvidas.

A respeito dos discursos de Conteúdo inseridos no contexto Científico, podemos observar que, naquelas aulas que tiveram maiores abordagens dialógicas (aulas 5,6,8 e 11), os alunos receberam destaque individualmente. Tratando-se desse contexto nas duplas, os valores mais expressivos foram naquelas aulas em que houve Resolução de Exercício (aula 3, 7 e 12), com destaque para a aula 7, que se destinou quase que completamente a esse fim, pois os alunos interagem mais entre si nas duplas para resolverem às questões que estavam em um contexto científico. Em termos gerais, o contexto Cotidiano foi tornando-se menos expressivo no decorrer do processo. Já para o contexto das "Respostas Rápidas" não podemos mensurar grandes alterações, pois surgiram em todas as aulas como uma maneira dos alunos sentirem-se participativos no processo.

Durante a sequência didática, os alunos também responderam a questionamentos ou levantaram ideias a partir do uso dos OA. Sendo assim, destacamos que os Vídeos tiveram grandes influências na manifestação dessas ideias a partir do discurso dos alunos, surgindo a partir da aula 3 até à 8 com valores mais acentuados para os alunos A2 e B2 e para dupla B. Os simuladores só foram citados pelo aluno A1 na aula 8 para defender suas ideias espontaneamente. Reiteramos que os alunos estavam em constante contato com os OA (simuladores) e essa categoria foi apenas codificada no discurso aberto e quando os alunos iniciavam tal discussão. O WhatsApp foi citado pelo aluno B1 na aula 5 e pela dupla B na aula 7, tendo em vista que o aluno B1 era o mais participativo nas discussões do grupo criado no WhatsApp. As ideias a partir de Reportagens surgiram nas aulas:

4, pelo aluno A1; 5, pelo aluno B1; e 11, pelos alunos A1 e B1; principalmente nas discussões que envolviam questões históricas, culturais e tecnológicas.

Desse modo, uma aula que ocorreu pouca interação entre alunos ou destes com o Professor ou com os OA, dentre outras questões, não significa que tenha sido irrelevante, e sim que – além dos fatores citados anteriormente no texto de cunho histórico, cultural e institucional – cada aula teve um propósito diferente e o importante é considerar todas elas como parte do processo de produção de significados dos conceitos. No próximo tópico, analisaremos os discursos dos alunos nas aulas mais representativas para a produção de significados dos conceitos de números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas, além das respostas da última lista de exercícios e algumas conversas do grupo no WhatsApp. Avaliamos que estas aulas sejam a 7, 8, 11 e 12, pois foram nelas que discutimos com mais afinco os modelos atômicos e utilizamos os OA relacionados a tal conteúdo.

5.3 MICROANÁLISE: PRIMEIRAS APROXIMAÇÕES

A síntese do processo de ensino desse primeiro eixo temático já foi apresentada em momentos anteriores, sendo assim estenderemos as discussões e análises para episódios específicos relacionados às aulas 7,8,11 e 12. Nem todas as ocasiões foram tratadas pela transcrição dos áudios devido à baixa qualidade no momento da captação de alguns trechos. Os exercícios e conversas do WhatsApp contribuíram para as análises.

Das aulas representativas para a microanálise, daquelas em que houve resolução de exercícios, 7 e 12, apenas a aula 12 será analisada pelas respostas de cada questão, pois a análise do exercício da aula 7 foi apresentada no mapeamento de aulas. Na resolução dos exercícios, ocorriam diversas interações para discutirem os conteúdos no contexto Científico, por isso, a análise das respostas se torna um dado importante para a pesquisa. Certamente, existem diálogos relevantes que merecem ser destacados nessas aulas e foram analisados com os devidos cuidados.

A seguir, apontaremos as discussões referentes aos conceitos inseridos na chamada mecânica quântica moderna, ou seja, aqueles que iniciam a partir do modelo de Bohr e que foram discutidos em sala de aula. Como a dualidade onda-partícula foi um tema discutido desde o início das aulas e necessário para a

compreensão dos números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas, iniciaremos as discussões a partir desse tema.

5.3.1 O caso da quantização de energia

O presente caso começou a ser discutido desde as primeiras aulas, porém veio a ter mais destaque durante a resolução do exercício da aula 7 com a manipulação do OA e da aula 8 com um debate em uma abordagem “Interativa-dialógica”. As questões do exercício da aula 7 foram discutidas e analisadas no subtópico do mapa de aulas, mas retomaremos algumas delas para que seja possível observar como os alunos organizaram os significados dos conceitos do modelo atômico quântico.

Quando pedimos aos alunos que discutissem e avaliassem qual o modelo atômico começava a introduzir as ideias de quantização e o que seria quantização de energia (ver item 4.1.3), analisamos que eles reconheciam o modelo de Bohr como capaz de sustentar essas ideias iniciais de quantização. Ademais, explicaram que a quantização era a energia necessária para manter o elétron em órbitas predefinidas e que este só poderia saltar de um nível a outro caso recebesse um pacote de energia específico chamado quantum. A produção de significados desses conceitos para as duplas se assemelhou pelas respostas escritas no exercício, mas para a dupla B percebemos um acentuado envolvimento com o OA de 18.83% (ver gráfico 37) e um valor pouco expressivo para dupla A devido à ausência do aluno A1.

O exercício foi iniciado em aula, na qual foi solicitado que revisassem as questões já respondidas e discutissem em horário extraclasse mediante a disponibilidade dos pares. A presença de cada aluno nos pares sempre proporcionava maiores interações com o OA e, provavelmente pela ausência do aluno A1, os valores de interação Aluno-OA não tenham sido tão expressivos para a dupla A. No entanto, a baixa frequência de uso do OA não implica que a dupla (representada apenas pelo aluno A2 durante a aula) tenha construído o significado desses conceitos de forma independente, pois a resposta indica uma forte influência das ideias inseridas na simulação do OA. Podemos assinalar que a ferramenta sociocultural começava a fazer parte do “kit de ferramentas” desses alunos, no qual a interação nos pares – mesmo em horários extraclasse – proporcionou discussões

que revelaram o domínio da ferramenta e já não seria mais necessária a sua manipulação física para executar alguma atividade, pois os processos se tornaram mentais.

O movimento em direção ao domínio das ferramentas socioculturais e dos conceitos ali inseridos não é individual, tendo uma forte ligação de interação social e com a própria ferramenta. Essas relações sociais estabelecidas em sala de aula estão subjacentes a todas as funções superiores (funções mentais que caracterizam o comportamento consciente do homem) e assim transformam o processo em si e mudam a sua estrutura e funções (Vigotski, 1981, apud Wertsch, 1985). É importante ficar claro que as representações mentais desenvolvidas a partir dos OA não caracterizam a transferência dessa atividade externa para um plano interno já existente, mas é um processo que está em formação no plano interno, por isso existirão sempre divergências e reconstruções de ideias.

Após analisarmos que os alunos reconheciam o modelo de Bohr como o precursor das ideias de quantização de energia, principalmente por meio da manipulação do OA, eles foram convidados a calcular os comprimentos de onda de absorção do átomo de hidrogênio por meio da equação de Bohr. Os comprimentos de onda para os seguintes níveis foram calculados: $n_2 - n_1$; $n_3 - n_1$; $n_4 - n_1$; $n_5 - n_1$; $n_6 - n_1$; $n_3 - n_2$; $n_4 - n_2$; $n_5 - n_2$; $n_6 - n_2$; $n_4 - n_3$; $n_5 - n_3$; $n_6 - n_3$; $n_5 - n_4$; $n_6 - n_4$; $n_6 - n_5$. Sendo assim, a intenção dessa atividade foi observar como os alunos produziam os significados a respeito das transições eletrônicas desse modelo para posterior comparação com o modelo de Schrödinger.

Os resultados dos cálculos foram aplicados no AO. Dessa forma, os alunos puderam observar que o átomo de hidrogênio (para qual os cálculos foram realizados) possui estabilidade e nada acontecia no diagrama de energia quando os valores calculados para intervalos acima de n_1 eram aplicados. Além disso, puderam constatar a quantização de energia presente no modelo de Bohr, pois o átomo de hidrogênio não absorvia energia caso os valores dos comprimentos de onda não fossem específicos e nem ocorriam variações no espectro de energia indicando qual comprimento de onda foi absorvido, tampouco transições de energia.

Frente à influência do OA na formação das ideias dos alunos, expressas por meio das respostas do exercício 3 (ver item 4.1.3) e cientes de que a internalização dos conceitos não é uma transferência direta das ideias expostas nesse AO, e sim uma construção, realizamos um debate via WhatsApp após a

correção da atividade referente às transições eletrônicas do átomo de hidrogênio, tendo a finalidade de estender as discussões para outros átomos e analisar o domínio dos conceitos. Abaixo segue a transcrição da conversa realizada no grupo criado nessa rede social, na qual são marcadas pela hora, dia, mês e o locutor da fala. Os nomes dos alunos foram alterados para suas respectivas identificações a fim de preservar a identidade, e a linguagem das transcrições é característica do meio digital ao qual estão inseridos.

Quadro 5 - Debate via rede social WhatsApp: discutindo sobre transições eletrônicas

.Horário	Data	Locutor	Transcrição
0h20	15 de Out de 2014	Professor	<i>Na 3º Lista de exercício vcs calcularam os comprimentos de onda de todos os pares possíveis de n nas transições dos níveis de energia, utilizando a equação de Bohr. Desse modo, pedi que colocassem esses comprimentos de onda no Objeto de Aprendizagem, q simula o atomo de hidrogenio, e observassem oq aconteceria. Pq conseguimos observar apenas as transições de energia nos pares n2-n1; n3-n1...n6-n1?</i>
22h17	16 de Out de 2014	B1	<i>Pq o modelo atomico de Boh foi feito baseado no atomo de hidrogênio, logo como o elétron do hidrogênio está localizado no primeiro nivel de energia ele so ira mostrar os comprimentos de ondas q variam de n1 a n6...</i>
22h43		Professor	<i>Mas o modelo de Bohr tentou prevê o comportamento de átomos com mais de um elétron?</i>
22h46		A1	<i>Ele tentou, só que não conseguiu definir em relação a eles, por conta da repulsão elétron/elétron, que não existia no átomo de hidrogênio pois ele só tem 1 elétron.</i>
22h53		Professor	<i>Muito bem A1... Mas gostaria de fazer mais uma pergunta.</i>
23h00		Professor	<i>No exercício vcs calcularam os comprimentos de onda de todos os pares de n. Quando calcularam do n3 para o n2, observaram que obtiveram um comprimento na ordem de 600nm aproximadamente. Supondo q o Objeto de Aprendizagem simulasse o átomo de Litio, que tem 3 eletrons (dois no nivel 1 e um no nivel 2), então, o elétron do nivel 2, desse átomo, conseguiria ser excitado para o nivel 3 ? Tentei justificar.</i>
23h36		B1	<i>Acredito q sim</i>
23h36		Professor	<i>Pq B1?</i>
23h37		B1	<i>Pois o átomo de lítio tbm tem um elétron na ultima como o hidrogênio....</i>
23h37		Professor	<i>Lembrem q o comprimento de onda foi calculado pela equação de Bohr.</i>
23h39		B1	<i>E pelas equações de Bohr seria possível calcular esse comprimento de onda e conseqüentemente a freqüência dessa onda</i>
23h39	Professor	<i>B1 quis dizer q o Litio apresenta seu ultimo elétron no nivel 2 e conseguirá ser excitado com um comprimento de onda na ordem de 600nm para o nivel 3. Todos concordam?</i>	
23h39	B1	<i>Logo se o objeto de estudo emulasse o atomo de lítio ele seria capaz de mostrar esse resultados</i>	

23h40		B1	<i>Ou melhor iria mostrar a interação desse elétron com os fótons emitidos</i>
23h47		Professor	<i>Vamos esperar o comentário dos outros alunos para debatermos melhor. Ok B1?</i>
23h48		B1	<i>Blz</i>
9h32	17 de Out	Professor	<i>A1, A2 e B2, vcs concordam com B1? B1 quis dizer q o Litio apresenta seu ultimo elétron no nível 2 e conseguirá ser excitado com um comprimento de onda na ordem de 600nm para o nível 3. Todos concordam?</i>
10h18		A1	<i>Eu não concordo, pq cada elemento tem um determinado comprimento de onda para que o elétron seja excitado. O comprimento vai ser diferente</i>
10h22		B2	<i>Eu concordo com A1, cada elemento tem seu comprimento de onda específico, é possível que o lítio se excite com esse comprimento de onda, mas não que dizer que vai ser a mesma coisa para elementos com 1 elétron na ultima camada</i>
10h26		Professor	<i>Em qual região do espectro eletromagnético está esse comprimento de onda, calculado pela equação de Bohr?</i>
10h28		B1	<i>Mas pela teoria atomica de bohr isso seria possível</i>
10h29		B1	<i>Pela a equação formulada por ele isso seria possível....</i>
10h30		A2	<i>A frequência de onda esta dentro da faixa do visível Ele não sera excitado não</i>
10h31		Professor	<i>Se pela teoria de Bohr seria possível pq ele n conseguiu explicar seu modelo para átomos multieletrônicos, ou seja, com mais de um elétron?</i>
10h32		Professor	<i>Pq ele n seria excitado A2?</i>
10h43		A2	<i>Nao ele consegue porque pq o atomo ao voltar para sua orbita original ele emite radiação na mesma frequência em q recebeu com uma pequena diferença. E o lítio ele no teste d chama ele emite luz na região do visível</i>
10h45		A2	<i>Ele emite a frequência q nao absorveu</i>
11h14		Professor	<i>Se considerarmos o modelo de Bohr ainda podemos falar em orbita, mas n confundam orbita com orbital. Então, todos concordam com A2?</i>
11h15		B1	<i>Nao entendi muito o q A2 flw...</i>
11h19		B1	<i>O modelo de bohr e as suas equações nao conseguiam explicar o comportamento dos atomos multieletrônicos...e nao conseguia explicar a repulsão de elétrons – elétrons</i>
11h23		B1	<i>Os números quanticos e os orbitais ainda nao eram conhecidos e logo pelo modelo de Borh nao saberíamos qual elétron seria influenciado pelo foton ...logo o modelo de Borh para átomos com mais de 1 eletron na ultima camada apresenta muitas falhas que hj são explicadas mais corretamente pelo modelo quântico</i>
11h24		A1	<i>Como ele não conseguia fazer isso, ele não iria poder saber o valor do comprimento de onda do lítio ou de qualquer outro elemento com mais de um elétron.</i>
11h27		Professor	<i>A2 falou q o comprimento de onda, calculado pela equação de Bohr, para excitar o eletron do atomo de litio do n2 para o n3, está na faixa de comprimento de onda do visível. Então, pelo teste de chama ele emite cor na regio do visível, como ele poderia ser excitado se oq é emitido é oq ele n absorvel? Isso q ele quis dizer. Todos concordam com B1 e A1?</i>
18h32		Professor	<i>E então A2 e B2, vcs concordam com B1 e A1?</i>

Fonte: elaboração própria.

Como exposto no Mapa de Aulas, a aula do dia 13 de outubro de 2014 foi destinada a corrigir a lista de exercício 2¹⁶, enviada via WhatsApp, e à continuação do exercício 3, que ainda não havia sido finalizado. Dessa maneira, a indagação que o Professor fez via rede social foi realizada após a finalização do exercício (ver quadro 5), e a afirmação realizada acima sobre o entendimento dos alunos quanto à estabilidade do núcleo e às transições de energia foram reforçadas e estendidas por meio do debate no meio digital.

A resposta do aluno B1 (horário 22h17) caracteriza o seu domínio pelo conteúdo a partir do uso do OA que, conseqüentemente, reflete o domínio da ferramenta, pois expressa sua ideia de acordo com o contexto e gênero discursivo da ciência e que também estão empregados na simulação. Em seguida, o Professor realizou mais um questionamento a fim de verificar como os alunos produziam os significados a respeito da capacidade ou não do modelo de Bohr explicar átomos multieletrônicos, obtendo a resposta do aluno A1 (horário 22h:46) que reconhece as tentativas de Bohr e a incapacidade do seu modelo em tal explicação devido às repulsões elétron-elétron. O aluno A1 demonstrou ter o domínio do conteúdo, pois recorreu às discussões de aulas anteriores para produzir o significado do conceito em pauta, e o emprego da expressão “*repulsão elétron-elétron*” nos informa que o gênero discursivo da ciência é predominante na resposta do aluno, estendendo suas ideias além do uso do OA.

O Professor elogiou o aluno A1 pela resposta, mas realizou outro questionamento utilizando o Lítio como exemplo e o comprimento de onda calculado pela equação de Bohr para o nível $n_3 - n_2$ (horário 23h00). A intenção era identificar se os alunos haviam dominado o conteúdo ou apenas os reproduziam a partir do uso do OA, além de verificar se a resposta do aluno A1 teria influência sobre as ideias dos demais alunos. Nesse sentido, o aluno B1 trava uma discussão com o Professor e afirma que o modelo de Bohr seria capaz de explicar os comprimentos de onda de absorção do átomo de Lítio se o OA simulasse esse elemento, pois assim como o Hidrogênio, o Lítio também tinha um único elétron na sua última

¹⁶ O Professor-Pesquisador não recolheu as respostas escritas de tal exercício, preferindo debater as questões na própria aula, pois se tratavam dos conteúdos estudados com relação a abordagens do cotidiano (ver Apêndice C). Sendo assim, a atividade teve o propósito de despertar a curiosidade e reflexão dos alunos, e apenas uma questão sobre dualidade onda-partícula foi discutida devido ao grande envolvimento dos alunos no debate.

camada. O Professor organizou as ideias do aluno B1 e indagou aos demais alunos se concordavam com o levantamento feito.

No dia seguinte, o aluno A1 disse não concordar com as ideias e acrescentou que cada elemento tem um comprimento de onda específico para que o elétron seja excitado, não sendo possível com o comprimento de onda calculado pela equação de Bohr (horário 10h18). O aluno B2 concordou com A1, mas organizou suas ideias de maneira confusa, afirmando que cada elemento tem seu comprimento de onda específico, de modo que o Lítio pode ser até excitado com esse comprimento de onda, e ao mesmo tempo diz que é diferente para elementos com 1 elétron na última camada. O aluno A1 apresenta certa autoridade na sua afirmação, dando continuidade às suas ideias expostas anteriormente. Já o aluno B2 parece ter sido influenciado pelo discurso de autoridade do aluno A1 e demonstra que sua compreensão está em fase de construção, não tendo internalizado ou dominado o conteúdo frente ao contexto científico.

O Professor formulou outra questão (horário 10h:26) a fim de orientar a discussão dos alunos a respeito dos comprimentos de onda absorvidos e emitidos, pois, em aulas anteriores, o tema foi bastante debatido e observado que os comprimentos de onda emitidos seriam justamente aqueles que não conseguiram ser absorvidos. O aluno B1 persiste em defender o levantamento que realizou anteriormente, não sendo influenciado e nem aceitado a resposta do aluno A1. Acreditamos que a simulação do OA teve fortes influências sobre as ideias do aluno B1 que, diferentemente do aluno A1, não conseguiu ampliar as discussões fora do contexto em que a ferramenta sociocultural estava inserida, pois demonstrou domínio apenas pelo conteúdo ali inserido, projetando mentalmente a simulação do átomo de Lítio no OA.

Após a exposição do aluno B1, o aluno A2 respondeu à indagação do Professor e afirmou que o elétron não seria excitado com aquele comprimento de onda (horário 10h:30). Além disso, expôs que o comprimento de onda calculado estava na faixa do visível e não seria possível um átomo absorver e emitir radiação no mesmo comprimento de onda, pois no teste de chama para o Lítio era possível observar a emissão de luz visível. Essas ideias estão relacionadas com as discussões de aulas anteriores, as quais versaram sobre absorção e emissão de energia; sendo assim, demonstram que a produção de significado do aluno A2 é recorrente dos conteúdos acumulados e houve domínio do tema discutido.

O aluno B1 não entendeu a afirmação do A2 (horário 11h15) e logo acrescentou novas ideias, dessa vez reformulando o que havia dito e defendido anteriormente. As novas ideias corroboraram com a fala do A1, reconhecendo a repulsão elétron-elétron no átomo de Lítio e a incapacidade do modelo de Bohr em explicar átomos multieletrônicos. Posteriormente, o aluno ampliou sua compreensão e apontou que os números quânticos e os orbitais ainda não eram conhecidos pelo modelo de Bohr e logo não era possível entender a influência que os fótons teriam sobre os elétrons, reconhecendo o modelo quântico como capaz de tal explicação (horários 11h19 e 11h23). Deste modo, o aluno A1 confirmou a resposta do B1 e reafirmou sua postura quanto a está correto sobre as ideias expostas anteriormente. Logo em seguida, o Professor organizou as ideias do aluno A2 e insistiu em continuar o debate, mas os alunos não responderam ao questionamento, dando por encerrado as discussões.

Por meio das respostas do aluno B1, pudemos observar que o ambiente cultural, onde vive o indivíduo, é o responsável em lhe fornecer a gama de significados necessária para categorizar os conceitos e organizar os aspectos da realidade. A interação sociocultural que ocorreu em sala de aula permitiu aos alunos estabelecerem conexões para formular e resignificar suas ideias, além de poderem utilizar as ferramentas socioculturais como mediadoras desse processo. Os conceitos expostos pelo aluno B1 haviam sido pouco discutidos nas aulas anteriores, mas observamos que já começavam a fazer parte do kit de ferramentas desse aluno em uma fase ainda pré-matura. De acordo com Mercer (1997), alguns dos pensamentos mais criativos surgem nas conversas em grupo e o ambiente formal de ensino pode oferecer aos alunos essa oportunidade, favorecendo a conversação para o desenvolvimento dos seus próprios pensamentos.

É importante salientarmos que a discussão iniciada pelo WhatsApp (ver quadro 5) não foi encerrada neste meio e teve continuidade após as aulas expositivas, sobre a equação de Schrödinger (aulas 9 e 10), onde o Professor retomou as discussões (aula 11) e se posicionou frente as ideias do aluno B1 que ainda acreditava que o Lítio poderia ser explicado pelo modelo de Bohr. Durante a intervenção, o aluno A1 se manifestou e apontou que mesmo o Lítio tendo um elétron na última camada o comprimento de onda para excitar aquele elétron seria diferente, pois o modelo de Bohr trabalhava apenas com o átomo de hidrogênio. O aluno B1 aceitou parcialmente as explicações de A1, mas tentou argumentar que

pelo modelo de Bohr, representado no OA, seria possível explicar o átomo de Lítio. O Professor tomou a palavra e explicou os motivos pelos quais o Lítio não poderia ser representado no modelo de Bohr. Além disso, pediu para que observassem o espectrômetro de emissão no OA e relacionassem com a explicação dada pelo aluno A2 durante o debate na rede social (horário 10h43 e 10h45). O Professor ainda acrescentou e esboçou no quadro, que os níveis de energia do Lítio são diferentes para os níveis de energia do Hidrogênio, pois ali existiria uma repulsão elétron- elétron e por esse motivo o comprimento de onda calculado para o modelo de Bohr não seria possível para excitar o elétron da última camada do Lítio.

Neste relato, reencontramos o intenso apreço que o aluno B1 atribuiu aos efeitos visuais e às ideias presentes no OA, onde podemos relacionar esta questão com uma das propriedades da Teoria da Ação Mediada de Wertsch (1998) que afirma que os modos de mediação se associam com o poder e a autoridade. Indicando que as ferramentas culturais não são neutras e são preenchidas pelas intenções do agente. Deste modo, o Professor sendo o orientador ativo do processo tomou a posição com uma abordagem Interativa-de autoridade, mas antes iniciou sua abordagem por meio de um discurso “Não Interativo-dialógico”, recorrendo às ideias apresentadas pelo aluno A2 no debate via WhatsApp. Acreditamos que tais interversões sejam necessárias neste tipo de diálogo com os alunos, pois direciona seus pensamentos ao contexto científico e amplia o rol apreciativo para discutir os conteúdos, não se prendendo a apenas uma ferramenta sociocultural na defesa de suas ideias.

5.3.2 A dualidade onda-partícula

Tendo em vista os significados produzidos sobre quantização de energia serem fundamentais na compreensão da dualidade onda-partícula no contexto e gênero discursivo da ciência, a continuidade da análise se deu por meio da produção de significados desses últimos conceitos com o aporte dos primeiros. Sendo assim, por meio do exercício 3, iniciado na aula 7 (ver item 4.1.3), buscamos identificar como os alunos observavam as diferenças do modelo de Bohr, De Broglie e de Schrödinger. O motivo que nos levou a tal questionamento partiu da entrevista com o professor responsável pela disciplina e das respostas do questionário de

concepções prévias dos alunos, pois apontavam o modelo de Bohr como o mais adequado às explicações submicroscópicas.

Por meio da análise da resposta do exercício apresentada no item 4.3.1 (exercício 3 e aula 7), pudemos constatar que os alunos reconhecem as diferenças dos três modelos atômicos e o caráter matemático do modelo atômico quântico. A dupla B, ainda aponta o orbital como uma nuvem eletrônica com maior probabilidade de se encontrar o elétron e comentam que os números quânticos fornecem informações sobre o orbital. Certamente, essas respostas direcionam para a produção de significados do modelo quântico, indicando a importância das abordagens matemáticas ali inseridas. Porém, uma vez que tínhamos informações sobre a preferência dos alunos pelo modelo de Bohr, necessitávamos levantar uma discussão sobre a possibilidade de se prever a dualidade onda-partícula nesse modelo, mesmo que Bohr não tivesse realizado tal abordagem.

