

MATHEUS ALMEIDA BAUER ZYTKUEWISZ

Formando espíritos científicos: desenho e implementação de sequências de experimentos investigativos em um curso de graduação em química

Tese apresentada ao Instituto de Química,
Universidade Estadual Paulista, como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Doutor em Química.

Orientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Araraquara

2024

Z99f

Zytkuewicz, Matheus Almeida Bauer

Formando espíritos científicos: desenho e implementação de sequências de experimentos investigativos em um curso de graduação em química / Matheus Almeida Bauer Zytkuewicz. – Araraquara, 2024

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara

1. Química - Ensino. 2. Ensino superior. 3. Química inorgânica. 4. Ensino - Metodologia. 5. Filosofia francesa.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Química, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada

IMPACTO ESPERADO DA TESE NA SOCIEDADE

A tese destaca um *design* investigativo como agente promotor do desenvolvimento científico, técnico, educacional e cultural. A internacionalização é favorecida pela adoção de práticas científicas universais. Do ponto de vista local, regional e nacional, ela reforça a necessidade de uma cultura investigativa e reflexiva, essencial para o avanço científico e a formação de cientistas competentes.

EXPECTED IMPACT OF THE THESIS ON SOCIETY

The thesis emphasizes investigative design as a driver of scientific, technical, educational, and cultural development. Internationalization is facilitated through the adoption of universal scientific practices. From a local, regional, and national perspective, it reinforces the need for an investigative and reflective culture, essential for scientific advancement and the formation of competent scientists.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: "Formando espíritos científicos: desenho e implementação de sequências de experimentos investigativos em um curso de graduação em química"

AUTOR: MATHEUS ALMEIDA BAUER ZYTKUEWISZ

ORIENTADOR: AMADEU MOURA BEGO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Química, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. AMADEU MOURA BEGO (Participação Presencial)
Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP - Araraquara

Prof. Dr. LUIZ HENRIQUE FERREIRA (Participação Virtual)
Departamento de Química / Universidade Federal de São Carlos

Profa. Dra. LUCIA HELENA SASSERON (Participação Virtual)
Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada / Universidade de São Paulo

Prof. Dr. ANDRÉ HENRIQUE BARALDI DOURADO (Participação Presencial)
Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP - Araraquara

Prof. Dr. FRANCISCO OTÁVIO CINTRA FERRARINI (Participação Presencial)
Instituto Federal de São Paulo

Araraquara, 16 de agosto de 2024

DADOS CURRICULARES

IDENTIFICAÇÃO

Nome: Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz

Nome em citações bibliográficas: Zytkeuwisz, M.A.B.

ENDEREÇO PROFISSIONAL

Rua Prof. Francisco Degni, nº55. Bairro: Quitandinha

CEP: 14800-060 - Araraquara, SP

FORMAÇÃO ACADÊMICA/TITULAÇÃO

Mestrado em Química

Universidade Estadual Paulista (UNESP)-Instituto de Química de Araraquara

2016-2018

Graduação em Bacharelado em Química

Universidade Estadual Paulista (UNESP)-Instituto de Química de Araraquara

2011-2016

ATUAÇÃO PROFISSIONAL

Participação em Estágio Docência, no 2º semestre, na disciplina de Química Geral, ano letivo de 2019.

Participação como Estagiário Supervisionado em Docência, ao longo do 1º e 2º semestre, na disciplina de Laboratório de Ensino de Química Geral, ano letivo de 2021. Carga horária total: 110h.

Participação como Estagiário Supervisionado em Docência, no 1º semestre, da disciplina de Química Inorgânica: Estrutura e Propriedades, ano letivo de 2022. Carga horária total: 10h.

Revisor de Periódico: PLOS ONE. Período de atuação: 2023-presente.

Participação como Estagiário Supervisionado em Docência, no 2º semestre, da disciplina de Redação de Texto Científico, ano letivo de 2023. Carga horária total: 30h.

PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Zytkeuwisz, M. A. B.; Bego, A. M. Crítica à experimentação tradicional no ensino de ciências e a importância do erro no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Iluminart**, n. 16, p. 74-79, 2017.

Zytkeuwisz, M. A. B.; Bego, A. M. Impacto de uma atividade investigativa nas visões de Natureza da Ciência de licenciandos de um curso de Química. *In: XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13, 2021, *online*. **Trabalho Completo** (anais) Editora Realize, p. 1-9.

Zytkuewicz, M. A. B.; Bego, A. M. O que é o Ensino por Investigação, afinal? **Educação Química em Ponto de Vista**, [S. l.], 2023. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/3306>.