A discussão possibilitou analisarmos qual o apreço era imposto sobre as contribuições de Bohr para as ideias de De Broglie em relação à dualidade onda-partícula, para posterior continuidade da análise da produção de significados dos conceitos de números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas. Reiteramos que esses conceitos já vinham sendo significados pelos alunos nos debates e na resolução de exercícios em aulas anteriores. O debate ocorreu durante a aula 8 e é exibido no quadro 6 abaixo. O diálogo é extenso, mesmo havendo cortes de alguns trechos de discurso de agenda, pois é orientado por uma abordagem interativa-dialógica em que os conceitos são organizados seguidamente, não permitindo interrupções, sem prejuízos na compreensão e na análise das falas.

Quadro 6 - Debate sobre dualidade onda-partícula na aula 8

Turno	Locutor e Transcrição
1	P: O modelo de Bohr previa a dualidade onda-partícula?
2	B1: Previa
3	B2: Previa
4	P: Por que? (+)
5	B1: ((inaudível)) (+) tanto é que ele usa as teorias de Planck quanto a luz, a constante de Planck é sobre a de ondas né?
6	P: a constante, a constante de Planck(+): é só um h. é uma constante que ele determinou para quantizar a energia.
7	B1: [[é mas pode ser um acaso
8	A2: [[a unidade de energia logo seria é: em frequência modular
9	B1: é (+), não mas pode ser um caso, mas a constante, a constante de Planck foi construída só pro estudo de luz
10	P: hum?
11	B1: a constante de Planck foi toda construída sobre o estudo de luz

12	P: sim
13	B1: tanto que Einstein usou ela pra explicar os fótons então: se ele ((Bohr)) pegou essa constante ele ((Bohr)) já previa. se ele utilizou uma constante que a gente estuda luz, uma constante pa-pra determinar o ((inaudível)) do átomo de hidrogênio nos cálculos dele, então eu acho que ele já previa isso dai.
14	P: e como foi que Bohr determinou a-a: o comportamento ondulatório do-dos elétrons? (+). o modelo que apresenta comportamento ondulatório é de quem?
15	A2: é o de::
16	A1: é o de - de Rutherford
17	B1: Rutherford
18	P: hã?
19	A1: não, de De Broglie
20	P: de Broglie, e onde é que se-se Bohr (((inaudível)))
21	A1: ((fala pra A1))
22	P: se Bohr previa essa dualidade, onde é que ele observava essa dualidade?
23	B1: quando o átomo é-é absorvia energia e retornava emitindo luz
24	A2: quando ele ia ((se ajeita na cadeira)) [mas ele não,
25	A1: mas ele não mostrava que:: o elétron tinha (+) é: [comportamento
26	B1: de onda?
27	A1: comportamento de onda quando ele/ mesmo ele emitindo luz não-não falava que tinha um comportamento de onda, quem apresentou foi só De Broglie ((fala gesticulando com as mãos)) (+)
28	P: todos concordam? (+)
29	B1: eu não ((fala baixo e balança a cabeça))
30	A2: o elétron:: receber energia em forma de quantum é preciso ser onda ((fala tranquilamente)).
31	B1: é! ((confirmando a fala de A2))
32	A1: mas quem colocou isso mesmo dai foi De Broglie.
33	P: ((inaudível)) em forma de ondas, mas pelas teorias de Einstein lá a-a teoria de partículas só não voltou porque emitiam choque entre partículas? que é os quantos de energia quando um fóton se chocava com uma partícula ai voltou a teoria de partículas?
34	A2: ele libera energia (+) na forma de luz, frequência
35	B1: eu também li que, acho que afirmaram que-que o Bohr (+) ele já-já introduzia o estudo da quântica ele acreditava já que [[ele
36	A2: ele acreditava, mas ele não provava
37	B1: [[não mas
38	A1: [[é ((inaudível))
39	B1: [[mesmo ele acreditando numa coisa ele tem que conseguir provar
40	A2: aí quem provou foi de Broglie ((inaudível))
41	A1: pelo que eu li quem colocou, quem introduziu mesmo/ ele é:: (+) ele introdu, Bohr introduziu a quântica justamente pra explicar o porquê que o elétron não se chocava com o núcleo, ele conseguiu, mas quem colocou mesmo o modelo ondulatório de quantum que mostrava as ondas ((faz ondas com as mãos)) mesmo foi só De Broglie, ele ((Bohr)) ainda não tinha conseguido ainda não mostrava esse dualidade ainda não ((fala gesticulando com as mãos))
42	A2: ((rir devido a contradição com o aluno B1))
43	B1: Bora B2 ((pede a opinião de B2))
44	P: ((inaudível)) e ai B2 o que você acha disso tudo?
45	B2: eu concordo com o A1.
46	P: tu concorda com A1?
47	B2: Concordo ((balança a cabeça positivamente))
48	P: e você B1?
49	B1: eu não concordo não ((diz de cabeça baixa))
50	P: por que?
51	B1: pelo fato de ele utilizar uma constante que todo mundo utilizou pra estudar luz e ele ((Bohr)) utilizou no modelo dele, ele não ia fazer isso de graça ((fala gesticulando com as mãos e cruza os braços inconformado))
52	A2: ele, e-ele [[mas Einstein,

53	P: também estudou a-a/ olha só ((chama a atenção do aluno)). Einstein também estudou a constante de Plank pra luz, pra quantizar a luz. e o modelo de partícula só voltou a ser usado pelas teorias de Einstein ((se referindo ao efeito fotoelétrico)).
54	B1: não, mas no modelo de Bohr toda vez a luz ele/ o elétron quando ele assume, quando ele recebe, interage com o fóton naquele momento ele tem, ele assume o papel de onda porque ele absorve energia e sobe ((se referindo a mudança de nível)), quando ele retorna ele emite luz. como é que ele ia explicar isso aí se ele não, se ele não aceitava o comportamento de onda? (+)
55	P: e aí? (+)
56	A2: De Broglie talvez só, só disse que era uma onda e que era uma onda estacionária só ((A2 fala gesticulando com as mãos na direção de B1)) [não]
57	B1: ele só explicou a quantização de energia, porque que-que o átomo ele não-não, não perdia aquela energia e não retornava pro núcleo.
58	P: não chocava com o núcleo.
59	B1: não chocava, ele conseguia manter aquela energia. foi isso que De Broglie fez.
60	A1: não, quem fez isso foi, foi Bohr. Bohr estudou/ porque ele continuou os estudos do-do professor dele que era ((inaudível))
61	B1: não, Bohr ele bolou a energia e ele bolou aquela maneira de aquela energia existisse ali [então]
62	A1: ((insiste que ele tem razão))
63	B1: então, mas De Broglie provou que aquele movimento ondulatório se mantinha e não nenhuma divergência
64	A1: justamente isso, quem provou foi De Broglie não foi Bohr
65	B2: De Broglie não quantificou aquela energia dele.
66	A2: Bohr postulou e esse outro ((gesticula com as mãos)) ((inaudível))
67	B1: O outro só revisou e tal.
68	A1: pra tu ver que, pra tu até ver que o primeiro modelo que apresenta onda mesmo é de De Broglie, quando tu ver até mesmo no programa ela vai ver quando s-se choca tu vê aquele movimento das ondas lá, quer ver então presta atenção ((A1 e A2 ligam o programa)) pode prestar atenção. ó aí ó o de Bohr tu não encontra só ver o elétron pulando de camada em camada, agora bota um de De Broglie aí ((A1 e A2 observam a tela do computador))
	/.../
69	A1: ó aí ó, aí ele já mostra um movimento ondulatório, presta atenção ó viu? ((com o modelo de De Broglie aberto no OA))
	/.../
	((O professor orienta os alunos na manipulação do OA nos modelos de Bohr e De Broglie))

Fonte: elaboração própria.

Nos turnos 1 e 2, os alunos B1 e B2 afirmam que o modelo de Bohr previa a dualidade onda partícula, o aluno B1 justifica no turno 5 que essa previsão era devido a Bohr utilizar a constante de Planck que se referia a ondas. Essa afirmação provavelmente está ligada à quantização de energia, que emprega a constante de Planck, e ao fato da emissão de um fóton de luz quando o elétron era excitado por comprimentos de ondas específicos no modelo de Bohr. O aluno ainda afirma, nos turnos 9 e 11, que a constante de Plack foi desenvolvida exclusivamente para o estudo da luz, acrescentando que até mesmo Einstein a usou para explicar o efeito fotoelétrico. Então, segundo esse aluno, Bohr não acrescentaria uma constante que é característica da luz (referente a ondas) sem nenhum fundamento em relação à previsão da dualidade onda-partícula em seu modelo.

Nesse sentido, indica-se que o aluno B1 produz o significado dos conceitos em defesa da sua ideia sobre o modelo de Bohr prever a dualidade onda-partícula a partir das concepções formadas em aulas anteriores, principalmente na aula 5, em que foi debatido sobre o efeito fotoelétrico. O gráfico 19 (aula5) exibe uma intensa participação de 7.12% do aluno B1 no discurso de Conteúdo, confirmando que tal aula pode ter influenciado na formulação do seu discurso. Além disso, foi o aluno que mais inseriu seu discurso no contexto científico naquela aula (ver gráfico 22), adotando o gênero discursivo da ciência.

Acrescentamos, a partir das ideias de Wertsch influenciadas por Vigotski, que os processos anteriores não são compreendidos pelos estudantes da maneira como o Professor os aborda no ambiente de ensino, sendo alterados durante a internalização. Nesse movimento, pode ocorrer a elaboração do conceito; transferência do conceito elaborado para novos objetos; uso do conceito em situações de livre associação e emprego do conceito na formação das definições de conceitos que já foram elaborados. Sendo assim, a compreensão só se torna ativa a partir das interações sociais ocorridas em sala de aula e com as ferramentas socioculturais presentes em seus kits.

A fim de compreender e proporcionar fluidez à discussão em sala de aula, o Professor questionou (turno 14) como Bohr determinou o comportamento ondulatório e qual modelo apresentou tal comportamento. O aluno A1 respondeu que o modelo de De Broglie apresentou as ideias de dualidade onda-partícula (turno 19), e o aluno B1, no turno 23, reafirmou que o modelo de Bohr previa tal dualidade porque o átomo de hidrogênio, ao absorver energia, excitava seu elétron a um nível superior e, ao retornar ao nível originário, emitia um fóton de luz visível. No entanto, o aluno A1 contrapôs essas ideias e disse ser De Broglie o autor dessa teoria, pois o modelo de Bohr mostrava a emissão de luz sem se referir a um comportamento de onda (turno 27).

De acordo com a fala do aluno B1, podemos inferir que há a imposição de um valor apreciativo ao OA, pois o enunciado indica o modelo visual atribuído à simulação. Assim, por meio do valor apreciativo, o aluno confere sentido ao meio mediacional e se apoia nele em um discurso de autoridade a fim de persuadir aos demais alunos sobre suas ideias. Já o aluno A1 contrapõe o aluno B1 e tenta negociar o significado dessas ideias, recorrendo principalmente ao que foi exposto durante as aulas anteriores, nas quais tratamos de alguns fundamentos matemáticos

para discutir a dualidade onda-partícula a partir de De Broglie. A enunciação do aluno A1 também é conferida pelos marcadores não-verbais, ou seja, os gestos físicos que realiza a fim de esclarecer sua posição em negociar o significado do tema.

Para ampliar o campo apreciativo dos alunos e continuar as abordagens interativas dialógicas, o Professor perguntou se todos concordavam com as ideias do aluno A1 (turno 28). O aluno B1 continuou a não concordar e ainda expressou sua insatisfação por meio dos elementos não-verbais (balançando a cabeça insatisfeito), e logo após os comentários do aluno A2 (turno 30) sobre o elétron receber energia em forma de quantum sendo por isso considerado onda, B1 concordou prontamente acreditando ter sido compreendido, no entanto, o aluno A2 acrescentou que o mérito destas ideias foi de De Broglie (turno 32). Na defesa de seu pensamento, o aluno B1 contra-argumentou (turno 35) que achava ter lido algo sobre afirmarem que Bohr já introduzia o estudo da quântica em seu modelo, sendo replicado por A2 na afirmação de que Bohr acreditava, mas não provava (turno 36).

A participação do aluno A2 no debate, aceitando os enunciados do aluno A1 anteriormente proferidos, fez com que o aluno B1 selecionasse outra ferramenta sociocultural dentro do seu kit para defender seus argumentos, nesse caso, recorreu a uma leitura que achava ter feito, mas não cita a autoria. A conversação gerada pelos alunos fez com que B1 estendesse o marco contextual do seu pensamento, buscando ferramentas que o ajudasse a manter seu discurso e o tornasse aceitável pelos demais discentes. Além disso, após a réplica do aluno A1 no turno 41, o aluno B1 solicitou apoio ao B2 para manifestar sua opinião, pois, no início da discussão (turno 3), o aluno B2 havia concordado que o modelo de Bohr previa a dualidade onda-partícula, mudando de opinião após os enunciados dos alunos A1 e A2. Essa situação deixou o discente B1 mais inconformado, manifestando sua insatisfação com uma explicação no turno 51 e reforçando-a com os elementos não verbais, isto é, gesticulando muito com as mãos e cruzando os braços.

Em detrimento da mudança de opinião do aluno B2, podemos salientar que, segundo Mercer (1997), essas atividades que mantêm o diálogo como orientador do processo de ensino e aprendizagem são muito importantes, principalmente no ensino formal, pois é uma maneira que os alunos têm de comprovar a interpretação de suas ideias e de controlar o progresso destas por meio da comparação com a compreensão dos outros estudantes. Já o aluno B1, ao

manter sua opinião, se apoia principalmente na simulação do OA, tal característica é o que Wertsch (1998) defende sobre as ideias estarem interligadas ao uso das ferramentas socioculturais de maneira indissociável, o que o autor caracterizou por tensão irreduzível entre o agente e os modos de mediação.

Os argumentos do aluno B1 continuaram durante os turnos 51 e 54, retomando as ideias da aula 5 sobre Einstein ter usado a constante de Planck e recorrendo as imagens do OA. O Professor ainda tentou demonstrar, no turno 53, que mesmo Einstein tendo usado a constante de Planck, não implicava que reconhecia a dualidade onda-partícula, deixando implícito que o argumento do aluno B1 nesta situação não era válido. Sendo assim, o discente B1 retomou a discussão por meio das ideias presentes no OA (turno 54). A fim de negociar os significados com o aluno B1, A2 pareceu reconhecer as considerações desse aluno e acrescentou que talvez De Broglie tenha apenas dito que no modelo de Bohr existia uma onda e ela era estacionária (turno 56). O aluno B1 aparentemente não aceitou a argumentação e se contradisse na tentativa de justificar sua posição (turnos 57, 59, 61 e 63), no qual o aluno A1 aproveitou a oportunidade para replicar e demonstrar estar correto, utilizando a fala e orientando-a por meio da manipulação do OA (turnos 68 e 69).

Durante as interações argumentativas em sala de aula, provavelmente o aluno A1 percebeu o valor apreciativo que B1 conferia às ideias que o OA tentava demonstrar por meio da simulação visual. Nessa perspectiva, os enunciados do aluno A1 passaram a ser completamente direcionados ao OA, tomando a liberdade de manipular a ferramenta para comprovar o que ali defendia. Essa característica, do aluno A1, indica o reconhecimento da fonte de autoridade e a sua utilização para que o discurso tenha um efeito poderoso de persuadir e convencer o aluno B1, uma vez que, aparentemente, os demais alunos concordavam com suas colocações.

Tendo em vista que o Professor é responsável por direcionar seus alunos, nenhuma resposta às argumentações dos alunos foi proferida. Os alunos foram orientados a manipular o OA inserindo os valores dos comprimentos de onda calculados, no exercício da aula 7, para os intervalos dos níveis de energia e observarem o que ocorria. Após essa atividade e diversas discussões, o Professor retomou a questão anterior sobre a capacidade do modelo de Bohr prever ou não a dualidade onda-partícula. Desse modo, ficou acordado que, pelas observações dos efeitos visuais apresentados no AO, o modelo de Bohr previa tal dualidade, pois um

elétron girava em torno do núcleo com comportamento de partícula e, ao emitir um fóton de luz, quando retornava ao seu nível de energia original, caracterizava-se como uma onda. Porém, o Professor aponta que modelo não provava a dualidade e nem tão pouco Bohr chegou a discutir tal questão, sendo esse mérito destinado a De Broglie que provou matematicamente a quantização de energia e a dualidade onda-partícula.

As discussões levantadas pelo Professor tiveram apenas o propósito de orientar a visão dos alunos aos objetivos pretendidos pela Química em cada modelo. Embora Bohr não tenha discutido a questão da dualidade onda-partícula, era possível prever visualmente essa questão por meio da simulação do OA. Uma vez supondo essa previsão por meio de um modelo que os alunos adotavam primordialmente em diversas explicações (o modelo de Bohr), conjecturamos que esses se atentariam com mais afinco a questões relacionadas ao tema, principalmente no estudo do modelo quântico.

5.3.3 O modelo atômico quântico: abordagens gerais

No início da aula 11, o Professor revisou os conteúdos visto na aula 10 sobre os fundamentos matemáticos da equação de Schroedinger, principalmente o que se referia aos *autos valores*, às *autofunções*, à *importância dos nós das funções de onda* e à *normalização da função*. Essa primeira abordagem teve o intuito de relacionar as ideias anteriores com o que seria visualizado por meio do OA. Sendo assim, o Professor expôs os gráficos das funções de onda normais e normalizadas para que os alunos pudessem observar, além de apontar os nós das funções e indicar onde os alunos poderiam encontrá-los nas imagens dos orbitais geradas pelo AO, informando, ainda, que essa abordagem seria importante na compreensão das ligações químicas.

Logo em seguida, o Professor explicou sobre a equação da função de onda e mostrou que existia um termo radial – que se referia a distância do núcleo ao elétron e era caracterizado como nível de energia – e um termo angular – que se referia aos ângulos “teta” e “fi” – dos quais davam informações sobre os orbitais. Os alunos foram informados que o termo radial indicava o tamanho do orbital e a energia específica desse orbital, já o termo angular, o “teta”, daria a projeção do elétron no plano e o “fi” à projeção no espaço. Um esboço dessas informações foi

desenhado no quadro para exibir o formato do orbital a partir dos termos da equação, tendo o propósito dos alunos visualizarem essas características nas figuras que eram exibidas pelo OA. No quadro 7, é apresentado um trecho da discussão após a abordagem do Professor sobre as equações da função de onda estudadas em aulas anteriores.

Quadro 7 - Sobre a normalização das funções de onda na aula 11

Turnos	Locutor e transcrição
1	P: ... todo mundo entendeu pessoal? todo mundo entendeu por que eu normalizo uma função?
2	A1: ((balança a cabeça afirmativamente))
3	P: por que eu normalizo a função? (+) hum?
4	A2: pra igualar a função a 1 e achar os nó da função também.
5	P: é! dá pra achar o nó da função também, mas (+) me dá mais alguma informação se eu normalizar a função e igualar a 1? (+) é só pra achar os nó?
6	B1: pra tirar o valor imaginário?
7	P: também tira, mas o fato deu tirar o valor imaginário e transformar ela em uma função real, num número real, (+) fica mais fácil de calcular o? (+) a probabilidade e o espaço que existe ali...

Fonte: elaboração própria.

A pergunta do Professor no turno 1 objetivou identificar a compreensão responsiva dos alunos em relação ao tema em discussão. É interessante notar que a resposta do aluno A1, com um marcador discursivo não verbal, é característica da retórica das aulas tradicionais, nas quais o aluno é considerado um receptáculo de informações e uma simples afirmação indicaria a compreensão ativa dos conteúdos e do discurso do Professor da mesma maneira e com as intenções que foram proferidos. Provavelmente, a resposta do aluno A1 estivesse ligada ao contexto histórico e cultural da instituição, indicando utopicamente que compreendeu o tema e não queria expor suas dúvidas por acreditar que seria repreendido, uma vez que o conteúdo já havia sido discutido em outras aulas e seria vergonhoso afirmar que não o compreendeu. A confirmação dessa pré-análise é indicada após o turno 3, em que o Professor busca a explicação da resposta do aluno A1, mas obtém a resposta de outro aluno.

No turno 4, podemos observar como o aluno A2 internaliza os conceitos anteriores e os relaciona com a revisão realizada pelo Professor. De alguma maneira, o conceito de nó da função teve alguma relevância para esse aluno, possivelmente por termos dado ênfase desse conceito no estudo das ligações químicas e esboçado um desenho no quadro dos nós da função presentes nas figuras dos orbitais. Esse enunciado também aponta para uma questão que já

havíamos discutido no capítulo 2 deste trabalho, que os processos de internalização dos alunos ocorrem de maneira gradativa e a compreensão só se torna ativa quanto maiores forem as réplicas, ou seja, é necessário externar os pensamentos por meio da fala para que eles tomem significados perante o grupo social.

O Professor, no turno 5, confirmou a exatidão da resposta do aluno A2, porém não levantou uma discussão a respeito do que foi dito e retomou a pergunta com a intenção de direcionar o olhar dos alunos para outro ponto específico. Sendo assim, o aluno B1 recorreu ao que foi discutido nas aulas 9 e 10 (turno 6) sobre os fundamentos da equação de Schrodinger para indicar que a normalização da função tinha o objetivo de retirar a parte imaginária da função, ou seja, transformar uma função complexa em uma função real. No turno 7, o Professor confirmou o enunciado do aluno e acrescentou que tal normalização ajudaria a calcular a probabilidade de se encontrar o elétron e um possível espaço, referindo-se ao orbital.

Podemos inferir que o aluno B1 compreendeu as intenções do Professor e relacionou com o que já havia internalizado, expondo, assim, um breve domínio dos conteúdos. O enunciado do aluno B1 poderia ter sido mais explorado e provavelmente reconheceríamos um nível de domínio mais ativo, porém, o Professor continuou seu discurso por meio de uma abordagem “Não Interativa-dialógica” e não abriu espaço para tal interação. Um dos fatores que pode ter direcionado o Professor a esta atitude está pautado no tempo de aula para revisar e relacionar os conteúdos com o OA, pois a atividade principal da aula era a exploração dessa ferramenta e necessitávamos cumprir com os objetivos da aula frente ao currículo institucional a ser seguido.

O discurso do Professor seguiu com as explicações sobre a probabilidade de se encontrar o elétron e as possíveis imagens dos orbitais geradas pelas funções de onda. Desse modo, foi frisado que, se os orbitais tivessem bordas delimitadas, facilitaria encontrar o elétron porque as paredes teriam limites, porém isso não era possível devido à dualidade onda-partícula, sendo mais adequado se falar em probabilidades. Assim, os possíveis orbitais se pareceriam mais com nuvens (daí o termo nuvem eletrônica) do que um espaço delimitado, onde o elétron poderia ser encontrado mesmo que distante do núcleo em regiões dispersas.

A breve revisão dos conteúdos da aula 9 e 10 sendo relacionados com as novas ideias teve a finalidade de direcionar o olhar dos alunos aos objetivos

pretendidos na sequência didática para que a manipulação do OA não fosse apenas carregada de propósitos, mas também de significados. Com a ausência desse direcionamento, os alunos correriam o risco de usarem o OA de forma mecânica, apenas para atender ao planejamento da aula, sem atentar-se para os reais objetivos e não iriam impor nenhum significado ao uso dessas ferramentas. Além disso, as atividades poderiam torna-se monótonas e acarretariam o desinteresse ou até mesmo abandono dessas. No quadro 8 abaixo, o Professor incentiva os alunos a manipularem o OA e realiza um questionamento.

Quadro 8 - Orientação ao uso do OA na aula 11

Turnos	Locutor e Transcrição
1	P: Pessoal, vamo lá no átomo de Schrödinger ((aguarda os alunos manipularem o OA)). e ai vamos dá uma brincadinha ai com ele. coloca os níveis de energia lá e o espectrômetro ((orienta os alunos no OA)) (+). e ai, qual a diferença desse nível de energia ai pro::: pro nível de energia do átomo de Bohr? ...

Fonte: elaboração própria.

O Professor não obteve resposta dos alunos e pediu para que eles retomassem o exercício 3 (resolvido na aula 7) e revisassem as respostas referentes aos níveis de energia que foram calculados pela equação de Bohr. Em seguida, pediu que testassem esses valores no OA tanto no modelo de Bohr como no de Schrödinger e observassem o que acontecia. Os alunos testaram os valores e conversaram entre as duplas para terem certeza se ocorreu alguma variação ao inserirem um daqueles comprimentos de onda, calculados para o modelo de Bohr, no modelo de Schrödinger. Após a testagem dos valores, o Professor fez algumas discussões e mostrou aos alunos que os níveis de energia eram representados de maneira distinta no diagrama de energias devido à repulsão elétron-elétron. No quadro 9 podemos observar um episódio dessa discussão.