Zytkuewicz, M. A. B.; De Godoi, D. R. M.; Bego, A. M. Loopholed Scripts: A New Inquiry Approach for the Undergraduate Laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 7, p. 2539-2547, 2023.

PARTICIPAÇÃO EM BANCAS

Zytkuewicz, M. A. B.; Morales, V. A. Participação em banca de Fabiano Cardoso da Silva. Explicitando O Diálogo Entre A Fenomenotécnica De Gaston Bachelard E O Ensino De Química. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Bego, A. M.; Ferrari, T. B.; Zytkuewicz, M. A. B. Participação em banca de Melany Isabel Garcia Nicholson. Usos E Tendências Do *Design-Based Research* Para As Áreas De Educação E Ensino De Ciências: Uma Revisão Sistemática. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Bego, A. M.; Stradiotto, N.; Zytkuewicz, M. A. B. Participação em banca de Emanuela da Conceição. Análise Do Conteúdo De Eletroquímica De Um Dos 10 Livros Didáticos Mais Utilizados No Ensino Superior No Estado De São Paulo. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS

XV Evento de Educação em Química - XV EVEQ. 2017. (Encontro).

IX Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química – IX EPPEQ. 2017. (Encontro)

XI Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química – XI EPPEQ. 2021. (Encontro, *online*).

XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XXIII ENPEC. 2021. (Encontro, *online*).

DEDICATÓRIA

In Memoriam

Rudi Bauer Zytkuewisz (1963-2023)

“Meu filho dá aula na UNESP, ele é professor doutor”.

Finalmente papai, poderei honrar esse título que o senhor, muito antes de eu obtê-lo, já falava com tanto orgulho, brio e felicidade.

É uma dor imensurável não o ter aqui para vivenciar esse momento.

De seu amado e único filho, Matheus.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus. Sem a sua graça, e lembrando de todos os momentos difíceis que passei ao longo destes anos de doutoramento, especialmente o falecimento de meu pai, eu certamente não estaria defendendo esta tese. A ele toda honra e toda a glória, por ter me capacitado, fortalecido e me amparado em todos os momentos difíceis que passei.

Em segundo lugar, agradeço ao meu querido amigo e orientador, o Prof. Dr. Amadeu Moura Bego. Já são muitos os anos de convivência acadêmica e, parafraseando Newton, se eu cheguei até aqui, foi por ter o ombro deste gigante para me apoiar em todos os momentos, deste a audaciosa proposta desta tese, ainda informe, até o seu desfecho. Além de tudo, o senhor é extremamente responsável pelo meu desenvolvimento profissional, acadêmico e, principalmente, pessoal. Eu era uma pessoa ao adentrar o meu mestrado, era outra ao finalizá-lo e ingressar no doutorado, e agora sou outra aqui, finalizando-o. Não há palavras para descrever o quanto sou grato por tê-lo em minha vida, e por sempre enxergar o potencial e acreditar que era capaz de fazer tudo que eu, por conta das minhas grandes dificuldades com o TDAH, não conseguiria me dar o crédito necessário para sequer tentar. Muito obrigado por tudo, mestre.

Em terceiro lugar, gostaria de agradecer a minha família, especialmente minha mãe, Ana Luiza Almeida Zytkeuysz, meu pai Rudi Bauer Zytkeuysz, bem como meu cunhado e minha sogra. Sempre ao meu lado, me apoiando em todos os momentos difíceis, me ajudando a me levantar todas as vezes que caí, e não foram poucas. Não existem palavras para expressar o quanto fui e sou abençoado por tê-los em minha vida, ao meu lado, todos os dias dessa longa jornada.

Agora agradeço aos membros do grupo de trabalho da minha pesquisa, sem os quais esta tese de doutoramento nunca teria se concretizado: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego, Prof. Dr. Denis Ricardo Martins de Godoi, Prof. Dr. Vagner Antonio Moralles, o atual doutorando e grande amigo de longa data, meu “filhão” João Pedro Molina Gil e o técnico responsável pelo laboratório Rogério Andréo. Todos estes nomes desempenharam papel fulcral no desenho e na implementação do meu *design*, e certamente só obtive o sucesso que alcei por tê-los trabalhando comigo, com viço e

boa vontade, todos os dias e até mesmo em horários irregulares para o bom desenvolvimento e aplicação da minha pesquisa. Minha eterna gratidão a todos vocês.

Agradeço também ao meu grupo de pesquisa, a Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (RIPEQ), por todas as conversas, debates e sugestões que foram importantes para que esta tese viesse a se tornar realidade. Muito obrigado a todos vocês.