Quadro 9 - Debate sobre a energia dos orbitais

Turnos	Locutor e Transcrição
1	P: ... tá observando ai que o 3d, ele é maior que o 4s ((mostra o diagrama no livro para os alunos)). por que? porque ele tá tudo preenchido, se tiver preenchido tudo, até o 3d. o 3d ele vai ser menor que o 4s por causa da repulsão. ai- ai eu também tenho a blindagem do núcleo (+)/ a questão da blindagem. o que, que vocês entendem por blindagem?
2	A1: é:::[a gente
3	B1: estudou isso dai ((se referindo a outra disciplina))
4	A1: blindagem é:::[num é
5	B1: os elétrons [[é
6	A1: MAIS OU MENOS como se fosse o núcleo/ eles ((se referindo aos elétrons)) tendem a ser é: mais atraídos pelo núcleo e os elétrons da camada mais-mais ((estica a mão

	para distante do corpo)) [externa
7	B2: ((completa o que o aluno A1 queria dizer))
8	A1: externas são mais – mais ((gesticula com as mãos para longe)) [e quem é que
9	P: é mais blindado pelo núcleo? são os elétrons da camada mais interna ou os elétrons da camada mais internos?
10	B1: mais externos
11	A1: mais externos
	/.../
13	B1: a gente estudou isso daí com X ((fala o nome do professor da disciplina de Química Inorgânica I))
	/.../
	((o Professor comentou que as vezes confundia isso na graduação))
14	B1: é porque na verdade quem blindar os externos são os elétrons mais próximos.
15	A1: é
16	P: há?
17	B1: quem blindar o:: os elétrons mais externos são os elétrons mais próximos e não o núcleo.
18	P: sim. então tu observa que quando tá preenchido essa blindagem vai ser maior, se tiver tudo preenchido?
19	B1: uhum, uhum ((balança a cabeça positivamente))
20	P: como vai ser maior, o 4s ele vai ter uma energia bem maior que o 3d. mas se não tiver blindagem o 4s vai ter uma energia menor que o 3d. então depende da quantidade de elétrons que estejam preenchidos pra eu saber quem tem mais energia que o outro.
	/.../
21	P: mas ficou claro agora né, a questão do::/por essa equação ai ((a de Bohr)) a gente não conseguia calcular a energia do Lítio lá ((se referindo a uma questão anterior sobre excitar o elétron mais externo)) pro/ aquele comprimento de onda lá tá errado.
22	B1: ficou, ficou ((fala baixinho e de cabeça baixa, gesticulando positivamente com a cabeça))
23	P: então como é que eu faço para calcular o comprimento de onda do Lítio pra:: pra excitar o elétron do lítio?
24	A1: vai ter que usar a:: ((coloca a mão na cabeça e olha para cima pensando)) a equação de Schrödinger e:: é dele/ e vai ter que usar a::/ tem que ser o mais aproximado né?
25	P: exatamente. vai ter que usar as aproximações pela equação de Schrödinger.
26	B1: boa ((rir de cabeça baixa, aparentemente em um tom irônico))

Fonte: elaboração própria.

Como exposto anteriormente, os alunos não conseguiram relacionar as diferenças do diagrama de energia, presentes no OA, do modelo de Bohr com o de Schrödinger. Nessa vertente, o Professor recorreu ao material impresso (capítulo do livro) para orientar os alunos. Observa-se, no turno 2, 3, 4 e 5, que os alunos A1 e B1 recordaram das aulas de outra disciplina e imediatamente as relacionaram com a pergunta do Professor. É interessante notar que ambos tentaram responder ao questionamento, mas o aluno A1 aumentou o tom de voz e tomou a palavra para si (turno 5). O tom de voz indicava que o aluno A1 dominava aqueles conceitos e queria expor seu conhecimento aos demais, provavelmente para destacar-se como aquele que detinha a autoridade sobre o tema e talvez ganhar reconhecimento do Professor e dos demais colegas.

Na ansiedade de responder, o aluno A1 se atrapalhou, mas os elementos não verbais utilizados por ele fez com que o aluno B1 completasse seu enunciado (turnos 6 e 7). Nessa confusão, o Professor tomou a palavra e orientou o discurso por meio de um questionamento que permitiu fluidez ao debate (turno 9). No turno 13, o aluno reafirmou que esses conteúdos foram vistos em outra disciplina e explicou o que seria a blindagem do núcleo (turnos 14 e 17). Nota-se que a fonte de autoridade utilizada pelo aluno B1 para significar os conceitos de blindagem foram os conteúdos estudados em outra disciplina, que possivelmente estavam atrelados ao discurso do docente responsável. A indexação da voz, nesse sentido, confere a produção do sentido, orientada pela entonação ou signos não pertencentes à mesma voz (GIORDAN, 2008).

Um breve fechamento conclusivo é realizado pelo Professor no turno 20, após isso foi retomada novamente a questão sobre o átomo de Lítio não poder ser explicado pelo modelo de Bohr (turno 21). A intenção do Professor foi relacionar aqueles conceitos com os conteúdos que estavam sendo estudados, além de esclarecer as dúvidas do aluno B1 que aparentemente não aceitou completamente as novas abordagens científicas que contrariavam suas ideias. Dessa maneira, o aluno B1, no turno 22, confirmou timidamente ter compreendido o que antes não aceitava. Os elementos não verbais desse aluno, como responder em um tom leve e de cabeça baixa, sugerem a aceitação do discurso do outro e o reconhecimento de um erro conceitual aparente para ele.

No turno 23 o Professor estendeu a discussão e objetivou identificar qual relação os alunos faziam daquele debate com o tema atual (modelo atômico quântico). O aluno A1 pareceu responder ao questionamento recorrendo ao conteúdo das aulas anteriores, pois usou marcadores não verbais que indicaram um pensamento recordativo (turno 24). Além disso, organizou suas ideias e fez um bom relacionamento com as aproximações da equação de Schrödinger, o que demonstrou que os conceitos estavam sendo significados num caráter de domínio em que as formas de mediação, semiótica e instrumental aparentemente não tinham mais diferenças e a ação mediada poderia ocorrer a partir do uso de qualquer ferramenta, sem priorizar a palavra ou qualquer outro meio (GIORDAN, 2008).

O Professor, no turno 25, reconheceu a explicação do aluno A1 e reorganizou o seu enunciado. Já no turno 26, o aluno B1 reconheceu a resposta do A1 com um enunciado de elogio, mas pareceu expressar certa ironia com um breve

sorriso, talvez por admitir a autoridade, por meio do gênero discursivo da ciência, do aluno A1 (confirmada pelo Professor) que outrora contrariava seu posicionamento nas discussões. Logo em seguida, o Professor usou um discurso de descontração direcionado ao aluno B2, devido a sua baixa participação durante a aula. A preocupação do docente representou o seu interesse em promover a atividade conjunta de todos os estudantes para que eles tivessem a oportunidade de participarem e utilizarem a linguagem na exposição de suas ideias, pois é somente a partir da externalização do pensamento que se alcança a compreensão ativa.

No desígnio de continuar as discussões e promover caminhos para que os conceitos pudessem ser significados pelos alunos, o Professor iniciou outra indagação a fim de analisar a maneira pela qual os alunos organizavam as ideias. No quadro 10, podemos observar o enunciado do Professor.

Quadro 10 - Questionamento do Professor sobre as imagens dos orbitais no OA

Turno	Locutor e Transcrição
1	P: o que vocês observaram ai na variação do programa, quais as conclusões que podemos tirar dos orbitais ai que vocês viram?

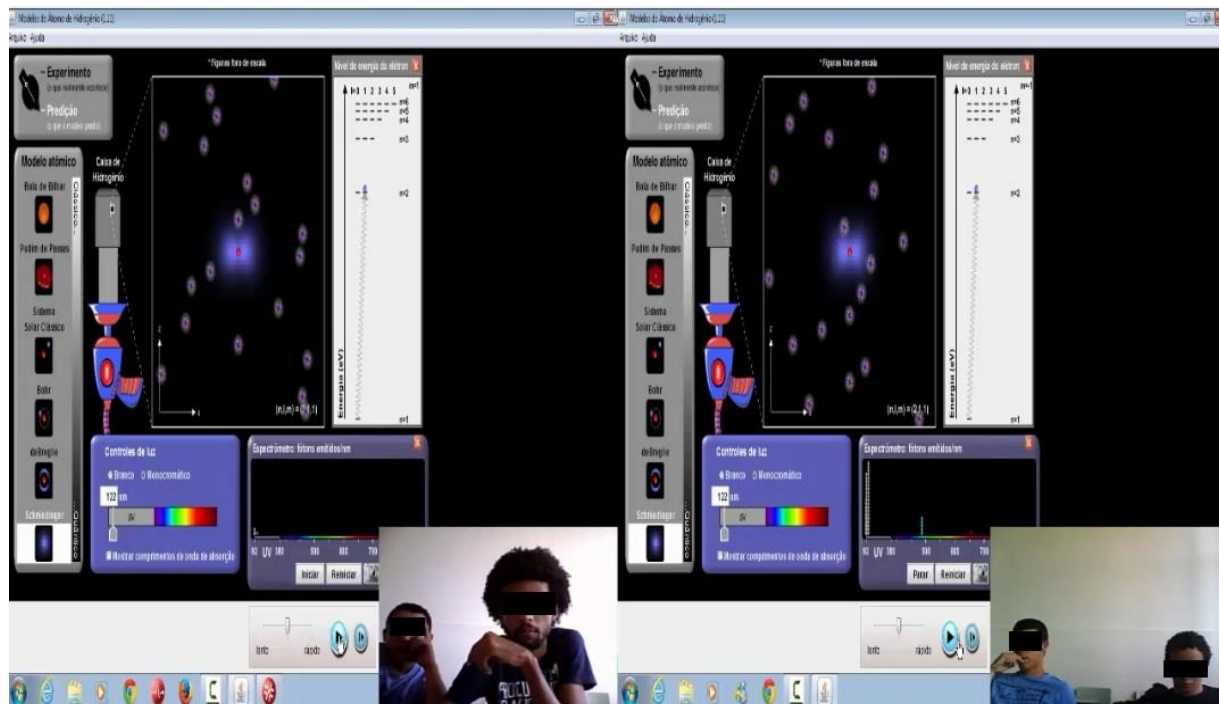
Fonte: elaboração própria.

O enunciado acima não obteve respostas, talvez por ter sido organizado de maneira geral, podendo receber diversos apontamentos. A seleção de uma ou outra resposta nos tipos de questionamento geral pode obrigar os alunos a selecionarem aquelas que acreditam ser a mais adequada ou gerar insegurança, por acreditarem que a resposta escolhida não seja a que o Professor objetivava. A segunda opção está ligada ao padrão Interação-Resposta-Avaliação (IRA), típico da cultura da instituição.

O conteúdo que estava sendo abordado também era novidade para os alunos, mesmo que já tivesse sido discutido parcialmente em outras aulas, porém o processo de internalização de novos conceitos, como já relatado, não ocorre diretamente do meio externo para o interno, e sim por meio da introspecção-externalização em um processo com fases de desenvolvimento. Diante dessa situação, o Professor decidiu orientar os alunos na manipulação do OA, direcionando o olhar para pontos específicos dessa ferramenta. Assim, foi solicitado que aplicassem o comprimento de onda calculado pela equação de Bohr no exercício 3 da aula 7, referentes ao nível 1 e 2, com valor correspondente a 122

nanômetros e clicassem no botão pause do OA para observarem o formato do orbital, como mostra a Figura 11 abaixo no exato momento da instrução.

Figura 11 - Modelo de Schrodinger pausado no orbital $p_x(2,2,1)$ nas duas estações de trabalho



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

Sendo assim, o Professor questionou sobre o significado dos números que apareciam no canto inferior direito do software (tela retangular ao lado do canhão de fótons, com os números 2,2,1), onde indicavam os números quânticos principal, secundário e magnético do orbital. No quadro 11 é exposto o debate levantando pelo Professor a respeito do digrama de energia.

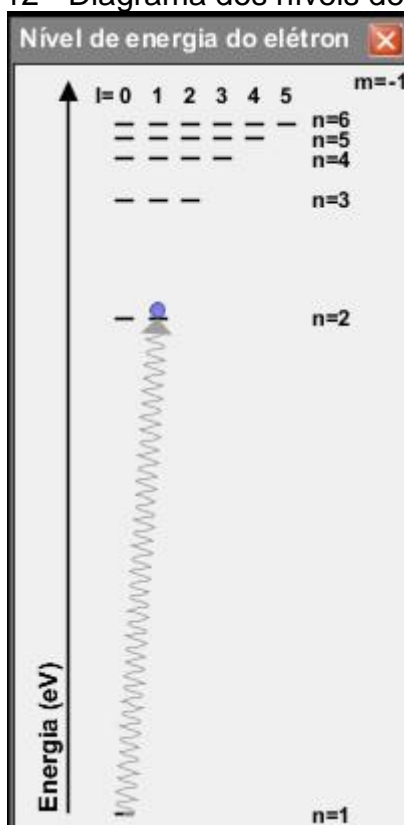
Quadro 11 - Debate sobre o diagrama de energia

Turnos	Locutor e Transcrição
1	P: ... quais os números que estão aparecendo aí?
2	A1: dois, um, um.
3	P: dois, um, um. o que significa isso daí?
4	B1: nível 2((com a mão no queixo pensando)).
5	P: o dois vai ser o que? (+) no dois eu posso ter o que pessoal no diagrama de energia? ((se referindo aos números quânticos que apareciam no OA)).
6	B1: dois s p ((2sp))
7	P: se você for pro diagrama de energia ai você vai ter ((inaudível)). por que? porque o zero representa o s, o um representa o p, o dois representa o d e o três representa o f. ai você tem aqui ((aponta para o diagrama de energia no OA)), eu posso ter o 2s ou o 2p, observem bem...

Fonte: elaboração própria.

A pergunta do Professor no turno 1 é mais direcional que aquela realizada no quadro 10, pois parte das orientações da manipulação do OA para direcionar o olhar dos alunos. Embora seja uma pergunta retórica, ela teve a função de organizar as discussões, tendo em vista que os alunos pareciam não compreender as intenções do OA e do enunciado anterior do Professor. No turno 4, percebe-se que o aluno B1 iniciou a produção de significados a partir da indagação do Professor, sendo que o elemento não verbal (mão no queixo pensando) indicava que o processo de formação dos conceitos estava em desenvolvimento. O turno 6 confirma que a produção de significados ainda estava em fase inicial, uma vez que o aluno não conseguiu relacionar todos os números quânticos do OA com a teoria científica. Diante desse contexto, o Professor orientou os alunos sobre o significado do diagrama de energia presente no OA (turno 7), informando o que seria cada número. Uma imagem ampliada do diagrama é apresentada na Figura 12.

Figura 12 - Diagrama dos níveis de energia



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

Além disso, o Professor explicou que cada traço visualizado no diagrama de energia representava um orbital. Em que no $n=1$ existia apenas o orbital $1s$; no $n=2$ o orbital $2s$ e o $2p$, onde o $2p$ poderia ser dividido em p_x , p_y e p_z ; no $n=3$ o

orbital 3s, 3p e 3d; e assim por diante. Na imagem pausada do orbital 2px (Figura 11), o Professor explicou que existia uma limitação no OA e este apresentava apenas o plano cartesiano em duas dimensões, mas existiria três orbitais p (px, py e pz) e apenas o px e o pz estavam sendo representados. Dessa maneira, pediu aos alunos que ficassem pausando o OA até que o elétron fosse excitado e outro formato do orbital pudesse ser exibido, e logo foi identificado o orbital px e pz e a variação de um único número quântico no canto inferior direito que foi o magnético. Em seguida, o Professor realizou outro questionamento, exibido no quadro abaixo.

Quadro 12 - Debate sobre o número quântico magnético

Turnos	Locutor e Transcrição
1	P: ... qual foi o único número quântico que mudou?
2	A1: o magnético.
3	P: o magnético ((confirmando)). o magnético caracteriza o que? (+)
4	B2: spin ((fala baixinho))
5	P: não, o número quântico magnético ele vai dá alguma informação pra gente. qual é a informação que ele dá?
6	A2: spin
7	B1: aquele que gira, é::
8	A2: é o::/ [[é a rotação do elétron
9	B1: [[é a rotação
10	A1: [[é a rotação ((gira com o dedo))
11	P: não, rotação é o número quântico spin. que a gente vai ter spin pra cima e spin pra baixo. um roda em uma direção e o outro roda em outra, horário e anti-horário. ai a gente representa lá pelo princípio da exclusão de Pauling um pra cima e o outro pra baixo.
12	B1: orientação ((estava de cabeça baixa pensando e logo levanta a cabeça falando))
13	P: orientação! ((confirmando)) orientação no espaço.

Fonte: elaboração própria.

Nesse episódio, o aluno B2 respondeu ao questionamento do Professor no turno 4, informando ser o spin o número quântico sobre o qual o professor fez o questionamento no turno 3. Porém, o Professor apenas nega a resposta do aluno e refaz a pergunta (turno 5). Por se tratar de um aluno tímido e com pouca participação durante as aulas, o Professor deveria ter investigado com mais profundidade a resposta do aluno B2 para compreender melhor como estava ocorrendo a produção de significados desse aluno. Sem a externalização do pensamento, não é possível mensurar a maneira como o indivíduo compreende os conceitos de acordo com o contexto científico, mesmo que permaneça inserido em um meio social que esteja debatendo sobre o tema. Certamente, a preocupação com o tempo de aula foi um fator preponderante na atitude do Professor, pois se objetivava que os alunos compreendessem as intenções do OA e as dominassem para responderem a um exercício.

A resposta do aluno B2 parece não ter sido ouvida pelos demais alunos, pois, logo em seguida, o aluno A2 a reapresentou (turno 6). Já a tentativa de resposta no turno 7, que foi completada pelo aluno A2 no turno 8, induziu a confirmação dos alunos B1 e A1 (turnos 9 e 10), provavelmente por relacionarem o nome do número quântico magnético com as teorias de Maxwell sobre o campo magnético. Essa teoria foi estudada nas aulas iniciais a partir dos vídeos, onde os efeitos visuais apresentavam essa característica de rotação no campo magnético. Essa hipótese torna-se mais verdadeira se analisarmos o mapa de categorias, no qual se observa o valor apreciativo que foi conferido as ideias expostas nos vídeos, principalmente pelo aluno A2 (gráficos 8, 16 e 23). Depois da explicação do Professor, no turno 11, o aluno B1 respondeu que o número quântico magnético representava a orientação do orbital.

Desse modo, percebemos que a introdução de novos conceitos e a sua assimilação pelos alunos é um processo lento, no qual a internalização ocorre de distintas maneiras para cada aluno. E apesar de o ambiente ser comunicativo, com a discussão aberta a turma, isso não garante que os alunos produzam o significado daqueles conceitos de acordo com o contexto científico que os representam, pois os discentes ainda estavam em fase inicial de desenvolvimento dos novos conceitos e livres associações poderiam ser realizadas com os conteúdos que já foram assimilados. Cabe ao Professor, nesse tipo de situação, orientar os alunos da maneira mais adequada possível.

O Professor continuou a atividade pedindo para que os alunos variassem o comprimento de onda no OA, dessa vez para o valor calculado, pela equação de Borh, dos níveis de energia n_2 e n_3 (103 nanômetros). Um trecho desse episódio é apresentado no quadro 13 abaixo.

Quadro 13 - A semelhança dos orbitais p

Turnos	Locutor e Transcrição
1	P: ... qual o orbital que apareceu aí? ((o professor aguarda enquanto os alunos manipulam o OA))
2	B1: orbital:: ((pensa em voz alta))
3	B2: ((aponta para a tela do computador e fala algo para o aluno B1, porém está inaudível))
4	B1: o p de novo ((após ter recebido a explicação o aluno B2))
5	P: hum?
6	B1: o p.
7	P: o p! mas qual a diferença desse p aí pro outro? tem alguma semelhança?
8	B1: os níveis de energia né?
9	P: não, em relação ao formato da imagem.

10	B2: ele é de lado ((representa com as mãos)), mas tem um espaço aqui ((faz um corte vertical com a mão direita))
11	P: ((inaudível))
12	B1: ((inaudível, mas faz gestos com as mãos)) um espaço entre eles.
13	A1: é que na verdade agora aparece dois ((faz ondas com as mãos)), dois (+)/ como é que é? ((pensa)). no caso vai ser um nó, mas na verdade aparece dois. na verdade vai ser dois espaços onde ele não pode ser encontrado, o elétron.
14	P: onde é que eu não consigo encontrar o elétron aí? me aponta com o mouse. /.../
15	B1: no caso vai ser a onde tá mais denso professor? ((aponta com o mouse na parte densa do orbital p e olha para o Professor))
16	P: ((balança a cabeça negativamente)) o nó é o local mais improvável de se encontrar o elétron.(+) onde é que tá o nó ((olha para os alunos B1 e B2))
17	B1: no espaço vazio.
18	P: é! nesse espaço vazio ((aponta com o dedo para a figura do orbital no OA)) (+). onde é que tá a semelhança desse orbital com o outro? heim B2? tá aparecendo aí no programa?
19	B1: próximo do núcleo

Fonte: elaboração própria.

A partir do diálogo acima, observamos que o aluno B2 interagiu com o B1 (turno 3) e proporcionou a resposta do último (turno 6). Ainda que o aluno B2 fosse o menos participativo nas aulas, tendo dificuldades em expressa-se nos diálogos abertos, a comunicação com o aluno B1 o ajudou a organizar suas ideias. Nesse sentido, os processos comunicativos podem facilitar a produção de significado dos conceitos estudados. É importante salientarmos que as ferramentas socioculturais também são parte integrante desse processo, pois rotineiramente os alunos apoiam seus discursos por meio delas.

O turno 10 enfatiza o apoio que tal ferramenta proporciona nos processos de comunicação, pois o aluno B2 tentou expor suas ideias a partir das imagens que estavam sendo visualizadas no OA. Os gestos (elementos não verbais) desse aluno são bem característicos na sua fala, sugerindo a direção pela qual os conceitos estavam sendo significados. Ademais, é possível identificarmos que os conceitos, ainda em fase imatura diante do contexto científico, já apresentavam um breve domínio por meio do discurso. Já o aluno A1, no turno 13, apresentou um nível mais elevado de domínio daqueles conteúdos, pois o seu enunciado versou sobre os nós das funções de onda que foram expressos nas imagens dos orbitais.

Certamente, essas ideias foram resgatadas das aulas 9, 10 e de uma breve revisão dessas na aula 11 (a presente aula), em que o aluno A1 relacionou com as imagens dos orbitais no OA. No entanto, esse conceito ainda não estava claro, pois, ao ser solicitado que apontasse os nós das funções de onda nas imagens do orbital (turno 14), o aluno indicou os lóbulos de densidade do orbital p.

Percebemos que os conceitos anteriores foram internalizados e dominados, sendo associados livremente com os novos, e assim ousamos dizer que o discurso desse aluno se aproximava da apropriação.

O aluno B1, no turno 19, apresentou uma resposta breve à indagação do Professor, porém conseguiu identificar na imagem do orbital as intenções do questionamento. Podemos inferir que o processo de comunicação que ocorreu nesse episódio auxiliou o aluno B1 a comparar suas ideias com as demais e formular sua resposta. As atividades comunicativas, como observado, também podem proporcionar o contraste de informações para formulação de novos significados e até mesmo momentos criativos. Sobre os nós das funções, o aluno B1 ainda apresentava conflitos conceituais para relacionar a teoria com as imagens dos orbitais, que logo foram esclarecidos pelo Professor com um exemplo sobre ligações químicas. Dessa maneira, o Professor fez questão de deixar claro que os nós das funções, presentes nas imagens dos orbitais, seriam os zeros da função e nunca encontraríamos o elétron naquela região.

Durante as discussões, o aluno A2 complementava o discurso do Professor na tentativa de esclarecer as dúvidas do aluno B1, afirmando também ter dominado aqueles conceitos. O Professor continuou suas explicações por meio de uma abordagem “Não Interativa-de autoridade” para deixar clara a importância dos nós das funções de onda no entendimento das ligações químicas. Logo em seguida, pediu que os alunos variassem novamente o comprimento de onda no OA e observassem o formato dos orbitais. As discussões dessa aula¹⁷ seguiram a mesma dinâmica até o seu encerramento (faltando apenas 20 minutos). Antes do fim da aula, os alunos B1 e A1 trouxeram exemplos sobre computação quântica. Essa característica é extremamente relevante devido às intenções de relacionar um tema totalmente abstrato, a nível submicroscópico, com as tecnologias que prometiam surgir em um futuro próximo. A seguir, passaremos a discutir as respostas do exercício resolvido na aula 12.

¹⁷ O áudio de alguns episódios que poderiam ser discutidos nesta aula estavam comprometidos, pois ocorreram alguns problemas técnicos na sua captação.

5.3.4 O modelo atômico quântico: resolução do exercício

Reservamos a este subtópico a análise das respostas da lista de exercícios (Apêndice E) que foram resolvidos durante a aula 12, na qual o OA estava livre para ser manipulado para esse fim. Os momentos de interação dessa aula foram destinados à discussão das questões, por isso apenas um episódio discursivo (abertos a toda a turma) foi analisado. Durante a resolução do exercício, os alunos discutiram entre si nos pares sobre o conteúdo, porém o tom de voz utilizado era muito baixo e em vários trechos ocorreram problemas técnicos na captação. Diante dessa situação, a análise concentrou-se primordialmente no discurso escrito das duplas A e B.

Algumas das questões foram adaptadas do trabalho de Tsaparlis e Papaphotis (2002), em que realizaram o estudo com 119 alunos do ensino médio e 62 do ensino superior. Como objetivamos analisar o processo de produção de significados dos conceitos no contexto particular da disciplina de Química Geral II, não coube realizarmos um comparativo desses dados com os do trabalho citado, pois tal trabalho pautou-se em outra dinâmica de ensino na coleta e análise dos dados.

Na intenção de identificarmos se os alunos visualizavam o orbital como um espaço fechado, onde seria possível encontrar o elétron, com suas bordas delimitadas, questionamos aos alunos se seria possível o elétron do átomo de hidrogênio em seu estado fundamental ser encontrado fora do espaço que é definido como orbital 1s. O questionamento esteve relacionado ao que tínhamos discutido durante as aulas sobre os orbitais serem representados, nos livros didático, como espaços fechados e qual a sua relação com as funções de onda. Abaixo segue a resposta escrita das duas duplas:

Dupla A: *Sim, temos uma probabilidade de 5% de encontrar o elétron fora dos orbitais atômicos*

Dupla B: *Pode. É possível porém as chances são bem pequenas do elétron se distancia tanto (5% de chance de ocorrer o fato relatado)*

De acordo com as respostas, as duplas reconheceram a possibilidade de encontrar o elétron do átomo de hidrogênio em regiões distantes daquela em que a densidade do orbital 1s é maior. A dupla A adotou o gênero discursivo da ciência

com mais consistência nesta resposta, pois utilizou a palavra “probabilidade” que é característica base para as explicações do modelo atômico quântico. Isso não significa que a dupla B tenha reproduzido os conteúdos sem os compreenderem, apenas não priorizaram o gênero discursivo da ciência durante a escrita, mas os conceitos estavam sendo significados.

Ao considerarmos que durante todo o processo de ensino foi discutido os conteúdos referentes ao tema e até mesmo tal questão tenha sido comentada superficialmente em aulas anteriores, percebemos que o gênero discursivo da ciência tornou-se ausente na escrita da dupla B. Esta situação pode ter ocorrido devido à variedade e heterogeneidade dos tipos enunciativos e dos gêneros discursivos existentes, dificultando que os gêneros da ciência Química pudessem resignificar os gêneros da vida cotidiana. Podemos, ainda, apontar que as formas enunciativas não indexadas, relacionadas as crenças e os valores culturais, possam ter sido determinantes em relação às referências institucionais e possivelmente um grau apreciativo tenha sido conferido ao gênero discursivo utilizado.

Na segunda questão do exercício, procurávamos identificar se os alunos ampliavam suas observações referentes ao orbital 1s para um orbital 2p, tendo em vista o questionamento anterior. Sendo assim, solicitamos que observassem as figuras do orbital 1s e 2p (Apêndice E), com pontos dispersos do núcleo no orbital 1s, e se existisse algum erro que apontassem. As respostas das duplas foram:

Dupla A: *Existe um erro na figura 2, pois como a figura 1 mostra, os pontos dispersos mostram a probabilidade de encontrarmos os elétrons fora de seu orbital. O que ocorre também no orbital 2p, mas a figura não mostra.*

Dupla B: *O erro está na 2, na primeira figura o pontos mais distantes são elétrons que tem 5% de chance de se distanciar dessa forma, na segunda so está representado 95%.*

Constatamos que a dupla A distinguiu as diferenças entre as figuras que representavam o orbital 1s e 2p, constituindo tal distinção com o gênero discursivo característico da Química. Por meio da escrita, os alunos da dupla Aparecem acreditar que o orbital é um local onde os elétrons dispersos estavam fora dele, não reconhecendo que os pontos dispersos também representavam o orbital. Contudo, manifestaram um breve domínio do conteúdo referente a probabilidade de encontrar o elétron, pois apontaram um erro de representação no orbital 2p. Ressaltamos que a declaração do erro foi apenas para atentar a visão dos alunos quanto aos objetivos

das imagens apresentadas nos livros didáticos, além de realçar que tais imagens são frutos de equações matemáticas.

Provavelmente a produção de significados da dupla A sobre esse tema estava em fase de maturação, em razão de que alguns conceitos já haviam sido internalizados e estavam sendo associados na formulação da resposta de um novo conteúdo. Observa-se que a apropriação de algumas palavras que são características nas interpretações do modelo atômico quântico, tais como: probabilidade e orbital, já tornava-se comum no discurso escrito da dupla. Ousamos ainda relatar que o aluno A1 foi o parceiro que mais contribuiu no domínio desses conteúdos, tendo em vista sua maior participação nos episódios do subtópico anterior e a maior porcentagem do discurso inserido no contexto científico exibido no gráfico 76 referente à aula 12.

Já a dupla B, embora reconheça o erro da figura 2 (ver Apêndice E) concernente ao orbital 2p, afirmou dubiamente que os pontos dispersos eram os elétrons que tinham 5% de chance de se distanciar daquele formato. A resposta anterior dessa dupla parecia não indicar que os 5% representavam os elétrons, por isso acreditamos que a produção de significados, por meio da escrita, desses alunos é uma tarefa árdua em relação ao discurso oral. Outro ponto que podemos observar é que, no gráfico 76, essa dupla é a que mais expõe o discursos no contexto científico, e a interação aluno-aluno durante a resolução do exercício (ver gráfico 75) é a mais expressiva. Dessa forma, muito possivelmente houve dificuldades em transmitirem as ideias por meio da escrita.

Caso revisemos as discussões dos episódios do subtópico anterior, observaremos que o aluno B1 produziu os significados em direção ao domínio dos conteúdos, mesmo que em alguns momentos fossem um pouco confusos. Devido à pouca participação do aluno B2 nos discursos aberto a turma, não podemos inferir muito sobre a produção de seus significados nos episódios da aula anterior, mas conjecturamos que sua participação interativa com o aluno B1 foi bem expressiva. Reiteramos que a interação dos alunos nos pares foi codificada com a categoria aluno-aluno e não houve identificação dos alunos pela categoria Locutor, porém, foi possível reconhecer a participação do aluno B2 nas interações por meio das imagens e áudios da aula.

A partir do exposto, levantamos a hipótese de que o aluno B2 estava organizando suas ideias e elas tornavam-se mais claras à medida que sua interação

com o aluno B1 aumentava. Pelas imagens do vídeo da aula gravada, observamos que o aluno B2 era o responsável por escrever as respostas no papel e, mesmo o áudio estando comprometido, conseguimos ouvir trechos que comprovavam seu discurso em direção ao domínio do conteúdo. Portanto, ampliamos nossa suposição de que o aluno B1 confiava que aquilo que foi discutido estava sendo transmitido de maneira organizada por meio da escrita e não se preocupou em ler antes de entregar o exercício ao Professor.

Sobre a afirmação da figura do orbital 2p ser representada por 95%, ratifica o que havíamos discutido anteriormente e indica que a produção dos significados ainda estava em fase de construção para esses novos conceitos. Os alunos da dupla B não conseguiram identificar que a figura do orbital 2p deveria apresentar pontos dispersos distante do núcleo, por isso não responderam à questão 7 (última questão do subtópico) sobre a diferença das imagens dos orbitais dos livros didático. Posteriormente, discutiremos em maiores detalhes tal questão.

A questão seguinte foi inserida para reforçar as ideias das duas aulas anteriores, em que objetivávamos que as duplas manipulassem o OA para visualizarem a imagem do orbital s e pudessem relacionar com suas respostas. Dessa maneira, foi afirmado que os orbitais s eram representados por esferas e no interior deles a probabilidade de encontrar o elétron seria de 95%. Nesse sentido, indagamos como seriam representados os outros 5% e solicitamos que fizessem desenhos. O retorno a esta questão segue adiante:

Dupla A: *Os 5% são representados por pontos dispersos longe do núcleo.*

Dupla B: *Eles são representados como pontos mais distantes do centro do átomo.*

As respostas das duplas foram relacionadas com as imagens dos orbitais 1s e 2p presentes na questão anterior (ver Apêndice E). Nessa vertente, não alcançamos o que foi pretendido, pois esperávamos que os alunos visualizassem os orbitais 1s, 2s e 3s no OA e tentassem fazer uma representação por meio de desenhos seguindo a lógica da questão anterior e indicando os nós das funções que eram exibidos nas imagens dos orbitais. Sem dúvida, não houve clareza quanto ao que objetivávamos e quanto ao enunciado da questão, e mesmo pedindo oralmente aos alunos que manipulassem o OA e fizessem o desenho, eles insistiram que a

figura já estava representada na questão anterior. Portanto, aceitamos a posição dos alunos e não exigimos mais que realizassem o desenho.

Na questão subsequente, usamos uma analogia que objetivava representar os conceitos de superposição de ondas. Fizemos o seguinte questionamento: *Se existisse uma câmera fotográfica superpotente, capaz de enxergar o elétron, como você poderia construir a imagem da nuvem de elétrons, ou seja, da densidade eletrônica? (Dica 1: A imagem da nuvem ainda é estável; Dica 2: A câmera pode tirar mais de uma foto; Dica 3: As fotos podem ser tanto nítidas (estampadas) como transparentes).* Mesmo que esse tema tivesse sido pouco abordado, a analogia ajudou a explicar sobre tais conceitos, pois uma discussão foi gerada em sala aula sobre o entendimento da analogia e proporcionou uma posterior explicação do Professor sobre superposições de onda. No quadro a seguir, é apresentado um trecho do episódio que foi gerado a partir de uma dúvida da dupla A e explicado pelo aluno B1.

Quadro 14 - explicação sobre a analogia da questão 4 do exercício da aula 11

Turno	Locutor e Transcrição
1	B1: Não, é por que as fotos quando tu vai tirar as fotos de um atleta, ele não tira a foto do cara parado, ela não consegue tirar, então ela tira várias sequências de fotos, depois ele junta e tira uma foto só. entendeu? ((após o comentário há simultaneidade de vozes))
2	A1: ai vai uma sobrepondo a outra (indica a sobreposição com as mãos)
3	B1: sobrepondo a outra ((confirmando))/o do elétron seria a mesma coisa, tiraria várias fotos pra achar/ pra depois unir todas e achar um local mais ou menos determinado entendeu?
4	P: mas é só por conta disso?
5	B1: por causa que ele tá em movimento.
6	A2: se ele tá em movimento, na câmera ia pegar os momentos dele.
7	A1: é!
8	B1: é!
9	P: ai eu colocaria uma em cima da outra.
10	B1: é! pra achar o local mais ou menos provável de onde ele estaria

Fonte: elaboração própria.

É interessante notar que o aluno B1, na tentativa de explicar o seu entendimento sobre a questão para a dupla A (turno 1), utilizou outra analogia. A relação feita pelo aluno B1 parte de um fato real da vida cotidiana para um abstrato ligado ao mundo das teorias e modelos, facilitando assim o entendimento daquela abordagem. O processo comunicativo que foi estabelecido auxiliou o aluno A1 a compreender e contribuir com as explicações (turno 2), firmando, desse modo, um espaço de negociação de novos significados. A compreensão do aluno A1

incentivou o B1 a continuar com sua explicação, mantendo um discurso de autoridade e indicando dominar aquele tema (turno 3).

No referencial teórico deste trabalho abordamos, por meio dos escritos de Bakhtin (2006), que a fala não tem início e nem fim e é orientada pelo enunciado, mas quem direciona o enunciado é o momento histórico, a situação em que os enunciados estão sendo proferidos e a audiência. Dessa maneira, acreditamos que o enunciado do aluno B1 tomou autoridade devido à aceitação dos demais colegas, pois a eles é que o enunciado foi direcionado. Acreditamos que o estabelecimento das interações entre as vozes na sala de aula possibilita a evolução na produção dos significados dos conceitos e são cruciais na organização desse processo.

O aluno B1 ainda estendeu sua visão, explicando que a prática de adotar a sobreposição das fotos era devido ao elétron se encontrar em movimento (turno 5) e assim seria possível indicar o local mais provável de se encontrar o elétron. Observamos que o gênero discursivo da ciência não é tão característico na fala do aluno, porém o enunciado estava bem direcionado ao contexto Científico, pois indicou a probabilidade de encontrar o elétron por meio da palavra “provável” (turno 10). Dessa maneira, as ideias do aluno B1 parecem indicar a impossibilidade de localizar a posição e o momento do elétron, onde o modelo de Bohr já não conseguiria explicar tal situação. Podemos inferir também que, na situação relatada, o aluno dava indícios de discernir e compreender os objetivos pretendidos pela Química no uso de cada modelo atômico.

Identificado que os alunos haviam compreendido a analogia, o Professor iniciou as explicações sobre superposição de ondas por meio de uma abordagem “Interativa-de autoridade”. Dessa maneira, explanou sobre o fato de existirem diversas possibilidades do elétron estar em diferentes locais devido às flutuações quânticas, e o observador alteraria o sistema, pois conseguiria supor apenas uma única função de onda que representaria o elétron. Intuímos que a situação poderia ajudar os alunos a terem mais clareza sobre os fundamentos matemáticos das equações de onda implícitas nas imagens dos orbitais, tendo em vista que a teoria quântica é pautada por essas abordagens. Seguida a exposição conceitual realizada pelo Professor, os alunos responderam à questão do exercício. As respostas dadas por eles se encontram abaixo:

Dupla A: *Nois teríamos ter que tirar varias fotos (momentos) e sobrepor uma sobre a outra reduzindo o espaço para poder encontrar o eletron.*

Dupla B: *Para se construir a imagem do elétron pela câmera, para encontrar uma imagem que melhor mostrasse o elétron, seria melhor sobrepor várias imagens do movimento do elétron para encontrar o melhor ponto onde ele poderia estar na nuvem.*

As respostas acima indicam que foram organizadas a partir do diálogo ocorrido durante a aula (ver quadro 14), visto que foi o aluno B1 quem tomou o discurso de autoridade e orientou a enunciação dos demais alunos. A dupla A confirma esse levantamento, pois organiza as ideias de maneira sintética e confusa, mas em direção ao posicionamento do aluno B1. A escrita também é um meio de externar as ideias e tornar compreensível a introspecção que os alunos fizeram, e acreditamos que por meio dela seja mais complexo expressar os conceitos que ainda estão em fase de construção. Como foi o aluno B1 o autor principal das explicações, observamos que a resposta da dupla que esse aluno participava era mais organizada e coerente frente ao contexto científico.

Podemos inferir que a dupla B conseguiu direcionar sua escrita além da analogia exposta na questão, visto que, após as explicações do Professor, tentou associar esses conceitos com as imagens dos orbitais. Essa hipótese foi levantada devido ao uso da palavra “nuvem”, indicando que a sobreposição das fotos não iria gerar uma imagem sólida e nítida, pois o movimento intenso dos elétrons não permitiria tal situação.

Na finalidade de analisarmos se ainda existia indistinção entre os conceitos de orbita e orbital e se os alunos conseguiam atribuir uma definição adequada a cada um, interrogamos os discentes se existia alguma relação de orbita para orbital e pedimos que justificassem seu posicionamento. As respostas das duplas seguem abaixo:

Dupla A: *Orbita é uma trajetória definida que um corpo se movimenta, onde podemos encontrar seu raio e assim sua localização do corpo. Já orbital é produzido pelo movimento que o eletron produzia ao redor do núcleo formando um campo eletromagnético e que se comporta como uma onda.*

Dupla B: *Orbital retrata uma área delimitada e Orbita tem uma área fixa e movimento (parecendo com o sistema planetário). E os elétrons no orbital eles estão se movimentando na nuvem, mas não necessariamente mov. circula.*

Ao assistirmos a gravação da aula, percebemos que os alunos da dupla B interagiram entre si e com a dupla A para discutirem os conceitos de órbita e orbital. Durante a discussão, atribuíram as ideias de órbita ao modelo de Bohr e orbital ao modelo quântico. A transcrição do episódio não foi realizada devido à baixa qualidade do áudio no momento da captação e à dificuldade de ouvir o tom de voz suave do aluno B2. De acordo com as respostas das duplas, avaliamos que o processo de construção de significados para tratar dessa distinção foi construído durante a discussão oral e relacionado com o discurso do Professor de aulas anteriores, pois recorreram a pontos específicos daquelas aulas.

A explicação sobre órbita exposta pela dupla A pautou-se nas aulas em que comentamos sobre a impossibilidade de determinar a posição e o momento do elétron, nas quais foi informado que o modelo de Bohr era falho, pois, por apresentar órbitas definidas, seria possível encontrar o elétron e o seu momento em um determinado instante. Porém, os alunos atribuíram a palavra “corpo” no lugar de elétron, possivelmente referindo-se à esfera que girava em torno de um núcleo na simulação do modelo de Bohr presente no OA. Em vista disso, podemos recorrer a uma das propriedades da Teoria da Ação Mediada que diz que os modos de mediação limitam e ao mesmo tempo possibilitam a ação, pois a simulação limitou o uso do gênero discursivo da ciência na atribuição de algumas palavras e ao mesmo tempo possibilitou uma explicação que estava direcionada ao contexto científico.

Outro ponto interessante na resposta da dupla A é que, ao definirem orbital, indicaram que esse era gerado pelo movimento dos elétrons e subentende-se que a ideia do orbital como um espaço fechado estava se esvaindo ou os objetivos no uso de cada representação estavam ficando mais claros. Além disso, os alunos indicaram o comportamento ondulatório do modelo atômico quântico, provavelmente na tentativa de explicar que tratava-se de um modelo dual. Essa afirmativa é verdadeira ao considerarmos que o aluno A1 foi o que mais discutiu e apresentou domínio dos conteúdos nas discussões orais, que foram analisadas anteriormente por meio dos episódios da aula 8 e 11.

A resposta da dupla B retratou o orbital como um espaço, pois afirmou que apresentava uma área delimitada. Ademais, acrescentaram que os elétrons estavam movimentando-se em uma nuvem, apresentado indicativos de que a nuvem seria o orbital. A produção de significados do conceito de orbital para os alunos B1 e B2 expôs uma mistura de ideias, porque, ao mesmo tempo que diziam ser um

espaço delimitado, afirmaram que seria uma nuvem. Levantamos a hipótese de que a organização da ideia do orbital como espaço, esteja ligada às aulas 9 e 10 sobre os fundamentos da equação de Schrödinger, onde demos ênfase que esse tipo de representação fazia menção à dedução da equação por meio das considerações da partícula na caixa. Já quanto à afirmação do orbital como nuvem, aventamos a hipótese de que possa estar ligada às imagens do orbital exibidas pelo OA.

A ideia de órbita, exibida pela dupla B, faz referência ao sistema solar para denotar o modelo de Bohr com os elétrons girando em torno do núcleo em orbitas predefinidas. A produção de significados dessa dupla para a referida questão foi construída recorrendo-se a várias ferramentas socioculturais como apoio, tais como: as analogias, as aulas anteriores, o discurso do Professor, o OA, entre outros. A seleção de diversas ferramentas sem atribuição do valor apreciativo àquela que sustenta um posicionamento pode gerar conflito de ideias e perder o foco do significado do conceito que se pretendia compreender. A apreciação indica que alguma significação objetiva estar presente "no horizonte dos interlocutores - tanto no horizonte imediato como no horizonte mais amplo de um dado grupo social" (BAKHTIN 2006, 138).

Para ampliar as ideias inseridas no OA para átomos multieletrônicos, realizamos o seguinte questionamento: *A configuração eletrônica do H: $1s^1$ é uma configuração exata. "A configuração eletrônica para outros átomos, por exemplo He: $1s^2$, O: $1s^2 2s^2 2p^4$ são aproximações eletrônicas. Você sabe a razão pela qual esse caso ocorre?"*. Obtivemos as seguintes respostas para o questionamento feito:

Dupla A: *Por conta da repulsão elétron-elétron, e o efeito de blindagem que fazem com que tenha que se fazer aproximações na equação Schroedinger.*

Dupla B: *Pela repulsão eletron-eletron, efeito de blindagem e a equação de Schroedinger so trabalha com aproximações para elementos diferentes do hidrogênio.*

As duplas significaram os conceitos de forma semelhante, reconhecendo a repulsão elétron-elétron e as aproximações da equação de Schrödinger. Esses conceitos já haviam sido bastante debatidos, como pode ser visualizado nas análises anteriores, por meio do exemplo com o átomo de Lítio. Dessa maneira, confirmamos que as ideias foram internalizadas e os conceitos dominados, pois não houve dificuldades em expressá-los por meio da escrita, mesmo tratando-se de

outro átomo como o Oxigênio. Portanto, percebemos e reafirmamos que a produção de significados dos conceitos é um processo gradativo, e quanto maiores forem as externalizações das ideias, principalmente por meio da comunicação (oral ou escrita) e a interação, mais ampla a compreensão ativa se torna.

A última questão com abordagens ao eixo temático em estudo teve o propósito de verificar e até mesmo confirmar se os alunos compreendiam os verdadeiros objetivos dos livros de Química na utilização das imagens dos orbitais. Além de verificarmos se os alunos atribuíam sentido das equações das funções de onda às imagens dos livros e do OA. Sendo assim, solicitamos que explicassem por que as imagens dos orbitais geradas pelo OA eram diferentes daquelas apresentadas na maior dos livros didáticos e qual era importância dessas diferenças para o aprendizado. Abaixo segue a resposta apenas da dupla A, pois a dupla B entregou o exercício com essa questão em branco.

***Dupla A:** As imagens em forma de nuvens eletrônicas seria impossível representar uma ligação química. Nos livros didáticos o importante é saber apenas onde é a maior probabilidade de encontrar os elétrons, ou seja, nas pontas, e as formas dos orbitais. Por esse motivos sempre voltamos a representar o átomo pelo modelo de Borh.*

A ausência da resposta da dupla B nos confirma que os alunos que formavam a dupla não possuíam clareza quanto às imagens dos orbitais, pois a resposta de uma questão anterior, apresentada no início deste subtópico, indicou que a dupla não compreendia o erro da figura do orbital 2p. Reforçamos que, no decorrer do processo, tais ideias ainda estavam em construção e ainda eram dúvidas para esses alunos, pois, em outra questão, afirmaram que o orbital seria uma área delimitada e uma nuvem ao mesmo tempo.

O texto da dupla A, embora esteja desorganizado e sintético, consegue expressar com certa clareza os objetivos de cada representação, pois sugere que, através das imagens dos orbitais em forma de nuvens eletrônicas, talvez aquelas exibidas no OA, dificulta-se a representação das ligações químicas. Supomos que a afirmação reconheça o caráter matemático implícito nessas imagens, pois expressa sua complexidade em representar as ligações químicas e, mesmo assim, não foi considerada desprezível. Levantamos tal hipótese porque, em respostas anteriores, nas quais os alunos mencionavam a palavra nuvem, sempre versavam sobre as probabilidades que são típicas do modelo atômico quântico.

Com relação às imagens dos orbitais exigidas nos livros didáticos, os alunos presumivelmente reconhecem que as densidades concentradas nas pontas, para os orbitais p, por exemplo, são apenas para facilitar o entendimento de que ali há uma maior probabilidade de se encontrar os elétrons. Já a afirmação de que sempre voltamos a representar o átomo pelo modelo de Bohr, poderia estar relacionada às ligações químicas, uma vez que esse exemplo foi utilizado pelos alunos, referindo-se possivelmente a questões, como: força de ligação; energia de ionização; elétrons da camada de valência; ligações iônicas; entre outras que tornam a compressão mais simplificada pelo modelo de Bohr.

A partir do exposto, acreditamos que a exposição das ideias por meio da escrita torna-se mais complexa que pelo meio oral, pois a escrita exige uma estrutura lógica formal e a oralidade não. A cultura de alguns cursos de Química, principalmente o da instituição em que a pesquisa foi realizada, pouco incentivam a leitura e escrita dos alunos, centrando-se principalmente na exposição dos conteúdos frente ao currículo institucional a ser cumprido em um determinado tempo. Por esse motivo, é que podemos identificar as dificuldades das duplas em suas escritas e supor que o texto esteja indo em direção a um ponto específico, tendo em vista que a análise de todo o processo, a convivência e a comunicação com os alunos nos permite tal atitude.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se propôs a investigar como ocorre a produção de significados dos estudantes de Química durante a sequência didática proposta visando verificar o nível de domínio e à apropriação dos conceitos derivados do modelo atômico atual. Os conceitos foram abordados por meio de listas de exercícios, episódios de enunciados e conversas no WhatsApp.

Assim, partindo do pressuposto, motivação inicial desta pesquisa, que a mecânica quântica na formação dos profissionais de Química é de suma importância, entendemos que pesquisas que se dedicam a analisar como ocorre a produção de significados dos alunos sobre os conceitos concernentes à referida teoria pode proporcionar novos olhares em direção a perspectivas diferentes das tradicionalmente utilizadas nos cursos Introdutórios de Química, em que o tema é superficialmente trabalhado. Dessa maneira, interpretamos que tratar dessas questões de modo restrito pode induzir a uma formação deficiente, na qual o aluno aprende a assimilar e reproduzir os conceitos sem compreender os reais objetivos pretendidos pela Ciência Química no uso estabelecido de cada um deles.

Dentro desse contexto, vale ressaltar que as questões norteadoras da pesquisa não podem ser respondidas diretamente pelas análises dos conceitos em foco, visto que eles devem ser abordados de forma interligada e não isolada. Então, podemos assegurar que o processo de ensino e aprendizagem está em constante construção, bem como os processos de domínio e apropriação de conceitos que perpassam a trajetória acadêmica, sendo ressignificados nesse percurso. Diante do exposto, as duas questões de pesquisa consistiram em: como os estudantes produzem significados sobre os conceitos do modelo atômico quântico, em especial os números quânticos, as formas dos orbitais e as transições eletrônicas, no processo de ensino e aprendizagem mediados por ferramentas socioculturais? De que maneira os acadêmicos articulam os diferentes objetivos pretendidos pela Química, ora utilizando-se da mecânica clássica e ora dos conceitos da mecânica quântica para explicar fenômenos submicroscópicos? Essas questões foram respondidas ao longo do processo analisado.

Os principais argumentos que proporcionaram as respostas das questões acima e como os objetivos foram alcançados, necessitaram da elaboração de uma sequência didática que contemplasse os conceitos anteriores para que o processo

pudesse ser visualizado por inteiro e fosse possível entender como os estudantes organizavam os conceitos em foco. O seu planejamento frente à entrevista com o professor responsável da disciplina nos permitiu organizar as aulas sem proporcionar grandes alterações no contexto histórico e cultural da instituição, que possui um currículo a ser seguido.

Ao proceder com a associação da sequência didática e do contexto institucional, enfrentamos alguns problemas referentes a um planejamento que buscava priorizar os momentos interativos e dialógicos durante o processo de ensino. Como deveríamos respeitar os conteúdos e o tempo da disciplina proposto pela coordenação do curso, contemplando todos os pré-requisitos exigidos para as outras disciplinas, não foi possível ampliar os momentos investigativos que proporcionaram um ambiente comunicativo durante as aulas. O apreço e o incentivo na continuidade desse tipo de atividade nos permitiriam uma riqueza de detalhes para identificar a maneira como os alunos produziam os significados dos conceitos com mais clareza.