Agradeço a todos os meus amigos pelas conversas, formais ou informais, bem como todas as outras frivolidades que são tão importantes quanto qualquer coisa na minha vida: João Pedro Molina Gil, Tarso Bortolucci Ferrari, Rafael Pedroso de Moraes, Thiago Moura Bego, Murilo Batosto Gonçalves, Douglas Cezars Augusto Rodrigues e Almeida, Vagner Antonio Moralles, Vitor Hugo Vieira Rodrigues, Leonardo Borim de Almeida e, logicamente, todos os meus irmãos da minha eterna “casinha”, a República Gomorra; como já dizia Mano Brown na imortal “Vida Loka parte 2”, “Vamo' brindar o dia de hoje que o amanhã só pertence a Deus, A vida é louca”. Também agradeço a todos os meus amigos de jogo, do meu clã “Rookgaardian Brotherhood” pelos momentos de distração e diversão, tão necessários nessa vida dura que é ser um acadêmico.

Por fim, deixo o meu último agradecimento para minha namorada e grande companheira, Bianca Batosto Gonçalves. Nas minhas risadas e nos meus choros (e não foram poucos), nas minhas alegrias e minhas tristezas, meus altos e baixos, você sempre esteve lá. Sempre me ajudando a me tornar um homem melhor, sendo meu apoio incondicional. Meu amor. Minha vida. Meus olhos ficam embotados de lágrimas ao escrever isso pois não tenho palavras para expressar o quanto você foi importante para mim nessa jornada. Eu te amo, e essa palavra de três letras, tão pequena, que tenta exprimir uma multitude de ações e emoções, penso ser insuficiente para descrever tudo o que sinto por você.

POEMA EM LINHA RETA

Nunca conheci quem tivesse levado porrada.
Todos os meus conhecidos têm sido campeões em tudo.
E eu, tantas vezes reles, tantas vezes porco, tantas vezes vil,
Eu tantas vezes irresponsavelmente parasita,
Indesculpavelmente sujo,
Eu, que tantas vezes não tenho tido paciência para tomar banho,
Eu, que tantas vezes tenho sido ridículo, absurdo,
Que tenho enrolado os pés publicamente nos tapetes das etiquetas,
Que tenho sido grotesco, mesquinho, submisso e arrogante,
Que tenho sofrido enxovalhos e calado,
Que quando não tenho calado, tenho sido mais ridículo ainda;
Eu, que tenho sido cômico às criadas de hotel,
Eu, que tenho sentido o piscar de olhos dos moços de fretes,
Eu, que tenho feito vergonhas financeiras, pedido emprestado sem pagar,
Eu, que, quando a hora do soco surgiu, me tenho agachado
Para fora da possibilidade do soco;
Eu, que tenho sofrido a angústia das pequenas coisas ridículas,
Eu verifico que não tenho par nisto tudo neste mundo.

Toda a gente que eu conheço e que fala comigo
Nunca teve um ato ridículo, nunca sofreu enxovalho,
Nunca foi senão príncipe - todos eles príncipes - na vida...

Quem me dera ouvir de alguém a voz humana
Que confessasse não um pecado, mas uma infâmia;
Que contasse, não uma violência, mas uma cobardia!
Não, são todos o Ideal, se os oiço e me falam.
Quem há neste largo mundo que me confesse que uma vez foi vil?
Ó príncipes, meus irmãos,

Arre, estou farto de semideuses!
Onde é que há gente no mundo?

Então sou só eu que é vil e errôneo nesta terra?

Poderão as mulheres não os terem amado,
Podem ter sido traídos - mas ridículos nunca!
E eu, que tenho sido ridículo sem ter sido traído,
Como posso eu falar com os meus superiores sem titubear?
Eu, que venho sendo vil, literalmente vil,
Vil no sentido mesquinho e infame da vileza.

(Álvaro Campos)

RESUMO

A formação do espírito científico, segundo Gaston Bachelard, é um processo dialético, contínuo e permanente, caracterizado por movimentos reiterados de construção, desconstrução e reconstrução de uma identidade científica em busca incessante de aperfeiçoamento. Para que esse processo se inicie adequadamente, é crucial formar seu germe de maneira apropriada, impedindo ou reformando noções inadequadas da atividade científica. Nesse contexto, a presente tese de doutorado propõe um *design* para a formação inicial do espírito científico em alunos ingressantes de um curso de graduação em química. O escopo da pesquisa reside no contexto do ensino de ciências, particularmente no ensino experimental de química, utilizando o conceito de Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) para modificar conteúdos curriculares do segundo semestre de uma disciplina experimental anual. A proposta foi fundamentada em três pilares: noções sobre investigação científica, compreensão dos conhecimentos químicos e a aproximação da experiência científica de Bachelard. Três conteúdos químicos foram abordados no desenvolvimento da pesquisa: termoquímica, cinética química e eletroquímica. A coleta de dados foi realizada por meio de documentos textuais, relatórios e grupos focais com os participantes. Utilizamos a Análise de Conteúdo, de forma quantitativa ou mista, conforme necessário, para a análise dos dados. Os resultados indicam que a proposta foi, de maneira geral, bem-sucedida. A pesquisa evidenciou indícios do desenvolvimento do espírito científico em relação aos três pilares fundantes, oferecendo *insights* valiosos para o aperfeiçoamento do *design* e sua possível reimplementação. Além disso, obtivemos nuances bastante importantes acerca do uso do Ensino por Investigação dentro do contexto do Ensino Superior.