Outros elementos que limitaram o seguimento desse tipo de atividade e emergiram do contexto histórico e cultural da instituição estiveram ligados à preocupação do Professor-pesquisador em contemplar os conteúdos objetivados para aquele dia de aula, encurtando os instantes dialógicos, e à escassa participação dos alunos, por já estarem habituados como espectadores de conteúdos. Porém, foi possível somar outros elementos (o uso dos OA, as listas de exercício e o ambiente virtual da rede social WhatsApp) com os momentos interativos da aula, que assim nos permitiram analisar como os conceitos estavam sendo organizados e significados pelos alunos.

Nas primeiras aulas selecionadas para a pesquisa – correspondentes ao estudo da estrutura do átomo – e que retratavam com afinco os conceitos de interesse, asseguramos que participação dos alunos no discurso aberto a toda a turma foi relevante, considerando o histórico de turmas anteriores relatadas pelo professor responsável. Firmamos, ainda, que as atividades que proporcionaram maiores participações foram aquelas em que houve uso dos OA sem a necessidade de resolverem exercícios, e quando possuíam feedbacks mais expressivos relacionados, principalmente, aos exercícios. As interações aluno-aluno sempre eram mais expressivas durante as aulas com resolução de exercícios, pois geralmente eles necessitavam dialogar entre si na busca de soluções para os

questionamentos. Sendo assim, observamos que os meios mediacionais (ferramentas socioculturais que incluem os exercícios) e os feedbacks, favorecem momentos reflexivos e participativos dos alunos, por meio dos quais os conceitos são melhores significados.

Dessa maneira, para analisarmos como ocorria a produção de significados e o grau de domínio e apropriação dos conceitos, consideramos as externalizações das palavras na oralidade e na escrita, assim como o valor apreciativo que era conferido ao uso das ferramentas socioculturais, tais como: ideias do cotidiano, os OA, o discurso do Professor, abordagens de aulas anteriores com o uso dos OA, o discurso de autoridade dos alunos, dentre outros. Observamos que o nível de domínio dos conceitos, individualmente, ocorreu na seguinte ordem crescente para os alunos: $B2 < A2 < B1 < A1$. Com relação às duplas, a dupla A teve mais expressividade no domínio dos conceitos que a dupla B. Identificamos que apenas o aluno A1, durante a sequência de aulas, apresentou um direcionamento para a apropriação dos conceitos. Nessa perspectiva, vale destacar, de forma sintética, como cada aluno produziu os significados dos conceitos:

Aluno B2: nas poucas manifestações, por meio do discurso, expôs suas ideias de maneira confusa. Observamos que durante as discussões sobre quantização de energia e dualidade onda-partícula, o aluno se apoiou no discurso de autoridade do aluno A1, passando a concordar com aquele posicionamento. Devido à sua timidez e à ausência de externalizações do pensamento, dificultou analisamos como os conceitos eram significados. Isso só foi possível a partir das respostas dos exercícios, pois geralmente o conteúdo era discutido com o aluno B1 e, por meio das gravações, observamos que as ideias expressadas pela escrita tinham fortes influências do seu debate. Em momentos que procurava expor seu pensamento a toda a turma, fazia isso por meio da espontaneidade do aluno B1 que prontamente enunciava as ideias discutidas ou alguma dúvida.

Aluno A2: o discurso oral desse aluno indicou que o domínio dos conteúdos era realizado por meio das associações com aulas anteriores que possuíam abordagens por meio dos OA. O valor apreciativo conferido às ideias expostas nos vídeos eram bem características na exposição de seu pensamento. O domínio dos conceitos referente ao modelo atômico quântico foi organizado a partir das aulas e feedbacks dos fundamentos matemáticos das funções de onda; e na negociação de significados com o aluno A1, identificadas a partir das gravações e do

discurso escrito dos exercícios da dupla. Nas discussões ocorridas na dupla, provavelmente o domínio de alguns temas e a autoridade do aluno A1 influenciaram as suas ideias.

Aluno B1: a principal maneira de produção de significados dos conceitos desse aluno ocorreu por meio das ideias inseridas nos OA, em especial as simulações dos modelos atômicos. Na maioria das aulas, apresentou uma expressividade em relação ao domínio dos conteúdos, trazendo para as discussões temas que haviam sido pouco debatidos, como números quânticos e formas dos orbitais. No entanto, o intenso valor apreciativo conferido ao modelo de Bohr por meio do OA não permitiu uma melhor organização das ideias, principalmente em relação ao formato dos orbitais. Observamos que o uso de analogias para esse aluno facilitou sua compreensão sobre o movimento dos elétrons e que este gerava o orbital, mesmo assim tais ideias não o auxiliava em outras questões. Isso ocorria devido à seleção de várias ferramentas socioculturais na defesa incessante de seu posicionamento, que gerou uma situação de disputa com o aluno A1 pela autoridade do tema em discussão e por algumas divergências de ideias.

Aluno A1: esse aluno produziu os significados dos conceitos por meio de associações com aulas anteriores e buscou sua fonte de autoridade no domínio dos conceitos por meio do gênero discursivo da ciência. Diante disso, conseguiu persuadir aos alunos B2 e A2 a concordarem com seu posicionamento e travou várias discussões com o aluno B1, que não aceitava seus argumentos. Após identificar a fonte de autoridade do aluno B1, ele a utilizou para demonstrar que seu pensamento estava correto, sendo que o aluno B1 só foi convencido após a intervenção do professor-pesquisador. Os conceitos foco, referentes ao modelo quântico, foram organizados durante o processo de ensino de maneira construtiva, um pouco desorganizados, mas em direção ao contexto científico. O aluno não conferiu apreço intensivo a nenhuma ferramenta sociocultural e sempre selecionava em seu kit aquela mais adequada para significar os conceitos.

Diante do exposto, percebemos que os conceitos de quantização de energia e dualidade onda-partícula foram de fundamental importância no direcionamento das ideias dos alunos rumo à produção de significados dos conceitos de números quânticos, formas dos orbitais e transições eletrônicas, pois a compreensão desses orientou a distinção dos modelos de Bohr, De Broglie e Schrödinger. Além disso, os alunos produziram os significados dos conceitos

recorrendo às ideias das aulas anteriores, principalmente por meio do discurso do Professor ou dos princípios teóricos inseridos nos OA. Porém, a significação não foi realizada de maneira direta e imediata, ocorreu por associações e de forma gradativa. Observamos também que o valor apreciativo atribuído a alguns elementos – modelos atômicos, discurso de outrem, concepções espontâneas, OA, entre outros – influenciou a produção de significados de novos conceitos, mesmo que os conceitos anteriores tivessem sido internalizados.

Verificamos, ainda, que os estudantes possuíam dificuldades em aceitar e assimilar os novos conceitos, principalmente aqueles que exigiam níveis de abstração mais complexos. Por consequência, terminavam adotando, por exemplo, o modelo de Bohr e os conceitos próximos da mecânica clássica para explicar alguns fenômenos submicroscópicos. Quando tentavam atribuir significados aos conceitos por meio da mecânica quântica, como as possíveis imagens dos orbitais, recorriam aos modelos visuais apresentados pelo OA com breves associações às aulas sobre os fundamentos matemáticos da equação de Schrödinger. Acreditamos que isso foi realizado devido ao caráter enfático atribuído à importância das equações das funções de onda e às possíveis imagens dos orbitais que poderiam emergir delas.

Consideramos que, com base na negociação de significados e em um ambiente interativo, como o que buscamos proporcionar, chegamos mais próximos de um contexto sociocultural que ofereceu suporte para a reflexão dos alunos em discernirem sobre os objetivos pretendidos pela Química no uso de cada representação. Examinamos que a construção desse olhar reflexivo ainda é desorganizada frente ao gênero discursivo da ciência e confuso diante dos diversos modelos e ferramentas socioculturais selecionados para significar as ideias, porém vão ao encontro do que a ciência pretende explicar.

Apresentados os argumentos que responderam às questões norteadoras deste trabalho, frisamos que o objetivo principal da pesquisa – *de analisar como ocorre a produção de significados dos estudantes de Química durante a sequência didática proposta, visando verificar o nível de domínio e a apropriação dos conceitos derivados do modelo atômico atual, em especial no que tange aos números quânticos, às formas dos orbitais e às transições eletrônicas* – foi alcançado parcialmente, pois apenas os níveis de domínio dos conceitos foram verificados, tendo em vista que não ocorreu apropriação nessa etapa da sequência didática. É

importante frisar que a apropriação não é um caminho tão simples a ser traçado, principalmente quando se trata de conteúdos a nível submicroscópicos com graus de abstração muito altos. Apesar de não ter sido possível analisarmos como ocorreu a apropriação dos conceitos, o caminho foi delineado e poderá ser verificado na perspectiva de novos trabalhos com uma análise profunda dos dados das aulas subsequentes.

Os objetivos específicos foram alcançados, posto que caracterizamos os momentos interativos por meio do mapa de categorias; verificamos o engajamento individual dos alunos diante do ambiente cultural, histórico e institucional na defesa de suas ideias e dificuldades em participarem das aulas dialógicas; analisamos as ferramentas culturais que foram mais utilizadas, destacando as ideias dos vídeos, das aulas anteriores e da exposição visual dos OA; e identificamos que gênero discursivo da ciência era mais apropriado por meio do discurso oral do que pelo escrito.

Justificamos que, com base nos argumentos acima apresentados, sustentamos a nossa tese de que *o uso das ferramentas culturais, como os Objetos de Aprendizagem, é capaz de influenciar a maneira como os estudantes produzem o significado dos conceitos, possivelmente aprimorando seus níveis de domínio e apropriação.*

Perspectivas de novos trabalhos

Devido à sequência didática ter sido aplicada em toda a carga-horária da disciplina, fazendo uso da mesma metodologia e de outros OA, foi possível coletarmos uma diversidade de informações referentes ao uso dos conceitos e das ferramentas socioculturais. Desse modo, temos a perspectiva de analisarmos esses dados com o intuito de verificar como os conceitos anteriores foram internalizados, pois os conceitos das duas etapas seguintes (Propriedades Periódicas e Ligações químicas; Estudo elementar do núcleo e suas propriedades) tiveram por base o estudo da estrutura do átomo.

Haja vista a essa análise, será possível identificar se houve apropriação dos conceitos e se novos conceitos eram significados e dominados. Além disso, observaríamos o grau de apreciação conferido às ferramentas socioculturais na construção das ideias e se o gênero discursivo da ciência Química era mais

atribuído pelo discurso oral e principalmente escrito, em que as ideias anteriores foram expostas de maneira desorganizada. Por meio da entrevista coletiva ao final da sequência didática, será possível identificar como os alunos se observam perante situações de ensino diferentes da habitual no contexto daquela instituição, além de contrastarem as concepções espontâneas com os conceitos internalizados.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO NETO, W. N.; GIORDAN, M.. Formas de uso da noção de representação estrutural no ensino superior de química. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. **Atas do VII ENPEC**. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009. v. 1. p. 1-12.
- ARDAC, D. Solvin Quantum Number Problems: a examination of novice performance in terms of conceptual base requirements. **Journal of Chemical Education**, v.79, p.510–513, 2002.
- ATKINS, P. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Tradução técnica: Ricardo de Alencastro, 5.ed., Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BACHERLARD, G. **Le intuitions atomistiques (essai de classification)**. Paris: J. Verin, 1975.
- BAKHITIN, M.M. **The dialogic imagination: Four essays** by M.M. Bakhtin, ed. Michael Holquist, trans. Caryl Emerson and Michael Holquist. Austin: University of Texas Press, 1981.
- _____. (Volochinov). **Estética da criação verbal**. São Paulo, Martins Fontes, 2003, 478 p.
- _____. **Problems of Dostoevsky's poetics**, ed. and trans. Caryl Emerson. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1984..
- _____. **Speech genres and other late essays**, ed. Caryl Emerson and Michael Holquist, trans. V. W. McGee. Austin: University of Texas Press, 1986.
- _____. **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo, Hucitec, 2006, 200 p.
- BRADY, J. E.; RUSSEL, J. W.; HOLUM, J. R. **Química, a matéria e suas transformações**, v. 1, 3ª Ed., LTC, 2002
- BRAGA, J. P. **Fundamentos de Química Quântica**, Viçosa, Ed. UFV, 2007.
- BURKE, K. **A grammar of motives**. University of California Press, 1969a.
- _____. **A rhetoric of motives**. University of California Press, 1969b.
- _____. **Attitudes toward history**. Berkeley: University of California Press, 1984.
- _____. **Dramatism and development**. Worcester, Mass.: Clark University Press, 1972.
- _____. **Language as symbolic action: Essays on life, literature, and method**. Berkeley: University of California Press, 1966.

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R.; MARTORANO, S. A. A. Uma interpretação da evolução conceitual dos estudantes sobre o conceito de solução e processo de dissolução. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 35 - 52, 2010.

CARVALHO NETO, R. A de; FREIRE JR, O.; SILVA, J. L. P. B. Improving student's meaningful learning on the predictive nature of quantum mechanics. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 65-81, mar. 2009.

CASSIRER, E. **Filosofia de las formas simbólicas: fenomenologia del reconecimiento**. México: Fondo de Cultura Económica, 1998. 558 p.

CIRINO, M.M. **Objetos de aprendizagem como ferramentas socioculturais para o ensino de Química**. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – Unesp Bauru, 2012.

CLARK, K.; HOLQUIST, M. **Mikhail Bakhtin**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1984.

COLE, M.; WERTSCH, J. V. Beyond the individual-social antinomy in discussions of Piaget and Vygotsky. **Human Development**, Berkeley, v. 39, n. 5, p. 250-256, 1996.

DOTTA, S. **Aprendizagem dialógica em serviços de tutoria pela internet: estudo de caso de uma tutoria em formação em uma disciplina a distância**. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação – USP, São Paulo, 2009.

FEYNMAN, R.P.; LEIGHTON, R.B.; SANDS, M. **The Feynman lecture on Physics**. New York: Addison-Wesley, v.3, 1963.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**. Ijuí: Unijuí, 2008.

GIORDAN, M.; GÓIS, J. Constructor of molecular objects: an interface for creation and visualization in computing environments. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 1-4, 2005.

GRECA, I M.; SANTOS; F, M.T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da física e da química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n.1, p. 31-46, 2005.

HARRISON, A. G; TREAGUST, D. F. Secondary students mental models of atoms and molecules: Implications for teaching science. **Science Education**, v.80, p.509–534, 1996.

_____. Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: a case study of multiple-model use in grade 11 Chemistry. **Science Education**, v.84, p. 352-381, 1999.

HOFFMANN, R. **O Mesmo e o Não-Mesmo**. São Paulo: UNESP, 2007.

HOLQUIST, M.; EMERSON, C. Glossary for **The dialogic imagination: Four essays by M. M. Bakhtin**, ed. Michael Holquist. Trans. Michael Holquist and Caryl Emerson. Austin: University of Texas Press, 1981.

LEMES, A. F. G. **Aspectos filosóficos e educacionais da química**: investigando as concepções de doutorandos em química. 2013. 179 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2013.

LEVINE, I. N. **Quantum Chemistry**, 4^a. Edição. 2008

LURIA, A.R. **Language and cognition**. Ed. J.V. Wertsch. New York: Wiley Intersciences, 1981.

MACHADO, A. H.; MORTIMER, E. F. Química para o ensino médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In: MALDANER O. A.; ZANON, L. B. **Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil**. p.224. Unijuí, 2007.

MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. **Química: um curso universitário**. 4 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda, 1995.

MARCUSCHI, L. A. **Análise da conversação**. São Paulo: Ática, 1986. (Série Princípios).

MARTINS, G. D. F.; VIEIRA, M. L. Desenvolvimento humano e cultura: integração entre filogênese, ontogênese e contexto sociocultural. **Estudos de Psicologia**, v.15. n.1, p.63-70, 2010.

MARTINS, O. B. ; MOSER, A. . Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch. **Intersaberes (Facinter)**, v. 7, p. 8-28, 2012.

MARTINS, R. A.; ROSA, P. S. **História da teoria quântica: a dualidade onda-partícula, de Einstein a De Broglie**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

MEHAN, H. **Learning lessons**. Cambridge: Harvard University Press, 1979.

MERCER, N. **Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del Copyright, bafo las sanciones establecidas em las leyes la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidas la repografia y el tratamiento informático, y la distribuicion de exemplares de ella mediante alquileres o préstamo públicos**. Tradução de Inês Gispert. 1 ed. Barcelona, ESP: Ediciones Paidós Ibérica; Editorial Paidós, 1997.xxx p. Título original: The guided construction of Knowledge. Talk amongst teachers and learners.

MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F. MASSICAME, T.; BUTY, C.; TIBERGHIE, A. Uma metodologia de análise e comparação entre as dinâmicas discursivas de salas de aulas de ciências utilizando software e sistema de categorização de dados em vídeo: Parte 1, dados quantitativos. **Anais do V ENPEC**, 2005a.

_____. A. Uma metodologia de análise e comparação entre as dinâmicas discursivas de salas de aulas de ciências utilizando software e sistema de categorização de dados em vídeo: Parte 2, dados qualitativos. **Anais do V ENPEC**, 2005b.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

_____. **Making meaning in secondary Science classrooms**. Open Univ. Press. Maidenhead, UK, 2003.

MÜLLER, R. & WIESNER, H. Teaching quantum mechanics on an introductory level. **American Journal of Physics**, v.70(3), p.200-209, 2002.

NAKIBOGLU, C. . Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. **Chemistry Education Research and Practice**, v.4, p.171– 188, 2003.

NAIAZ, M.; FERNÁNDEZ, R. Understanding quantum numbers in general chemistry textbooks. **International Journal of Science Education**, v. 30(7), p. 869-901, 2008.

OGILVIE, J. F. The nature of the chemical bond: There are no such things as orbitals! **Journal of Chemical Education**, v. 67, p. 280–289, 1990.

OLIVEIRA, M, K. In: LA TAILLE, Y.; OLIVEIRA, M.K.; HELOISA DANTAS. **Piaget, Vygostky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo: Summus, 1992.

PANTOJA, G. C. F.; MOREIRA, M. A.; HERSCOVITZ, V. E. Uma revisão da literatura sobre a pesquisa em ensino de Mecânica Quântica no período de 1999 a 2009. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 4, p. 1-34, 2011.

PEIXOTO, E. M. A. **Teoria Quântica**, São Paulo, 1988.

PEREIRA, A. P DE; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural a mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência e Educação**, v. 18, n. 1, p. 23-29, 2012.

PEREIRA, A. P. DE; LIMA JUNIOR, P. Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, p. 518, 2014.

PEREIRA, A. P.; CAVALCANTI, C. J. de H.; OSTERMANN, F.. Concepções relativas à dualidade onda- Partícula: uma investigação na formação de Professores de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v.8 n.1, p.72-92, 2009.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A psicologia da criança**. 1989.

POSSO, A. das. **A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem: utilizando a teoria da ação mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais**. Dissertação (Mestrado em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

ROSA, P.S. **Louis de Broglie e as ondas da matéria**. Dissertação (Mestrado em Física), Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física "Gleb Wataghin". Campinas, São Paulo, 2004.

ROZENTALSKI, E.F. **O estatuto ontológico e epistemológico do conceito de orbital em livros didáticos de Química Geral no século XX: uma análise de seus fundamentos, suas representações e implicações para a aprendizagem**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo, 2013.

RUSSEL, JOHN B. **Química Geral**. Ed. Makron Books, São Paulo. Ed. 2ª, v. 1, 1994.

SANTOS, F. M. T; GRECA, I. M. Promovendo a aprendizagem de conceitos científicos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n.1, 2005.

SCERRI, E.R. How good is the quantum mechanical explanation of the periodic system? **Journal of Chemical Education**, v.75, p.1384-1385, 1998.

SCERRI, E.R. In defence of quantum numbers. **Journal of Chemical Education**, v.76, p.608, 1999.

SCERRI, E.R. Philosophy of chemistry - A new interdisciplinary field? **Journal of Chemical Education**, v.77, p.522-525, 2000.

_____. The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v.2, p.165-170, 2001.

SHILAND, T. W. What's the use of all this theory? The role of quantum mechanics in high school chemistry textbooks. **Journal of Chemical Education**, v. 72, p. 215–219, 1995.

SILVA, A.C.T. **Estratégias enunciativas em sala de aula: contrastando professores d estilos diferentes**. Tese (Doutorado em Educação. Área de

Concentração: Educação e Ciência), Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Educação. Minas Gerais, 2008.

SPENCER, J,N; BODNER, G. M.; RICKARD, L. H. **Química - Estrutura e Dinâmica**. v. 1, São Paulo: LTC, 2007.

STEFANI, C.;TSARPALIS, G. Student's levels of explanations, models and misconceptions in Basic Quantum Chemistry: a phenomenographic study. **Journal of Research in Science Teaching**, v.46(5), p.520-536,2009.

TABER, K. S. Learning quanta: Barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. **Science Education**, v.89, p.94–116, 2004.

_____. When the analogy breaks down: Modelling the atom on the solar system, **Physics Education**, v. 36(3), p. 222 – 226, 2001.

_____. Compounding quanta - Probing the frontiers of student understanding of molecular orbitals. **Chemistry Education Research and Practice**, v.3, 159–173, 2002 b.

_____. Conceptualizing quanta - Illuminating the groundstate of student understanding of atomic orbitals. **Chemistry Education Research and Practice**, v.3, p.145–158, 2002a.

TAPSCOTT, D. **A hora da geração digital**. Rio de Janeiro: Agir Negócios, 2010.

TRIVELATO, G. C. **Conservação e modelo corpuscular: um estudo transversal das explicações dos estudantes para transformações da matéria**. Dissertação (Mestrado em Educação. Faculdade de Educação da USP, São Paulo, 1989.

TSAPARLIS, G. Atomic orbitals, molecular orbitals and related concepts: Conceptual difficulties among chemistry students. **Research in Science Education**, v. 27, p.271–287, 1997.

TSAPARLIS, G. Orbitales atomiques et conceptions pertinents: Idées fausses des étudiants de chimie. **Le Bulletin de CIFEC**, Actes 1st ECRICE, Numero: Hors Série, v.2 , p. 212-216, 1993.

TSAPARLIS, G.; PAPAPHOTIS, G. Quantum-chemical concepts: Are they suitable for secondary students? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v.3 (2), p.129 – 144, 2002.

TSARPALIS, G.; PAPAPHOTIS, G. High-school students' conceptual difficulties and attempts at a conceptual change. **International Journal of Science Education**, v.31(7), p.895-930, 2009.

TULVISTE, PEETER. Ob istoricheskoi geterogennosti verbal'nogo myshleniya [The historical heterogeneity of verbal thinking]. In **Myshlenie, obshchenie, praktika: Sbornik nauchnykh trudov**[Thinking, society, practice: A collection of scientific

works], ed. Ya. A. Ponomarev, 19-29. Yaroslavl': Yaroslavskii Gosudarstvennyi Pedagogicheskii Institut im. K. D. Ushinskogo, 1986.

VERSIANI, J.O. **Investigando a disciplina de Química Quântica na Universidade de Brasília**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química), Universidade de Brasília, Instituto de Química. Brasília, Distrito Federal, 2014.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIGOTSKI, L. S. The genesis of higher mental functions. *In*: WERTSCH, J.V. (org.). **The concept of activity in soviet psychology**. Armonk, N.Y.: M.E. Sharpe, 1981.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

WERTSCH, J. V. Commentary on I. Arieviditch and R. van der Veer "Furthering the internalization debate: Gal'perin's contribution". **Human Development**, Berkley, v. 38, n. 2, p. 127-130, 1995.

WERTSCH, J. V. A sociocultural approach to socially shared cognition. *In*: RESNICK, L. B.; LEVINE, J. M.; TEASLEY, S. D. (Org.). **Perspectives on socially shared cognition**. Washington: American Psychological Association, p. 85-100, 1991a.

WERTSCH, J. V. Commentary on J. A. Lawrence and J. Valsiner "Conceptual roots of internalization: from transmission to transformation". **Human Development**, Berkley, v. 36, n. 3, p. 168-171, 1993.

_____. From social interaction to higher psychological processes: a clarification and application of Vygotsky's theory. **Human Development**, Berkeley, v. 22, n.1, p. 1-22, 1979.

_____. **Mind as action**. New York: Oxford University Press, 1998.

_____. **Voices of collective remembering**. New York: Cambridge University Press, 2002.

_____. **Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated action**. Cambridge: Harvard University Press, 1991b.

_____. **Vygotsky y la formación social de la mente**. Buenos Aires: Paidós, 1985.

WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. **Estudos socioculturais da mente**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

WILEY, D.A. (Ed.). (2002). The Instructional Use of Learning Objects. Bloomington. *In*: **Association for Educational Communications and Technology**. Disponível em: <http://www.reusability.org/read/>. Acesso em: 20 jan. 2014.

WITTGENSTEIN, L. **Philosophical investigations**. Oxford: Blackwell, 1972.

WU, K.; KRAJCIK, J.; SOLOWAY, E. Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research of Science Teaching**, v.38 (7), p. 821-840, 2001.

YAMALIDOU, M. Molecular Representations: building tentative links between the history of science and study of cognition. **Science & Education**, vol. 10, pp. 423-51, 2001.

ZINCHENKO, V. P. Vygotsky' s ideas about units for the analysis of mind. In WERTSCH, J. V (Eds.). **Culture, Communication and Cognition**. New York, USA: Cambridge Uni. Press, 1985, p.94-118.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Questionário aplicado aos alunos da disciplina de Química Geral II da Universidade Federal do Maranhão - UFMA/São Luis - MA

Prezado aluno(a),

Este questionário faz parte de uma pesquisa de doutorado da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho - UNESP/Bauru-SP e está sendo desenvolvida na Universidade Federal do Maranhão -UFMA, Campus São Luis - MA, na disciplina de Química geral II, tendo como objetivo a elaboração e aplicação de uma sequência didática, com uso de Objetos de Aprendizagem que podem ser utilizados como ferramentas para a introdução de forma dinâmica e didática dos conceitos de Química quântica relacionados a estrutura do átomo. Por isso solicitamos que você o responda com seriedade. Não existem respostas corretas, o importante são suas próprias ideias. Por favor, tente expressá-las da forma mais clara possível.

Sua identificação não é necessária, pedimos apenas que indique sua idade.

Antecipadamente agradecemos a sua atenção e participação.

Hawbertt Rocha Costa (hawbert@gmail.com)

Idade: _____

1. O que você entende sobre modelo atômico?
2. Provavelmente você tenha aprendido no ensino médio que os elétrons giram em torno do núcleo, assim como os planetas giram em torno do sol. Você acredita que esse modelo consegue explicar perfeitamente a estrutura do átomo? Justifique.
3. Os elétrons apresentam alguma diferença (forma, tamanho, comportamento...) quando estão em átomos diferentes ou são todos iguais? Comente.
4. O elétron se comporta como onda ou como partícula ou apresenta um caráter dual (onda e partícula simultaneamente)?
5. Podemos determinar a posição e o momento (massa x velocidade) de um elétron? Explique.
6. O que é um átomo excitado e porque ele emite energia em forma de luz?
7. Qual a importância das configurações eletrônicas do átomo na Química?
8. A mecânica quântica trouxe alguma contribuição para o estudo do átomo? Caso positivo, cite algumas contribuições e caso negativo, justifique.
9. O que é um orbital atômico para você?
10. Os números quânticos n (principal), l (secundário) e m_l (magnético) nos dão alguma informação a respeito da estrutura atômica? Caso sua resposta seja positiva relate as informações que tais números quânticos apresentam.

APÊNDICE B

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA****Prof.:** Hawbertt Rocha Costa**Disciplina:** Química Geral II**Alunos:****1º Lista de Exercício**

01) Os vídeos exibidos em aula mostraram a construção histórica dos conceitos relativos a luz, que foram fundamentais para o estudo da matéria, assim como apontado nas conclusões de Isaac Newton que concebeu o modelo de partículas para a luz, no século XVIII:

Parece-me provável que Deus, no início, formou a matéria em partículas sólidas, maciças, duras, impenetráveis e móveis, de tamanhos e formatos tais, e com tais outras propriedades, e em tal proporção, de modo a melhor conduzi-las à finalidade para a qual Ele as formou; e que essas partículas primitivas, sendo sólidas, são incomparavelmente mais duras do que quaisquer corpos porosos compostos por elas. São tão duras que nunca se desgastariam ou se quebrariam. Nenhum poder comum seria capaz de dividir o que o próprio Deus fez. Um, na primeira criação (Isaac Newton).

Apesar deste modelo ter sido aceito por vários anos, ele foi refutado em detrimento de outro modelo. Deste modo, explique porque o modelo de partículas não foi mais aceito e onde ele mais influenciou nas teorias Químicas.

02) A luz possui propriedades elétricas, magnéticas ou ambas (eletromagnética)? Justifique.

03) Os elétrons possuem as mesmas propriedades da luz? Explique.

04) Os vídeos informam que os elétrons possuem um comportamento de onda e de partícula (dualidade onda e partícula). Explique como isso é possível e quais foram as contribuições de Max Planck, Einstein e De Broglie.

05) Da reação de 14,90 g de KCl com 33,1 g de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, resultaram 27,8 g de PbCl_2 e xg de KNO_3 . Calcule x.

APÊNDICE C



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Prof.: Hawbertt Rocha Costa

Disciplina: Química Geral II

Alunos:

2º Lista de Exercício

01) Uma emissora de rádio FM transmite em 101,9 MHz. Qual o comprimento de onda destas ondas de rádio em metros? Porque cada emissora FM (Frequência Modulada) possui uma frequência específica e qual a diferença de transmissão FM e AM (Amplitude Modulada)?

02) A radiação ultravioleta (UV) do sol pode causar queimaduras, supondo-se também que seja uma das causas de certos cânceres de pele. O comprimento de onda típico associado a um fóton de UV é 150 nm. Como você calcularia a energia de um fóton desta radiação? Quantas vezes esta energia é maior que a de um fóton emitido por uma rede de alta tensão por onde passa corrente alternada de 60 Hz?

03) Por que, em termos gerais, dizemos que luz é uma forma de *radiação eletromagnética*?

04) Sabendo que os valores de energia para a função trabalho das espécies metálicas A e B são, respectivamente: 4,5 e 2,3 eV, justifique qual destes elementos pode ser empregado para confeccionar uma lâmpada que emite luz na região do visível e qual a possível cor característica que será emitida.

05) Explique, para um átomo de hidrogênio, como calcular a frequência do fóton, quando o elétron, segundo o modelo de Bohr, cai do nível $n = 6$ para o nível $n = 2$. Descreva como calcularia o comprimento de onda desta radiação. Se ela for visível, como determinar sua cor?

06) Uma questão que não quer "calar", afinal de contas, quando podemos dizer que os elétrons se comportam como onda ou como partícula? O modelo de Bohr previa essa dualidade? Justifique.

Dados e formulário

$$m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$c = 3,0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$$h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$${}^1\text{H}; {}^2\text{He}; {}^3\text{Li}; {}^4\text{Be}; {}^8\text{O}; {}^{16}\text{S}$$

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$E = h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

APÊNDICE D

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**Prof.:** Hawbertt Rocha Costa**Disciplina:** Química Geral II**Alunos:****3 ° Lista de Exercício**

Observação: Para responder as questões deste exercício, utilize o Objeto de Aprendizagem.

01) No Objeto de Aprendizagem existe um botão, no canto superior esquerdo, que aponta para "Experimento" e "Predição", explique, porque não conseguimos observar muitos acontecimentos no campo "Experimento".

02) Qual a diferença da luz branca para a luz monogramática?

03) Porque nesse experimento o átomo de hidrogênio é bombardeado por fótons de luz? Explique.

04) Aponte as vantagens de cada modelo e suas desvantagens em relação ao modelo posterior.

05) Qual modelo atômico começa a introduzir as ideias de quantização de energia? O que seria quantização de energia?

06) O modelo de Bohr e de De Broglie se diferem em poucas características. Quais são estas características e o avanço que De Broglie deu ao modelo atômico?

07) Calcule os comprimentos de onda, segundo o modelo de Bohr, para os seguintes níveis de energia: $n_2 - n_1$; $n_3 - n_1$; $n_4 - n_1$; $n_5 - n_1$; $n_6 - n_1$; $n_3 - n_2$; $n_4 - n_2$; $n_5 - n_2$; $n_6 - n_2$; $n_4 - n_3$; $n_5 - n_3$; $n_6 - n_3$; $n_5 - n_4$; $n_6 - n_4$; $n_6 - n_5$. Em seguida, aplique esses comprimentos de onda no Objeto de Aprendizagem e observe o gráfico dos níveis de energia e os fótons que são emitidos.

08) Com base na questão anterior e utilizando o Objeto de Aprendizagem, verifique o espectrômetro e explique as raias de cores que surgiram.

09) Explique, segundo sua concepção, porque o modelo de Bohr e De Broglie é tão diferente do modelo de Schrodinger.

10) Deixe seu depoimento sobre o uso do Objeto de Aprendizagem para o estudo dos modelos atômicos.

APÊNDICE E



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Prof.: Hawbertt Rocha Costa

Disciplina: Química Geral II

Alunos:

4 ° Lista de Exercício

Observação: Para responder as questões deste exercício, utilize o Objeto de Aprendizagem.

01) É possível que o elétron do átomo de hidrogênio em seu estado fundamental seja encontrado fora do espaço que é definido como orbital 1s? Explique.

02) Observando as Figuras 1 e 2, que mostram as nuvens de elétrons (densidade eletrônicas) dos orbitais 1s e 2p, respectivamente, percebe-se que na figura 1 existem pontos dispersos longe do núcleo, já na figura 2 esses pontos não existem. Você acredita que existe um erro em uma ou em ambas as figuras?

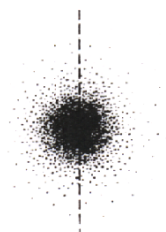


Fig. 1

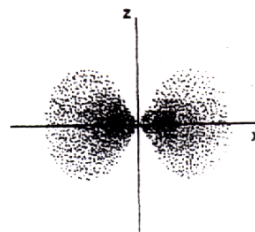


Fig. 2

03) Sabe-se que os orbitais atômicos s são representados por esferas no interior do qual a probabilidade de encontrar o elétron é de 95%. Como é que os outros 5% são representado na forma do orbital (esquema)?

04) Se existisse uma câmera fotográfica superpotente, capaz de enxergar o elétron, como você poderia construir a imagem da nuvem de elétrons, ou seja, da densidade eletrônica? (Dica 1: A imagem da nuvem ainda é estável; Dica 2: A câmera pode tirar mais de uma foto; Dica 3: As fotos podem ser tanto nítidas (estampadas) como transparentes).

05) Existe alguma relação de orbital para orbital? Justifique.

06) A configuração eletrônica do H: $1s^1$ é uma configuração exata. A configuração eletrônica para outros átomos, por exemplo He: $1s^2$, O: $1s^1 2s^2 2p^4$ são aproximações eletrônicas. Você sabe a razão pela qual este caso ocorre?

07) Explique porque as imagens dos orbitais geradas pelo Objeto de Aprendizagem são diferentes das imagens que a maioria dos livros didáticos apresentam. Qual a importância dessas diferenças para nosso aprendizado?

08) Escreva as distribuições eletrônicas corretas para (a) o Cr e (b) o Cu (Cr =24, Cu=29).

APÊNDICE F

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Prof.: Hawbertt Rocha Costa

Disciplina: Química Geral II

Alunos:

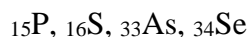
Exercício

1) Para um elemento químico localizado no 4º. Período e Família 15 da tabela periódica, indique:

a) A sua configuração eletrônica

b) Os valores para os quatro números quânticos de um dos elétrons de valência

2) Ordene os seguintes elementos em ordem crescente de tamanho e indique qual deve apresentar menor energia de ionização.



3) A afinidade eletrônica do ${}_{3}\text{Li}$ tem valor negativo, indicando liberação de energia, ao passo que para o ${}_{4}\text{Be}$ é positiva. Faça a configuração eletrônica para esses elementos e justifique essa observação.

4) Faça o ciclo de Born-Haber para a formação do fluoreto de cálcio. Liste todos os passos individuais.

5) Defina eletronegatividade e comente as escalas de Pauling, Mulliken e Allred-Rochow.

6) Faça distinção entre a eletronegatividade e a afinidade eletrônica.

Considere os elementos: ${}_{6}\text{A}^{12}$; ${}_{8}\text{X}^{16}$ e ${}_{1}\text{Z}^1$ e responda as questões de 7 a 10.

- 7) Coloque-os em ordem crescente de eletronegatividade: ____ < ____ < ____
- 8) Proponha a estrutura de Lewis para os compostos formados entre:
- a) A e X
 - b) A e Z
 - c) X e Z
- 9) Com relação aos compostos que você propôs no item anterior, indique com justificativas:
- a) A geometria deles.
 - b) O mais polar
 - c) A natureza das forças intermoleculares em cada um deles?
- 10) De acordo com a teoria do orbital molecular, as moléculas: X_2 e Z_2 são diamagnéticas ou paramagnéticas? Justifique.
- 11) Proponha os diagrama de OM's para as espécies:
- a. NO
 - b. CO
 - c. HCl

Para cada caso, indique a ordem de ligação, os tipos de ligações envolvidas e as propriedades magnéticas das substâncias.

- 12) Defina, exemplifique e diferencie ligação σ e π .
- 13) Identifique, pelo método VSEPR, a geometria dos pares eletrônicos e dos seguintes compostos:
- a. H_2O ,
 - b. I_3^-
 - c. CO_3^{2-}
 - d. SF_6

APÊNDICE G

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA****Prof.:** Hawbertt Rocha Costa**Disciplina:** Química Geral II**Alunos:****Exercício referente a 3ª nota**

- 1) Explique a diferença entre isótopo e radioisótopo.
- 02) Considere o cobalto-60.
 - a. Descreva as principais aplicações deste radioisótopo.
 - b. Se $t_{1/2} = 5$ anos, calcule a massa inicial (mg) colocada em uma ampola lacrada há 20 anos, sabendo que depois de aberta revelou um conteúdo de 750 mg deste radionuclídeo.
- 03) Aconteceu em Goiânia, em 1987, um grave acidente nuclear.
 - a) Pesquise os fatos e escreva as equações envolvidas no processo.
 - b) O Cs-137 difere em que do Cs-133? Eles apresentam as mesmas propriedades químicas?
- 04) A desintegração de um radioisótopo do Ra-226 produz um isótopo do elemento Radônio e uma partícula alfa. Escreva a equação nuclear balanceada para esta transformação.
- 05) Escreva a equação para o decaimento radioativo do F-17 por emissão de pósitron.
- 06) Identifique o isótopo mais estável de cada par.
 - a. ${}^{14}_6\text{C}$; ${}^{13}_6\text{C}$
 - b. ${}^1_1\text{H}$; ${}^3_1\text{H}$
 - c. ${}^{16}_8\text{O}$; ${}^{18}_8\text{O}$
 - d. ${}^{14}_7\text{N}$; ${}^{15}_7\text{N}$
- 07) 20 mg de I-131 são administrado a um paciente. Quanto deste isótopo permanecerá no corpo depois de 40 dias, considerando que o $t_{1/2}$ para este radioisótopo é de 8 dias?
- 08) Descreva o processo de fissão nuclear e defina uma reação nuclear em cadeia.
- 09) Como funciona uma usina nuclear?
- 10) Reações de fusão produzem uma enorme quantidade de energia. Por que a fusão não é empregada para gerar energia elétrica?

APÊNDICE H

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA COM O PROFESSOR DA DISCIPLINA

Ocorrência	Sinais	Descrição das ocorrências	Exemplificação
Indicação dos falantes	P (pesquisador), X (professor)	Os falantes são indicados em linha, com letras e números.	P, X
Pausas e silêncios	(+) ou (2.5)	Para pausas pequenas sugere-se um sinal + para pausas menores que 1 segundo. Pausas em mais de 1.0 segundo, cronometradas, indica-se o tempo .	X: ...Bom, se a gente não conseguir CONSTRUIR legal esse modelo (+) o aluno...
Ênfase	MAIÚSCULAS	Sílaba ou palavras pronunciada com ênfase ou acento mais forte que o habitual.	X: Bom, se a gente não conseguir CONSTRUIR legal esse modelo...
Alongamento de vogal	: (pequeno) :: (médio) ::: (grande)	Para alongamentos curtos, médios e longos.	P: é:: os livros de Química...
Silabação	-	Quando ocorre silabação das palavras.	P: á-átomo.
Superposição de vozes	[É uma interrupção que ocorre num dado ponto do turno do locutor. A interrupção pode dá início a outro turno também.	X: /.../ como se fosse um estudo descritivo, né? [Eu P: entendo. X: narrativo, daquelas propriedades...
Comentários ou explicação do analista	(())	Usa-se essa marcação no local da ocorrência ou imediatamente antes do segmento a que se refere, e para explicar o que está ocorrendo em um diálogo.	((ri)), ((baixa o tom de voz)), ((tossindo)), ((fala nervosamente)), ((apresenta-se para falar)), ((gesticula pedindo a palavra)), ((inaudível)).
Truncamentos bruscos	/	Quando o falante corta a unidade pôde-se marcar o fato com uma barra. Esse sinal também pode ser utilizado quando alguém é bruscamente cortado pelo interlocutor.	X: as disciplinas de inorgânica/ aqui nós temos duas, uma é a inorgânica l...
Pausa preenchida, hesitação ou sinais de atenção	eh, ah, oh.	Usam-se reproduções de sons cuja grafia é muito discutida, mas alguns estão mais ou menos claros.	eh, ah, oh. ih:::, mhm, ahã, dentre outros

P: bom professor, só gostaria de fazer algumas perguntas aqui é:: referente a sua estadia aqui como professor da Universidade e como professor da disciplina. são perguntas apenas para orientar um pouco a pesquisa. eu gostaria de saber a quanto tempo você é professor da Universidade Federal do Maranhão e a quanto tempo você ministra a disciplina de Química geral dois?

X: é:: eu-eu ingressei aqui na Universidade em 1998, em julho de 1998, tive um pequeno intervalo para finalizar meu doutorado e desde de 1999 que eu estou em sala de aula aqui na Universidade. é: com relação a disciplina de Química geral dois, eu cheguei a ministra-la em um momento por um intervalo de dois anos, depois é:: pegando outras disciplinas, Físico-

Química, Química inorgânica I, Química inorgânica II e retomei agora a Inorgânica II ((aqui quis se referir a Química geral II)) e essa é o meu quarto período em, em geral dois.

P: Ah! Então você ministrou dois anos, deu essa parada com as outras disciplinas, ministrando as outras disciplina, ai voltou agora novamente e tá com dois anos novamente.

X: novamente, exatamente.

P: ok.

P: você sempre segue o programa, a ementa que a coordenação do curso lhe passa ou você é:: criou uma que acha mais adequado pra, pra disciplina? e por que que você/ se você tem criado essa outra ementa, por que você acha que seria mais adequada?

X: a ementa eu entendo como um - um documento orientador e que a gente não pode fugir muito a:: aquela esquematização de conteúdo. entretanto, no programa que a gente faz a partir da ementa, a gente redistribui os conteúdo de uma forma que, que, acreditamos ser a forma mais didática para trabalhar aqueles conteúdos. no caso específico de Geral II eu tenho feito algumas alterações pra mais, por exemplo, o: o início do estudo, de acordo com a ementa, era para ser o átomo de Bohr. eu prefiro iniciar as discussões a partir das leis ponderais, mostrando a evolução histórica do tema, que nesse caso específico, é: corresponde exatamente a evolução dos modelos atômicos. Então, eu puxo desde do: das leis ponderais, mostrando o modelo de Dalton, depois eu passo já pra Thompson, e depois passo por Rutherford até:: chegar ao modelo de Bohr. então, eu não sigo exatamente a ementa, mas eu cumpro os conteúdos que são solicitados pela coordenação do curso.

P: é:: os livros de Química, eles não contemplam muito: muito bem/ contemplando as vezes de forma resumida, algumas propriedades a respeito da luz, como por exemplo o efeito fotoelétrico, que é o que os livros mais tratam para dá introdução ali aos conceitos quânticos ((os livros tratam, mas de forma resumida)). é: pegando um gancho no que você falou, você começa das leis ponderais, você acha que seria importante também fazer uma introdução sobre essas propriedades da luz, já que o estudo do elétron começou através dessas propriedades?

X: sim! bastante pertinente. os alunos tem muita carência dessas informações. quando a gente fala a respeito do átomo de Rutherford, a gente mostra que a física clássica não tinha argumentos para justificar uma série de outros, uma série de outros fenômenos. nesse momento, a gente fala a respeito do efeito fotoelétrico, nesse caso, para os alunos entenderem o efeito fotoelétrico, a gente faz uma revisão um pouquinho a respeito de ondas e se comenta um pouco a respeito disso. além disso, a questão do espectro dos elementos também [

P: Sim!

X: é: radiação do corpo negro. então, a ideia é a gente mostrar que como o modelo FÍSICO, como a FÍSICA CLÁSSICA não era capaz de explicar uma série de outros fenômenos, também poderia não explicar o átomo, que daí dá a ideia de Bohr criar aqueles quatro postulados para poder é: tentar verificar a estabilidade do átomo de Rutherford.

P: Ok! é: você acredita que essa estrutura curricular da disciplinas, que você de certa forma modificou, pra: pra poder adaptar a disciplina, ela favorece uma melhor aprendizagem para o estudo da estrutura atômica?

X: Eu acredito que sim, porque, eu, eu nesse caso, eu primo pela evolução histórica da ideia, do tema, e o grau de complexidade vai EVOLUINDO ao longo dessa, dessa história. então, eu acredito que é a forma mais interessante de apresentar o tema. essa disciplina ela tem uma especificidade que é muito legal, É SÓ O ÁTOMO. então a ideia dela é, no primeiro momento, é a gente construir com os alunos a ideia do modelo atômico e DEPOIS a gente passa A APLICAR esse modelo atômico para explicar uma série de outros fenômenos e fatos, por exemplo, a tabela periódica, é: ligação Química e propriedades Químicas/ então se o aluno não conseguiu construir O MODELO atômico, é:: digamos assim, o modelo atômico razoável, ele terá dificuldade pra entender os temas subsequentes dessa disciplinas[

P: Sim! ((confirmando a fala do professor))

X: então ela não é uma disciplina muito COMPARTIMENTALIZADA, muito estanque, ela, ela é, ela é: um todo homogênea, então nós construímos o modelo do átomo, nos aplicamos nas, nos temas seguintes. então eu acho que, que a redistribuição de conteúdo, o aumento um pouquinho desse conteúdo aí, não vem diminuir em nada o trabalho do docente dessa cadeira e nem compromete a ementa do curso, quer dizer, ela é totalmente seguida. a gente só faz ampliar um pouquinho pra tornar aqueles conteúdos mais, mais interessantes, mais inteligíveis pelos alunos.

P: Ok! é:: assim, uma pergunta sua opinião, já que:: na, na literatura já é muito relatado que os alunos é: mantém os modelos, os modelos clássicos da estrutura atômica e perduram por muito tempo e não aceitam muito aquele modelo quântico, justamente por causa daquela transição que existiu na época ali de 1900 a 1925. é:: mas na sua opinião, qual a importância do aluno de Química licenciatura entender os conceitos referente a estrutura do átomo a luz da estrutura quântica?

X: Olha, não só pro aluno de licenciatura, mas para o profissional de Química de modo geral. já que nós trabalhamos com, com a matéria, o entendimento da estruturação dessa matéria pra mim é de suma importância. SE O ALUNO não consegue ter uma representação razoável do átomo, ele não consegue entender as propriedades dessa matéria, então, essa, esse entendimento da estrutura atômica só pode, só pode ser feito de uma maneira razoável pelo MODELO QUÂNTICO do átomo. o que eu vejo de dificuldade aqui pra gente é porque essa disciplina é A ÚNICA que trata de estrutura atômica, no, no curso Química licenciatura. O bacharel ainda tem uma cadeira no final do curso que é o de quântica e ele poderia aprofundar um pouco mais. MAS, entre Química geral II, que estuda o átomo, e a disciplina de quântica, NENHUMA OUTRA disciplina é:: aplica os conceitos de estrutura atômica. então, fica como se fosse um apêndice pro aluno e é único CONTATO que ele tem ao longo do curso de Química, a respeito de estrutura atômica. Bom, se a gente não conseguir CONSTRUIR legal esse modelo (+) o aluno não vai ter outra oportunidade, se não, de MEMORIZAR as propriedades e os conceitos que vão ser apresentados nas disciplinas seguintes, já que DIFICILMENTE outro colega vai explorar o entendimento de um fenômeno é: via, é: ou em nível atômico né? ou, ou microscópica.

P: mas as disciplinas na, na ementa no curso de licenciatura, as disciplinas de:: inorgânica e físico Química, elas não tratam sobre essas propriedades atômica também a luz da teoria quântica?

X: as: disciplinas de inorgânica/ aqui nós temos duas, uma é a inorgânica I é puramente descritiva. então, há quem faça, inclusive, paralelo geral II com inorgânica I ((cursam as duas disciplinas no mesmo semestre)). o: os professores estudam as propriedades das substâncias daqueles elementos, mas é:: não, não necessariamente aplicam o modelo atômico no entendimento daquelas propriedades, é mais como se fosse um estudo descritivo, né? [Eu

P: entendo.

X: narrativo, daquelas propriedades, sem ter uma, uma explicação em nível microscópico. o, o, pessoal da físico-Química, é::/ nós não temos a termodinâmica ESTATÍSTICA, aquilo como, como item do, do curso de graduação, né? como conteúdo do curso de graduação. e, e o entendimento da físico - Química é mais pelo viés matemático do que químico né? então, ORGÂNICA I é que o aluno vai explorar um pouquinho mais do entendimento da Química DO CARBONO, o único elemento pela capacidade que ele tem de formar ligações. e é explorado mais pela teoria de ligação de valência, questão da hibridação, do que pela teoria do orbital molecular. então, ao meu vê é a única disciplina que o aluno tem a oportunidade de ENTENDER o átomo em si, a - a capacidade que ele tem de formar ligações e estudar um pouco do comportamento dele.

P: a disciplina de introdução a Química quântica, num dos últimos períodos, ela é optativa pro licenciando?

X: eu acredito que sim. Eu sei que ela é, ela é:: obrigatória pra, pro [pro pessoal

P: do bacharel?

X: pro bacharel.

P: assim, quais são as maiores dificuldades que você encontra ao ministrar os conteúdos referentes a estrutura do átomo, os quais envolve os conceitos da mecânica quântica na disciplina de Química geral II?

X: bom, a principal dificuldade que eu vejo é::: motivacional. é, os alunos (+) ao (+) ao que me parece eles não tão MUITO interessados no entendimento da estrutura da matéria em nível microscópico, parece que não é uma cobrança que se vê no próprio curso é:: de Química. então, eles tem uma, uma leitura superficial e não tem curiosidade sobre o tema. embora, a gente se esforce para fazer uma aula diferenciada, dialogal, é:: trazer/ escuto inclusive vídeos, nós temos no final do, do conteúdo de estrutura atômica, nós discutimos vídeos, nós temos um vídeo a respeito disso daí. e em seguida APLICAR em todas as aulas o entendimento da estrutura atômica, eles tem a representação como se fosse uma coisa EXTREMAMENTE difícil, impossível é:: de entendimento né? e eu vejo mais a dificuldade de se trabalhar esse conteúdo em nível mesmo de motivar os alunos para participar das aulas.

P: mas você acredita que essa dificuldade também esteja relacionado:: aos livros, a forma que os livros abordam, por exemplo, nas outras disciplinas é: o conteúdo que poderia trazer a::/ esses estudos, esses conceitos de estrutura atômica pro entendimento melhor? é: os livros que são adotados aqui apresentam uma certa dificuldade nessas questões pro o aluno poder entender e aplicar esses conceitos, que seriam aprendidos na disciplina de Química geral II?

X: eu vejo em termos de livros uma dificuldade que vem desde o ensino médio. é como se esse conteúdo apresentado no primeiro ano do ensino médio, tinha sido de uma forma um pouco assim mistificadora e: talvez a ideia que eles façam é que::: tenha ali naquele conteúdo informações inacessíveis. Talvez o problema de livro, é: anteceda ao da, aos livros da graduação. Por exemplo, a abordagem do capítulo 10 de Bruce Mahan eu acho perfeito, então eu sigo aquele conteúdo ali, eu sigo aquela sequência, e inclusive com resolução dos exercícios daquele capítulo. Ao meu VÊ, a leitura é CLARA, o sequenciamento é extremamente lógico. entretanto, os alunos tem dificuldade no entendimento DAQUELE texto. já chegamos a fazer em alguns momentos aulas de LEITURA em sala de aula do texto do Mahan. observei que alguns alunos tem DIFICULDADES de LÊ, não tem FLUÊNCIA na leitura e se preocupam mais com LÊ do que com ENTENDER, já que eles não tem fluência na leitura eles gastam MUITO tempo na concentração da leitura do texto que no entendimento lá daquele texto.

P: essa dificuldade ela é frequente em::/ durante esses anos que você está ministrando essa disciplina?

X: eu diria que 40% da turma é: tem, teria dificuldade, de, de, de lê. eu faço pelo menos uma aula de leitura é: com relação ao, ao , ao tópico de estrutura atômica. porque os alunos realmente reclamam da, do entendimento do texto de Mahan. e aí eu FAÇO essa aula de leitura, pra gente ir frase por frase tentando DÁ SIGNIFICADO aquilo que eles não conseguiram entender né? eu peço pra um ou pra outro é: fazer a leitura lá daquele tema e observo a dificuldade. é claro que o MOMENTO que ele tá lendo ali, de frente dos colegas, é um momento que psicologicamente ele tá tenso, então, essa NÃO FLUÊNCIA pode ser devido aquele, aquele momento em si. pode ser que em casa, sozinho ou uma leitura silenciosa ele o faça com uma facilidade maior. mas que eu percebo que não é, não é:: uma atividade TRIVIAL pra alguns deles o da leitura. E SEM LÊ como é que ele vai entender né? então, é:: ele/ eu vejo dificuldades nesse, nessa formação dos alunos. agora o que eu percebo também, que PRA MIM, eu acho que é o (+) um fator principal, é a falta de ZELO pela formação deles. eles não procuram LÊ Química, eles não tem aquela paixão pelo tema. é como se a escolha tivesse sido motivada não pelo, pelo prazer de aprender Química, mas sim por uma questão/ por uma fatalidade, era uma das opções possíveis pra ele, mas não aquela, aquela opção mais arrebatadora. [

P: entendo

X: como se fosse vocacional mesmo o negócio. ALGUNS não, sempre a gente tem aquele aluno mais brilhante, então UM ou outro se destaca MUITO e consegue resolver todos os exercícios e a GENTE se sente, o professor sente, que se DÊ MUITA ATENÇÃO para aquele aluno a turma não acompanha. então ele, é aquele aluno que não aproveita muito a aula e a discussão, porque a gente trabalha com a média da turma e com dificuldade de aprendizagem, mas um ou outro é: tem um comportamento em relação aos colegas como se fosse brilhante. isso a gente percebe, todo período a gente tem um ou dois que se destacam no entendimento desse tema.

P: e os alunos, eles costumam representar o modelo de Bohr como o mais favorável e eficiente para explicar a estrutura do átomo?

X: bom, QUANDO chega na disciplina sim. se você, no primeiro dia de aula, como foi um, um (+) um ensaio que fizemos aqui, na disciplina de geral dois e pedimos para que outros dois colegas fizessem em outras instituições. nós pedimos para que o aluno desenhasse O ÁTOMO, representasse o átomo como eles concebem e ao lado do desenho escrevesse três palavras SIGNIFICATIVAS a respeito do átomo. Bom, é:: 80% desenhou o átomo de Bohr e os outros 20% Bohr- Sommerfeld. então, é o modelo, digamos assim, que consegue é: se fixar MAIS no conceito dos alunos. é a REPRESENTAÇÃO que eles fazem. DEPOIS que a gente vai discutir o modelo QUÂNTICO do átomo, a gente tenta diminuir essa imagem. eu acho que é bastante comum, inclusive como símbolo Química, camisa de D.A. ((diretório acadêmico)), qualquer coisa. é um átomo tipo Sommerfeld com um núcleo não num dos tópicos da elipse, no foco da elipse, mas no centro. então, é a representação, inclusive, equivocada matematicamente né? E:: eles ainda CONTINUAM com uma REPRESENTAÇÃO do modelo de Bohr. então, é difícil a gente quebrar essa, essa REPRESENTAÇÃO porque ela é muito VISUAL [

P: Sim!

X: você, você é:: REPRESENTAR um átomo QUÂNTICO pra ele por densidade de pontos, onde tem maior probabilidade de tá ali mais escuro e o átomo vai diminuído, essa, essa intensidade de cor/ eles, eles, eles podem entender, inclusive, o significado daquilo, mas eles não conseguem REPRESENTAR aquilo posteriormente.

P: ok! é:: os alunos de Química geral II, desta e de outras universidades, ainda não frequentaram as disciplinas específicas de cálculos, cálculo diferencial, para poderem compreender sobre as equações de onda de Schrödinger que rege o atual modelo atômico. como você observa essa situação, tendo em vista que os livros de Química geral tratam sobre o tema?

X: bom, a PROPOSTA nesse nível de estudo, NÃO É o desenvolvimento MATEMÁTICO do tema, mas CONCEITUAL. então o que, que nós fazemos? quando a gente vai fazer a abordagem do átomo quântico, a gente comenta que o: o elétron, que era considerado UMA PARTÍCULA até no modelo anterior de Bohr, ele agora passa a ser considerado UMA ONDA, e aí nós trabalhamos com a Equação de Schrödinger, mostrando por uma matemática mais simples, que a lógica é escolher uma função CUJA A OPERAÇÃO realizada nessa função por um determinado operador, PRODUZA uma mesma função. e são funções especiais que apresentam essa, essa característica. e aí nós conseguimos APLICAR esse método, que é a equação de Schrödinger, é:: nós deduzimos o hamiltoniano, conforme tá lá no capítulo 10 de Mahar. aquilo ali, a ideia é COMENTAR aquela resolução matemática, MAIS DO QUE fixar a atenção deles no formalismo matemático, é para mostrar como é o modelo quântico do átomo e resolvemos a equação de Schrödinger pra partícula na caixa unidimensional. então, depois que eles ENTENDEM é: esse problema, que a partícula não pode tá em qualquer lugar no interior da caixa, que a partícula ela tem determinados valores de energia, mas não podem ter qualquer valor de energia, aí nós passamos para, pra uma caixa como se fosse um átomo, a partícula como se fosse o elétron e MOSTRAMOS unicamente aquela equação é: de Schrödinger para o átomo de hidrogênio. mostrando, o surgimento aí dos números quânticos e trabalhando conceitualmente aqueles números quânticos, MAS SEM EXIGIR do aluno o entendimento em NÍVEL MATEMÁTICO, porém, CONCEITUAL. agora, NA DISCIPLINA de quântica, aí o aluno é convidado a resolver para o átomo de hidrogênio o, o, a equação de Schrödinger.

P: então, você relatou sobre os números quânticos. qual a relevância na é:/ pra vida acadêmica do aluno, ele aprender a forma dos orbitais e:: a variação nessas transições de energia relacionadas a esses números quânticos, por exemplo, variar os números quânticos e observar as formas dos orbitais?

X: ao meu vê é:: (+) o entendimento é fundamental. se ele QUISE explicar futuramente o trabalho dele de pesquisa, o trabalho dele/ ou então na sala de aula futuramente é:: no trabalho de mestrado ou doutorado. se ele quiser entender as propriedades DA MATÉRIA interagindo com a luz, necessariamente ele vai precisar é: entender esse formalismo em nível quântico. O, os números quânticos, como é:: como nos apresentamos pro aluno, cada um tendo seu significado etc. é:: eles são fundamentais pra que O ALUNO CONSIGA entender A DISTRIBUIÇÃO dos elétrons no interior do átomo COMO uma aproximação. na disciplina de ORGÂNICA II, INORGÂNICA II ((faz a correção)), nós temos uma DISCUSSÃO um pouquinho maior com termos espectroscópicos. então, o compromisso de geral II é mostrar que a CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA é CAPAZ de REPRESENTAR é:: muitas propriedades dos átomos, porém, não diz tudo. nos necessitamos ir além e estudar, por exemplo, termos espectroscópicos. e então, nos apresentamos esses números quânticos e a configuração eletrônica, mas de maneira, digamos assim, bastante LIMITADO. e damos o entendimento dos números quânticos mais como uma representação hidrogenoíde. CASO a gente tenha a: o acoplamento spin-orbital ou a gente tenha ali a: a repulsão elétron-elétron, os números quânticos tradicionais hidrogenoídes já não tem mais sentido, né? já são números quânticos agora totais. nós PASSAMOS unicamente essa visão pro aluno, num esquema DESCRITIVO. em inorgânica II, nós exploramos MELHOR essa ideia, né? em termos espectroscópicos. então, É INDISPENSÁVEL para o aluno entender é: a interação da maté/ da luz com a matéria.

P: eu entendo! é:: você falou também a: a respeito da disciplina que, quando você chega na parte de estrutura atômica, voltada pros modelos quânticos, você resolve o hamiltoniano seguindo o capítulo do Mahar lá, como o Mahar resolve. você acredita que, utilizando o computador a um nível mais conceitual, apenas para fazer uma representação da equação de Schrödinger com aquele hamiltoniano, mas sem precisar resolver, mas apenas comparando aquela equação de Schrödinger com as formas dos orbitais através de simulações de computadores, poderia ajudar melhor o aluno ou não?

X: sim! se você apelar pro visual, eles vão ter o entendimento bem maior. eu esqueci de comentar na questão anterior que você levantou, que: a gente explora a: a forma, as formas dos orbitais, no item subsequente que é ligação Química. então, o aluno precisa ter o entendimento desses números quânticos tudinho, ATÉ para entender a representação matemática deles, os orbitais e a formação, também, de ligações Química. quando a gente explora ISSO, através de um modelo VISUAL, então, obviamente que o: o ENTENDIMENTO do tema vai ser BEM MELHOR. e uma ferramenta, como o computador eu acredito que é MUITO motivacional para os alunos, já que eles gostam muito desse aspecto tecnológico. a maioria tem é: computador, leva computador, mas subutilizam aquilo. então, recursos didáticos para essa finalidade eu acredito que são muito bem vindos.

P: tá Ok professor! aqui eu encerro minha entrevista com você. muito obrigado por ter disponibilizado seu tempo pra tá respondendo essas questões, que vai ajudar muito na pesquisa.

X: eu que agradeço a oportunidade de participar e coloco a minha disposição pra qualquer outra informação que você julgar necessário.

APÊNDICE I

MAPA DE AULAS DA PRIMEIRA ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: O ESTUDO DA ESTRUTURA DO ÁTOMO

SEQUÊNCIA DE AULAS	TEMA	CONCEITO	ATIVIDADE					
			Tempo (h:min:s)	Propósito	Formas de Interação	Materiais utilizados	Situacionalidade	Descrição da Atividade
Aula 1 15/09/2014	Apresentação da disciplina, objetivos da pesquisa e conhecimentos prévios	Conhecimentos prévios dos alunos	1:40:00	Apresentar os objetivos da pesquisa, a ementa da disciplina e coletar conhecimentos prévios dos alunos a respeito da estrutura do átomo	Interativa – dialógica	Slides, quadro negro, termo de livre consentimento e questionário de conhecimentos prévios	A atividade foi inserida após apresentarmos o contexto motivacional, ou seja, a importância e utilidade dos conceitos a serem estudados.	Antes de iniciarmos a atividade informamos os objetivos da pesquisa e um termo de livre consentimento foi entregue aos alunos. Após, apresentamos o contexto motivacional e um questionário de conhecimentos prévios foi entregue e respondido pelos alunos. Este serviu para orientar a sequência didática
Aula 2 17/09/2014	O que é modelo? Propriedades clássica da luz (A luz é onda ou partícula?)	Modelo; Propriedades da luz: refração, reflexão, difração, campos eletromagnéticos, efeito fotoelétrico, efeito Compton, dualidade onda partículas...	1:40:00	Explicar o que um modelo e discorrer sobre a existência da realidade dentro do significado que damos aos símbolos que criamos enquanto sociedade, proporcionando assim um melhor entendimento na formação dos conceitos estudados.	Interativa – de autoridade; Não interativa – dialógica; Interativa – dialógica	Quadro negro, estação de trabalho (notebook com web cam e microfone) e vídeos.	A atividade foi inserida após as discussões sobre a existência da realidade e qual influência esta tinha na criação dos modelos.	Após a análise dos questionários de conhecimentos prévios da aula anterior, foi observado que os alunos não tinham clareza sobre a produção de significados para determinação de um modelo científico. Dessa forma, iniciamos a aula com a pergunta: “Como é a realidade?”, para poder explicar que um modelo não deve ser levado como real e sempre está passível de reformulações. Esta introdução serviu para os alunos compreenderem melhor o processo de produção de significados na elaboração dos modelos no decorrer da história, visto por meio dos vídeos.
Aula 3 24/09/2014	Contexto histórico dos modelos atômicos;	O surgimento do Átomo em alguns	1:40:00	Discorrer sobre o contexto histórico	Não interativa – de autoridade	Slides, quadro negro, estação de	A principal atividade foi inserida após as	Na aula anterior e pelo grupo criado no Whatsapp, foi

	Exercício referente aos conceitos vistos na aula anterior e alguns dos conceitos visto na presente aula.	modelos; As Leis Ponderais; Modelo de Dalton; Modelo de Thompson;		a respeito dos estudos referente a matéria (em especial o átomo) e relacionar com os estudos da luz, que foram visto nos vídeos. A intenção é inserir os alunos nesses dois espaços de discussão e mostrar a relação entre eles; Resolução de exercício a fim de observar o domínio dos conteúdos estudados	Interativa – de autoridade	trabalho (notebook com web cam e microfone), vídeos e exercício.	abordagens sobre o estudo da matéria, da luz e a relação com ambas.	informado que resolveríamos um exercício em aula utilizando os vídeos para isso. Antes disso, metade da aula, discorreremos sobre o contexto histórico referente ao estudo da matéria (em especial o átomo) e nas horas oportunas relacionávamos esses estudos com aqueles vistos na aula anterior (vídeos). A intenção era mostrar que tais estudos ocorriam em épocas próximas e tinham influências sobre a determinação de um modelo ou teoria posterior.
Aula 4 29/09/2014	Feedback do exercício anterior (correção e comentários, mas sem recorrer às respostas dos alunos); Continuação sobre o contexto histórico dos modelos atômicos; Apresentação do Objeto de Aprendizagem sobre modelos atômicos.	Correção do exercício: contexto histórico, propriedades da luz (elétricas e magnéticas); propriedades dos elétrons; dualidade onda partícula; proporções de massa	1:40:00	Proporcionar o feedback do exercício anterior aos alunos, deixando mais claro os conceitos antes estudados, bem como reforçar a ideia de que um modelo ou teoria é criado a partir do anterior e o contexto cultural da época influencia bastante; Introduzir o Objeto de Aprendizagem aos alunos, para que pudessem explorar e se ambientarem com essa ferramenta.	Interativa dialógica; Interativa – de autoridade;	Slides, quadro negro, estação de trabalho (notebook com web cam e microfone), vídeos, exercício, material impresso, objeto de aprendizagem e whatsapp.	A atividade se deu em dois momentos, primeiro com a resolução do exercício, recorrendo a algumas respostas dos alunos e aos comentários no grupo do whatsapp, e depois com o uso do objeto de aprendizagem sobre modelos atômicos.	Antes da aula começar, enquanto esperávamos um aluno, foi solicitado que os alunos explorassem o Objeto de Aprendizagem sobre modelos atômicos. Após alguns minutos, demos início a correção do exercício com o intuito de aproximar mais os alunos do discursos científico, mostrando a relação entre os conceitos de luz (visto nos vídeos) e os conceitos de matéria (vista nas aulas expositivas). Este dialogo foi aberto, pois as respostas dos exercícios indicavam que os alunos não compreendiam muito bem essa relação, dessa forma, foi possível explanar de forma mais clara sobre o comportamento dual do elétron e algumas propriedades da luz. Além disso, Os alunos

								manipularam o Objeto de Aprendizagem sobre os modelos atômicos e um relatório de uso foi solicitado para a próxima aula.
Aula 5 06/10/2014	Absorção e emissão em certos comprimentos de ondas; Relação dos vídeos sobre luz com a absorção e emissão da matéria; A teoria do efeito fotoelétrico; Introdução ao modelo de Bohr.	Absorção e emissão de luz; contexto histórico-cultural; Efeito fotoelétrico	1:40:00	Discutir e dialogar sobre a absorção e emissão de luz da matéria, por meio do material impresso entregue aos alunos e sempre que possível relacionar esses conceitos com as ideias apresentadas nos vídeos; Abordar o contexto histórico cultural da época, relacionando a influência que estes possuem no respaldo de uma teoria ou modelo e as implicações sobre a ciência e tecnologia de hoje; Mostrar a importância destes conceitos para o avanço das tecnologias; Discutir sobre o efeito fotoelétrico e os contrapontos da física clássica e quântica, para logo em seguida introduzir o modelo de Bohr.	Interativa – dialógica Interativa – de autoridade;	Notebook, textos impresso; slides; objetos de aprendizagem; whatsapp	A atividade iniciou por meio de um diálogo a respeito do material impresso que os alunos leram em casa sobre absorção e emissão de luz. Logo em seguida, foi feita uma relação destes com os vídeos visto na primeira aula. A continuidade da atividade se deu por meio do efeito fotoelétrico, pois o mesmo aborda questões de absorção e emissão de fótons. Além disso, permitiu introduzir comentários sobre o modelo de Bohr.	A discussão sobre absorção e emissão de luz, a partir do material impresso que os alunos leram em casa, propiciou bons diálogos e interatividade em sala de aula. Além disso, foi possível esclarecer algumas dúvidas e relacionar os conceitos estudados com aqueles vistos nos vídeos sobre propriedades da luz (primeira aula). A atividade permitiu, ainda, uma abordagem histórico – cultural, relacionando estes com os avanços tecnológicos atuais. Os conceitos de absorção e emissão, preconizados da mecânica clássica newtoniana, foram apresentados no efeito fotoelétrico por meio de um Objeto de Aprendizagem (simulador) e notas de aula de um professor de física. Permitindo aos alunos observarem que existiam efeitos experimentais que a mecânica clássica não conseguia explicar com tais conceitos. Estas ideias serviram para introduzir os estudos realizados por Bohr ao tentar explicar a transição de elétrons.
Aula 6 08/10/2014 Somente áudio	Retomada do exercício 1 após a introdução dos conceitos visto na aula 5; Modelo de Bohr; Modelo de De Broglie e	Propriedades da luz, absorção e emissão de fótons; dualidade onda-partícula;	1:40:00	Foi apresentado um feedback sobre a primeira lista de exercícios, mas recorrendo às	Interativa – dialógica Interativa – de autoridade	Notebook; quando negro; whatsapp; exercícios; Objeto de aprendizagem sobre os modelos	A atividade se deu em dois momentos, primeiro com a correção da primeira lista de exercício,	A intenção de recorrer ao primeiro exercício foi para observar o nível de domínio e apropriação dos conceitos estudados na aula anterior,

	Introdução ao modelo de Schroedinger	quantização de energia; transição eletrônica (modelo de Bohr); interferência de ondas; Modelo de De Broglie; forma dos orbitais.		respostas escrita dos alunos e após os conceitos vistos na aula 5. Isto é realizado com o intuito de observar o domínio dos conceitos estudados; Os conceitos apresentados nessa aula serviram para alunos corrigirem respostas da segunda lista de exercício enviada por Whatsapp no dia anterior (07/10/2014).		atômicos;	recorrendo a todas as respostas dos alunos, e depois com explicações sobre o modelo de Bohr, quantização de energia, algumas características de ondas, modelo de De Broglie e introdução ao modelo de Schroedinger (números quânticos e formas dos orbitais). Durante o segundo momento da aula foi explanado os conceitos referentes a segunda lista de exercícios enviada por WhatsApp.	pois havíamos discutido com mais afinco as propriedades da luz, absorção, emissão e efeito fotoelétrico, além de termos utilizado um Objeto de Aprendizado sobre efeito fotoelétrico. Deste modo, foi possível observar uma maior participação dos alunos nessa atividade, onde eles observaram puderam contrastar o que haviam respondido antes com o que aprenderam na aula anterior. Esta discussão serviu para esclarecer a questão da dualidade onda-partícula e iniciamos o debate sobre o modelo de Bohr e modelo de De Broglie e uma posterior introdução ao modelo de Schrödinger, abordando algumas questões como os números quânticos e forma dos orbitais. Durante a aula o professor comentava sobre as questões referente a segunda lista de exercício, referente a aplicação dos conceitos no cotidiano, como por exemplo, ondas de rádio FM e AM.
Aula 7 09/10/2014 Um dos computadores apenas	Manipulação do Objeto de Aprendizagem sobre modelos atômicos para resolução da terceira lista de exercício;	Modelos atômicos: propriedades elétricas, vantagem e desvantagem de cada modelo, transição de energia no modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio; espectro eletromagnético, abordagens sobre	1:40:00	Manipular o Objeto de Aprendizagem e contrastar os modelos atômicos, observando suas principais vantagens e desvantagens para a formulação do modelo de Schroedinger. O principal propósito da atividade é que os alunos	Interativa – dialógica	Quadro negro, estação de trabalho (notebook com web cam e microfone), exercício, material impresso e objeto de aprendizagem.	Na aula anterior o professor havia informado que apresentaria um exercício para ser resolvido com o uso do Objeto de Aprendizado. Sendo assim, a atividade iniciou-se por meio de um debate e a manipulação do Objeto de Aprendizagem para	A base dessa atividade foi o diálogo, pois os alunos puderam manipular o Objeto de Aprendizagem em duplas (um aluno trabalhou sozinho, pois o outro faltou). Sendo assim, foi possível discutir os conceitos presentes nos modelos atômicos e contrasta-los, podendo ainda observar as vantagens de cada modelo para o desenvolvimento do modelo atual. Além disso, alguns

		o modelo de Schrodinger.		observem as diferenças de cada modelo e saibam qual os objetivos pretendidos pela Química no uso de cada um.			resolução do exercício. Foram tecidos vários diálogos sobre os modelos atômicos e sobre a equação de Schrodinger, partindo-se das ideias de De Broglie.	comentários sobre números quânticos, forma dos orbitais e transições eletrônicas foram tecidos durante a aula. O exercício da aula anterior (segunda lista de exercício) foi solicitada aos alunos, porém, estes não haviam respondido e o professor pediu que entregassem na próxima aula, juntamente com o exercício atual.
Aula 8 13/10/2014	Correção do exercício 2; Correção das questões respondidas do exercício 3 e continuação das demais com aplicação do Objeto de Aprendizagem.	Comprimento de onda; radiação eletromagnética; equação de Bohr e transição eletrônica do mesmo modelo; conceitos aplicados no cotidiano;	1:40:00	Mais de um terço da aula foi destinada a corrigir e comentar o exercício 2 (entregue via WhatsApp), pois este discutia os conceitos estudados anteriormente com relação ao contexto do cotidiano. Sendo assim, tinha o propósito de apresentar esses conceitos presentes no cotidiano. Após, demos continuidade a resolução do exercício 3 (iniciado na aula anterior) com o uso do Objeto de Aprendizagem, com o intuito de facilitar o entendimento dos conceitos com o uso da ferramenta.	Interativa – dialógica Interativa – de autoridade	Exercícios, Estação de trabalho (notebook com webcam e microfone), objetos de aprendizagem, quadro negro.	A atividade iniciou-se pela resolução da segunda lista de exercício (solicitada na aula anterior), onde abordava os conceitos e suas relações com o cotidiano. Em um segundo momento, demos continuidade a resolução da terceira lista de exercício (iniciado na aula anterior) para calcular os comprimentos de onda nas transições de energia de Bohr e visualizar o que aconteceria no Objeto de Aprendizagem. Alguns questionamentos foram levantados e discutidos na aula.	A aula se iniciou pela correção do exercício enviado por WhatsApp em aulas anteriores (2º lista), com o intuito de darmos o feedback necessário aos alunos para um melhor entendimento dos conceitos e para proporcionar uma continuidade na sequência didática. Deste modo ocorreu um bom diálogo e interação, surgindo outros exemplos no contexto do cotidiano. Após um pouco mais de um terço da aula, demos continuidade a lista de exercício 3 (iniciada na aula anterior), onde foi possível discutir de forma mais clara os conceitos de Bohr e observar as transições eletrônicas e o espectro eletromagnético do átomo de hidrogênio com o uso de Objeto de Aprendizagem. Além disso, foi possível contrastar o referido modelo com o de De Broglie e principalmente com o de Schrödinger, para introdução dos fundamentos matemático deste último modelo na próxima aula. Ao final da aula foi informado que os

								fundamentos matemáticos a serem estudados na aula posterior, serviriam para esclarecer os conceitos da mecânica quântica, como: números quânticos, forma dos orbitais e transições eletrônicas.
Aula 9 15/10/2014 Somente Áudio	Fundamentos da Equação Schrödinger	Partícula na caixa; energia cinética e potencial; barreira de potencial, condições de contorno, função de onda, autofunção, autovalor.	1:40:00	O propósito da aula se destinou a mostrar os fundamentos da Equação de Schrödinger, onde abordamos o formalismo matemático e as condições de contorno, porém, em um caráter qualitativo. A ideia foi mostrar os processos de desenvolvimento da equação para relacionar seus termos com os números quânticos e forma dos orbitais em aulas posteriores.	Interativa – de autoridade Não interativa – de autoridade	Quadro negro	A atividade iniciou pela equação resumida de Schrödinger ($\hat{H}\psi = E\psi$) e teve continuidade com exemplos que lhe permitiram tal desenvolvimento, como a partícula em uma caixa e condições de contorno para que a energia seja dita quantizada.	Durante o desenvolvimento da equação na aula, fizemos um levantamento sobre partícula livre e confinada em uma caixa. Essa relação foi feita para demonstrar que a ideia de uma partícula na caixa se estende ao estudo do orbital, por isso existe a afirmação de que o orbital é um local mais provável de se encontrar o elétron. Periodicamente mencionávamos que o orbital não era um local e sim uma função de onda, para esclarecer que as possíveis figuras dos orbitais eram representações matemáticas dessas funções. Porém, tivemos o cuidado de deixar claro que a afirmação de que o orbital é um local (ou espaço como entidade física) faz referência às deduções da equação a partir da ideia da partícula em uma caixa com as condições de contorno. A ideia do orbital como o local mais provável de se encontrar o elétron foi utilizada em alguns momentos, reafirmando que era apenas uma maneira mais confortável para explicar algumas situações.
Aula 10 16/10/2014	Fundamentos da Equação	Continuação da Equação	1:40:00	Continuação da aula anterior,	Interativa – de autoridade	Quadro Negro, Slides, Livro	A atividade é iniciada por uma	A aula é iniciada com uma pequena revisão da aula

Somente Áudio	Schrödinger (Continuação): Normalização da função; Tamanho, formato e orientação espacial dos orbitais.	Schrödinger (Fundamentos)		tendo como intuito explorar os termos matemáticos da equação de Schrödinger para posterior relação com os números quânticos, formas e orientações dos orbitais. Isto facilitará o entendimento das transições eletrônicas.			revisão da aula anterior. A continuidade da atividade é dada por meio da normalização da função de onda de Schrödinger e os gráficos dessas funções. Além disso, é apresentada a equação de Schrödinger em coordenadas esféricas (qualitativamente) para relacionar com o formato, tamanho e orientação dos orbitais.	anterior, mostrando os caminhos matemáticos outrora estudados. Esta revisão serviu para ambientar novamente os alunos sobre os conceitos estudados. Durante a aula o professor questiona os alunos sobre não terem respondido uma pergunta feita no WhatsApp sobre algumas frequências não conseguirem excitar o elétron. Logo em seguida é mostrado como normalizar a função de onda. Os gráficos das funções de onda normalizada são mostradas no livro e comparadas com as figuras dos orbitais do livro. É informado a importância dos "nó" das funções de onda normalizada para formação das ligações Químicas. Posteriormente, apresentamos a equação de onda de Schrödinger em coordenadas esféricas (qualitativamente) e relacionamos suas entidades radiais e angular com o tamanho, formato e orientação dos orbitais. Neste sentido, tivemos a intenção de darmos significado aos números quânticos n , l e m_l e as suas representações pictóricas. Constantemente o professor retomava, com perguntas aos alunos, sobre os conceitos apresentados, para observar o nível de domínio destes conceitos. Ao final da aula é informado que será utilizado o Objeto de Aprendizagem sobre o
---------------	---	---------------------------	--	--	--	--	---	---

								modelo de Schrödinger na aula posterior. OBS: O professor cobra alguns questionamentos que fez, via e-mail, sobre as questões do exercício 3, mas os alunos informam não terem feito ainda.
Aula 11 20/10/2014 Interação com o Objeto de Aprendizagem	Explorar as transições eletrônicas no átomo de Bohr e De Broglie e contrastar com o modelo de Schrödinger; Observar o forma dos orbitais a partir da mudança dos números quânticos;	Transições eletrônicas (modelos de: Bohr, De Broglie, Schrödinger), números quânticos, forma dos orbitais; níveis de energia; Relação com a tecnologia atual.	1:40:00	A principal intenção desta aula foi observar como ocorre as transições eletrônicas, ou seja, qual a forma dos orbitais quando os números quânticos estavam variando, suas energias e comprimento de onda ou frequência absorvida. Também estivemos preocupados em relacionar os aspectos pictóricos com o caráter matemático implícito. Sempre que possível, recorriamos às aulas anteriores sobre os fundamentos da equação de Schrödinger.	Interativa – de autoridade Interativa – dialógica	Estação de trabalho (notebook com microfone e webcam) e Objeto de aprendizagem	A atividade ocorre a partir do uso do Objeto de Aprendizagem sobre os modelos atômicos, em especial o modelo de Schrödinger. Deste modo, a continuidade se dá por meio do dialogo e uso do Objeto de Aprendizagem.	Toda a aula foi baseada no uso do Objeto de Aprendizagem e diversos debates foram travados a partir de questionamentos do professor, tais como: o formato dos orbitais, orientação no espaço, variação dos níveis de energia, relação dessas imagens com as encontradas nos livros de Química, relação das imagens com o caráter matemático implícito, a importância de cada termo para o estudo das ligações Químicas, abordagens sobre as novas tecnologias a partir do surgimento da mecânica quântica. Ao final da aula, o professor pede para alguns alunos enviarem as respostas do questionamento que havia feito do exercício anterior (3º lista de exercícios), pois apenas um aluno havia entregue. O professor também informa que na próxima aula trará um exercício para ser respondido com o uso do Objeto de Aprendizagem.
Aula 12 22/10/2014 Interação com o Objeto de Aprendizagem	Resolução do exercício utilizando o Objeto de Aprendizagem.	Números quânticos, formas dos orbitais, transições eletrônicas, superposição de	1:40:00	O propósito desta atividade foi observar como os alunos produziam os significados dos conceitos para	Interativa – dialógica Interativa- de autoridade	Estação de trabalho (notebook com webcam e microfone), Objeto de Aprendizagem, quadro negro.	A atividade só é iniciada 15 minutos depois, pois havia apenas um aluno na sala e o professor aguardava o	O exercício é entregue aos alunos para que respondam com o uso do Objeto de Aprendizagem. Após lerem as questões, um aluno levanta a discussão sobre a

		ondas e introdução sobre a distribuição para elementos da tabela periódica (Princípio de Aufbau, diagrama de Linus Pauling, regra de Hunt)		resolver o exercício com o uso do Objeto de Aprendizagem.		<p>restante da turma chegar (um aluno só chegou 27 minutos depois). Nesse intervalo o professor deixou o aluno que estava presente a vontade para explorar o software enquanto esperava. A atividade é iniciada com a entrega de um exercício e leitura delas, onde algumas instruções são passadas para que os alunos a respondam com o uso do Objeto de Aprendizagem. A continuidade da atividade se dá por meio do diálogo e debate sobre as demais questões.</p>	<p>segunda questão referente a uma analogia que supostamente permitiria enxergar o elétron. O professor participa do debate, mas procura não responder prontamente aos questionamentos. Dessa forma, os alunos chegam a uma conclusão a respeito de uma melhor resposta, que logo é explicada pelo professor e elogiada por este. Na resolução das outras questões, os alunos debatem entre si (em duplas e entre as duplas) sobre uma possível resposta. Como a última questão era sobre configuração eletrônica e o professor ainda não havia entrado neste assunto, informa aos alunos para tentarem responder a questão, mas iria explicar ela no quadro. Após os alunos responderem todas as questões, o professor dá início a explicação sobre a distribuição eletrônica (diagrama de Linus Pauling, princípio de Aufbau e regra de Hunt) e responde a última questão. O professor cobra a resposta de uma questão feita anteriormente via WhatsApp, a respeito das transições eletrônicas que ocorriam no Objeto de Aprendizagem, do porquê o elétron de um átomo de hidrogênio ao ser excitado sempre ia para o orbital 2p e nunca para o 2s. Os alunos não conseguem explicar e o professor explica por meio da</p>
--	--	--	--	---	--	--	--

									<p>“Regra de seleção”. O professor faz o encerramento do primeiro módulo, trazendo uma síntese dos conteúdos vistos em todas as outras aulas, elogiando o desempenho e evolução dos alunos. Logo em seguida, negocia com os alunos desejam fazer a avaliação e eles propõe que seja feita várias questões para que possam escolher 5 e responderem, sendo a mesma individual.</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

APÊNDICE J

Percentuais de tempo para cada categoria por aula do primeiro eixo temático.

Primeira demarcação das aulas com Locutor e os Tipos de discurso																					
Categorias (Durante Toda a Aula/ Durante a Resolução do Exercício ou Uso do Computador)		Aula 3 (1h:36min:50s)		Aula 4 (1h:39min23s)		Aula 5 (1h:43min00s)		Aula 6 (1h:49min36s)		Aula7 (1h:38min09s)		Aula 8 (1h:40min49s)		Aula 9 (1h:09min10s)		Aula 10 (1h:35min26s)		Aula 11 (1h:15min18s)		Aula 12 (1h:47min13s)	
		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo	
		Aula Toda	Res. do Exec. (37.08% da Aula)	Aula Toda	Uso do Comp. (27.41% da Aula)	Aula Toda	Uso do Comp. (23.09% da Aula)	Aula Toda	Aula Toda	Aula Toda	Res. do Exec. (87.38% da Aula)	Aula Toda	Uso do Comp. (18.85% da Aula)	Aula Toda	Aula Toda	Aula Toda	Aula Toda	Aula Toda	Uso do Comp. (59.04% da Aula)	Aula Toda	Res. do Exec. (51.19%)
Locutor	Professor	58.08%	6.65%	72.70%	15.41%	75.57%	15.54%	70.84%	24.42%	16.27%	51.77%	10.05%	61.94%	70.30%	61.39%	31.80%	47.04%	7.85%			
	A1	1.19%	0.00%	2.35%	0.74%	0.00%	0.00%	2.54%	0.00%	0.00%	5.29%	0.51%	1.83%	2.56%	5.03%	3.48%	4.16%	2.25%			
	A2	2.42%	1.09%	3.44%	1.74%	4.92%	0.97%	3.53%	0.99%	0.81%	7.43%	0.87%	0.98%	4.48%	2.95%	1.94%	2.01%	1.41%			
	B1	2.76%	0.32%	0.00%	0.00%	7.86%	1.34%	4.34%	5.07%	4.20%	9.11%	1.74%	2.54%	0.00%	6.26%	3.90%	5.08%	3.34%			
	B2	2.31%	0.28%	0.80%	0.56%	1.06%	0.22%	1.86%	1.46%	1.46%	2.76%	0.76%	0.16%	0.98%	0.93%	0.77%	2.87%	1.28%			
	Silêncio	6.10%	0.00%	11.06%	0.00%	9.41%	4.47%	17.41%	2.82%	0.00%	18.85%	0.15%	31.47%	19.86%	5.34%	0.07%	6.82%	0.00%			
	Total	72.86%		90.35%	18.45%	98.82%	22.54%	100.52%	34.76%	27.74%	95.20%	14.08%	98.92%	98.54%	81.88%	41.96%	67.98%	16.13%			
Tipos de Discurso	Conteúdo	54.19%	8.63%	58.04%	9.31%	0.44%	17.27%	65.06%	36.89%	31.66%	56.95%	11.58%	52.34%	65.29%	59.95%	34.11%	38.19%	14.03%			
	Org./manejo de sala	0.86%	0.23%	1.03%	0.05%	7.15%	0.15%	0.42%	0.35%	0.14%	0.15%	0.03%	0.43%	0.80%	0.04%	0.00%	1.30%	0.00%			
	De agenda	10.75%	4.19%	16.55%	8.00%	0.39%	0.34%	13.60%	7.72%	5.48%	10.00%	1.41%	10.84%	4.77%	7.51%	2.20%	14.23%	3.02%			
	Descontração	3.85%	0.75%	1.00%	0.88%	1.02%	0.18%	1.12%	4.58%	4.58%	2.49%	0.02%	1.33%	0.93%	2.76%	2.23%	3.26%	1.05%			
	Outros	0.76%	0.55%	2.24%	0.00%	79.82%	0.02%	1.03%	3.19%	1.67%	4.27%	0.56%	1.54%	6.48%	5.42%	2.28%	11.64%	5.77%			
		Total	70.41%		78.86%	18.24%	88.81%	17.96%	81.23%	52.73%	43.53%	73.86%	13.60%	66.48%	78.26%	75.67%	40.82%	68.63%	23.87%		
Demais categorias somente no tipo de discurso de Conteúdo																					
Categorias (Durante Toda a Aula/ Durante a Resolução do Exercício ou Uso do Computador)		Aula 3 (1h:36min:50s)		Aula 4 (1h:39min23s)		Aula 5 (1h:43min00s)		Aula 6 (1h:49min36s)		Aula7 (1h:38min09s)		Aula 8 (1h:40min49s)		Aula 9 (1h:09min10s)		Aula 10 (1h:35min26s)		Aula 11 (1h:15min18s)		Aula 12 (1h:47min13s)	
		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo		% de tempo	
		Aula Toda	Res. do Exec. (37.08% da Aula)	Aula Toda	Uso do Comp. (27.41% da Aula)	Aula Toda	Uso do Comp. (23.09% da Aula)	Aula Toda	Aula Toda	Aula Toda	Res. do Exec. (87.38% da Aula)	Aula Toda	Uso do Comp. (27.41% da Aula)	Aula Toda	Aula Toda	Aula Toda	Aula Toda	Aula Toda	Uso do Comp. (59.04% da Aula)	Aula Toda	Res. do Exec. (51.19%)
Locutor	Professor	46.35%	3.09%	53.93%	6.82%	67.45%	15.08%	56.49%	16.00%	11.31%	39.92%	8.78%	49.06%	62.46%	52.06%	28.21%	26.05%	6.03%			
	A1	1.15%	0.04%	1.73%	0.67%	0.00%	0.00%	1.89%	0.00%	0.00%	3.68%	0.47%	1.58%	0.82%	2.34%	1.99%	1.96%	1.52%			
	A2	2.04%	1.03%	2.15%	1.50%	4.64%	0.92%	2.60%	0.27%	0.17%	6.61%	0.74%	0.72%	1.79%	0.98%	0.89%	0.45%	0.31%			
	B1	0.75%	0.26%	0.00%	0.00%	7.12%	1.11%	2.87%	2.75%	2.30%	6.98%	1.22%	1.75%	0.00%	3.71%	2.69%	2.09%	1.50%			

	B2	0.36%	0.26%	0.58%	0.47%	0.93%	0.18%	1.21%	0.63%	0.63%	1.78%	0.48%	0.04%	0.37%	0.15%	0.15%	0.27%	0.18%	
Abordagem Comunicativa do Professor durante a aula	Interativa-dialógica	0%	---	0.05%	---	4.19%	---	6.22%	2.62%	---	3.72%	---	0.08%	0.00%	2.91%	---	0.87%	---	
	Interativa-de autoridade	5.47%	---	12.81%	---	27.92%	---	14.45%	6.92%	---	15.11%	---	8.22%	11.45%	15.56%	---	7.21%	---	
	Não interativa-autoridade	39.91%	---	39.25%	---	33.57%	---	32.65%	5.77%	---	20.96%	---	40.47%	50.49%	31.07%	---	18.12%	---	
	Não interativa - dialógica	0%	---	2.00%	---	1.59%	---	2.66%	0.00%	---	0.00%	---	0.10%	0.25%	3.08%	---	0.00%	---	
Interação Aluno - Professor	A1	1.04%	0%	1.36%	0.67%	0.00%	0.00%	1.84%	0.00%	0%	1.28%	0.22%	1.34%	0.68%	1.77%	1.64%	1.00%	1%	
	A2	1.77%	0.83%	2.08%	1.50%	4.63%	0.92%	2.60%	0.25%	0.17%	3.81%	0.46%	0.63%	1.64%	0.52%	0.45%	0.18%	0.06%	
	B1	0.64%	0.25%	0.00%	0.00%	7.01%	1.09%	2.68%	2.69%	2.26%	4.13%	0.98%	1.51%	0.00%	1.73%	1.34%	1.02%	0.70%	
	B2	0.20%	0.09%	0.57%	0.47%	0.85%	0.07%	1.21%	0.63%	0.63%	1.37%	0.38%	0.04%	0.06%	0.09%	0.09%	0.12%	0.05%	
	Prof-turma	4.55%	0.98%	14.19%	8.70%	22.36%	6.88%	14.53%	9.14%	6.99%	18.93%	5.88%	8.05%	6.89%	9.36%	7.13%	4.00%	1.53%	
Interação Aluno-Aluno; Aluno-OA; e Leitura ou Escrita durante a Res. do Exercício em Diversos Tipos de Discursoⁱ	aluno-aluno (Dupla A)	0.36%	0.28%	0.00%	---	---	---	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	0.00%	0.14%	0.37%	1.20%	0.38%	5.38%	4.59%	
	aluno-aluno (Dupla B)	6.19%	6.19%	0.00%	---	---	---	0.00%	20.09%	17.33%	0.35%	0.10%	0.00%	0.00%	3.34%	2.78%	9.18%	7.79%	
	Dupla – Dupla	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	---	0.89%	0.98%	0.00%	7.04%	5.64%	0.33%	2.08%	4.26%	0.62%	5.00%	1.24%	
	Aluno-OA (Dupla A)	---	19.74%/0.00%	---	9.36%/0.00%	---	---	---	---	---	2.18%/0.00%	---	4.57%/0.00%	---	---	---	17.83%/1.04%	---	0.70%/0.04%
	Aluno-OA (Dupla B)	---	5.68%/0.00%	---	11.05%/0.00%	---	---	---	---	---	18.83%/7.57%	---	4.26%/0.00%	---	---	---	16.81%/3.34%	---	1.33%/0.94%
	Leit. Esct. (Dupla A)	---	9.02%	---	---	---	---	---	---	---	49.35%	---	---	---	---	---	---	---	32.48%
	Leit. Esct. (Dupla B)	---	13.64%	---	---	---	---	---	---	---	32.26%	---	---	---	---	---	---	---	23.72%
Interação Aluno-Aluno; Aluno-OA; e Leitura ou Escrita durante a Res. do Exercício no Discurso de Conteúdoⁱⁱ	aluno-aluno (Dupla A)	0.02%	0.02%	---	---	---	---	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.14%	0.10%	1.04%	0.38%	5.38%	4.59%	
	aluno-aluno (Dupla B)	4.26%	4.26%	---	---	---	---	0.00%	20.09%	17.33%	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	3.34%	2.78%	9.18%	7.79%	
	Dupla – Dupla	0.00%	0.00%	---	---	---	---	0.89%	0.98%	0.00%	1.00%	0.73%	0.20%	0.00%	1.14%	0.33%	3.89%	1.24%	
	Aluno-OA (Dupla A)	---	19.74%/0.00%	---	9.36%/0.00%	---	---	---	---	---	2.18%/0.00%	---	4.57%/0.00%	---	---	---	17.83%/0.38%	---	0.70%/0.04%
	Aluno-OA (Dupla B)	---	5.68%/0.00%	---	11.05%/0.00%	---	---	---	---	---	18.83/7.24%	---	4.26%/0.00%	---	---	---	16.81%/2.78%	---	1.33%/0.89%
	Leit. Esct. (Dupla A)	---	9.02%	---	---	---	---	---	---	---	49.35%	---	---	---	---	---	---	---	32.48%
	Leit. Esct. (Dupla B)	---	13.64%	---	---	---	---	---	---	---	32.26%	---	---	---	---	---	---	---	23.72%
Conceitos do Contexto (Aula e Res. de Exercício)	Resposta Rápida		Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	Durante Toda a Aula	
		A1	0.74%	0.60%	0.00%	0.17%	0.00%	0.32	0.35%	0.17%	0.51%	0.26%							
		A2	0.58%	0.47%	0.21%	0.17%	0.04%	0.96	0.09	0.33	0.05%	0.12%							
		B1	0.43%	0.00%	1.70%	0.78%	0.42%	0.89%	0.60%	0.00%	0.75%	0.61%							
		B2	0.15%	0.18%	0.48%	0.32%	0.08%	0.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%							

		Dupla A	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.18%	
		Dupla B	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	0.10%	0.00%	0.00%	0.25%	0.99%	
	Cotidiano	A1	0.09%	0.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.22%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	
		A2	0.95%	0.97%	0.02%	0.21%	0.00%	1.30%	0.00%	0.03%	0.00%	0.03%	
		B1	0.32%	0.00%	0.27%	0.15%	0.60%	0.59%	0.11%	0.00%	0.21%	0.00%	
		B2	0.17%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		Dupla A	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		Dupla B	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%	
	Científico	A1	0.32%	0.84%	0.00%	1.70%	0.00%	3.21%	1.27%	0.64%	1.94%	1.71%	
		A2	0.47%	0.75%	4.31%	2.22%	0.21%	4.30%	0.67%	1.46%	1.02%	0.28%	
		B1	0%	0.00%	5.08%	1.89%	1.65%	5.80%	1.04%	0.00%	2.71%	1.50%	
		B2	0%	0.34%	0.45%	1.21%	0.54%	1.21%	0.04%	0.06%	0.15%	0.13%	
		Dupla A	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.14%	0.10%	0.38%	4.42%	
		Dupla B	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%	16.91%	0.00%	0.00%	0.00%	2.54%	6.52%	
	O uso dos OA para responder questionamentos ou formar ideias	Reportagens	A1	0%	0.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.17%	---
			A2	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.00%	---
			B1	0%	0.00%	0.72%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.23%	---
			B2	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.00%	---
Dupla A			0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.00%	---	
Dupla B			0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.00%	---	
WhatsApp		A1	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.00%	---	
		A2	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.00%	---	
		B1	0%	0.00%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.00%	---	
		B2	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	---	---	0.00%	---	
		Dupla A	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---	
		Dupla B	0%	0.00%	0.00%	0.00%	2.42%	0.00%	---	---	0.00%	---	
Simuladores		A1	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0%	0.28%	---	---	0.00%	---	
		A2	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---	
		B1	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---	
		B2	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---	
		Dupla A	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---	
		Dupla B	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---	
Vídeos	A1	0%	0.00%	0.00%	0.66%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---		
	A2	0.98%	0.98%	0.50%	0.97%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---		

	B1	0.02%	0.00%	0.09%	0.00%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---
	B2	0%	0.00%	0.12%	0.41%	0%	0.20%	---	---	0.00%	---
	Dupla A	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0%	0.00%	---	---	0.00%	---
	Dupla B	1.51%	0.00%	0.00%	0.00%	0.18%	0.00%	---	---	0.00%	---

ⁱ Existem dois valores nas interações Aluno-OA em algumas aulas, isso se aplica pois a primeira porcentagem corresponde a manipulação do OA pelos alunos e a segunda porcentagem implica se houve interação entre estes não importando a natureza do discurso, ou seja, nos diversos tipos de discurso. Durante a Leitura ou Escrita do Exercício é um momento de silêncio e não se aplica a interação discursiva entre os alunos.

ⁱⁱ Existem dois valores nas interações Aluno-OA em algumas aulas, isso se aplica pois a primeira porcentagem corresponde a manipulação do OA pelos alunos e a segunda porcentagem implica se houve interação entre estes importando a natureza do discurso, ou seja, no tipo de discurso de conteúdo. Durante a Leitura ou Escrita do Exercício é um momento de silêncio e não se aplica a interação discursiva entre os alunos.

ANEXO

ANEXO 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Av. dos Portugueses, S/N
CEP 65.080-040-São Luis
Maranhão-Brasil

Fone: (098) 3301 - 82 27 / 8228
e-mail: dequi@ufma.br

PROGRAMA DE DISCIPLINA

Disciplina: QUÍMICA GERAL II

Código: 1255.5

Curso: QUÍMICA LICEN./BACHAREL./Q.INDUST.

01- **OBJETIVO:** Fornecer os conhecimentos básicos da estrutura atômica e molecular.

02- **CONTEÚDO:** Estudo da estrutura – Átomo de Bohr – Espectro do átomo de hidrogênio – Propriedades ondulatórias – Propriedades Periódicas – Ligações Químicas: iônicas, covalentes, metálicas. Estudo elementar do núcleo e suas propriedades.

03- **MÉTODOS DE ENSINO:** Aulas teóricas.

04- **CARGA HORÁRIA :** Semanal: 04 (quatro) horas – teoria
Semestral: 60 (sessenta) horas

05- **NÚMEROS DE CRÉDITOS:** 4.0.0 – 04 (quatro)

06- **PRÉ-REQUISITOS :** 1286.2 – Química Geral I

07- **CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO:** Provas escritas e análise de relatórios, trabalhos e outros, de modo a compor três avaliações no semestre.

08- **CRITÉRIO DE APROVAÇÃO:**

1. APROVAÇÃO DIRETA: Será considerado aprovado o aluno que alcançar, nas três avaliações a média aritmética igual ou superior a sete;
2. APROVAÇÃO POR EXAME FINAL: Será considerado aprovado o aluno cuja média aritmética, obtida entre a avaliação final e a média das três avaliações regulares for igual ou superior a seis.
3. Será considerado reprovado o aluno com frequência inferior a 75%.

09- **BIBLIOGRAFIA BÁSICA:**

- MAHAN, B. H., E. A., Química: Um curso universitário, 2ª Ed., Editora Edgard Blucher, São Paulo (SP) – 1993.
- RUSSEL, J. B., Química Geral, 2ª Ed., McGraw-Hill, S. Paulo, 1994.

PROFESSOR RESPONSÁVEL: _____

Aprovado em Assembléia

Departamental de ____ / ____ / ____

Chefe do Departamento de Química