Palavras-Chave: Gaston Bachelard; Ensino Superior; Ensino Experimental; Ensino de Química; Ensino por Investigação; *Design-Based Research*; Análise do Conteúdo.

ABSTRACT

The formation of the scientific spirit, according to Gaston Bachelard, is a dialectical, continuous, and permanent process characterized by repeated movements of construction, deconstruction, and reconstruction of a scientific identity in the incessant pursuit of improvement. For this process to begin adequately, it is crucial to properly form its germ, preventing or reforming inadequate notions of scientific activity. In this context, the present doctoral thesis proposes a design for the initial formation of the scientific spirit in incoming students of a chemistry undergraduate course. The scope of the research lies in the context of science education, particularly in experimental chemistry education, using the concept of Inquiry-Based Learning Sequences to modify the curriculum content of the second semester of an annual experimental discipline. The proposal was based on three pillars: notions of scientific investigation, understanding of chemical knowledge, and the approximation of Bachelard's scientific experience. Three chemical contents were addressed in the research development: thermochemistry, kinetic chemistry and electrochemistry. Data collection was carried out through textual documents, reports, and focus groups with the participants. Data analysis was carried out by the means of Content Analysis, in a quantitative or mixed manner as necessary, for data analysis. The results indicate that the proposal was generally successful. The research provided evidence of the development of the scientific spirit concerning the three founding pillars, providing valuable insights for the improvement of the design and its possible reimplementation. Additionally, important nuances regarding the use of Inquiry-Based Learning within the context of Higher Education were obtained.

Keywords: Bachelard; Higher Education; Laboratory Teaching; Chemical Education; Inquiry Based Learning; Design Based Research; Content Analysis.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: A taxonomia de Bloom revisada.....	19
Figura 2: Mapa conceitual contendo os principais conceitos discutidos no capítulo...	65
Figura 3: O Questionário VOSI para coleta de dados sobre Natureza da Investigação Científica.....	98
Figura 4: A DBR de acordo com Kneubil e Pietrocola.....	128
Figura 5: Alicerces do <i>design</i> aplicado nesta pesquisa de doutorado.....	132
Figura 6: Exemplo da progressão dos questionamentos de NiC para um determinado aspecto.....	139
Figura 7: Relações entre documentos produzidos e os momentos de coleta ao longo de uma Sequência de Ensino Investigativa genérica.....	153
Figura 8: Cronograma de atividades do 2º Semestre de 2022 da disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral.....	157
Figura 9: Síntese dos principais movimentos concretizados ao longo da aplicação do <i>design</i>	158
Figura 10: Esquema simplificado do arranjo experimental da Atividade 1 de termoquímica.....	163
Figura 11: Vidraria produzida para simulação do contexto observado na janela da cela. As barras de ferro foram simuladas com fios de ferro (não presentes na foto).....	176
Figura 12: Esquema representativo do sequenciamento das perguntas realizadas nos grupos focais.....	182
Figura 13: Perfil bipolar para um conjunto de frequências com três variações de intensidade.....	194
Figura 14: Aspecto típico de um <i>boxplot</i> simétrico genérico.....	216
Figura 15: <i>Boxplots</i> apresentando assimetrias. Observe que a mediana se desloca dentro do intervalo Q3-Q1.....	217
Figura 16: Comparativo entre <i>boxplots</i> genéricos de três conjuntos de dados distintos.....	218

Figura 17: Gráficos de barras empilhadas contendo informações gerais sobre as codificações realizadas em cada uma das SEIs. Os números dentro das barras indicam o número de trechos codificados.....	241
Figura 18: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 1 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 1.....	243
Figura 19: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 2 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 2.....	245
Figura 20: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 3 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 3.....	249
Figura 21: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 4 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 4.....	252
Figura 22: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 5 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 5.....	254
Figura 23: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 6 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 6.....	257
Figura 24: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 7 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 7.....	259
Figura 25: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 8 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 8.....	262
Figura 26: <i>Boxplot</i> gerado a partir dos <i>ratings</i> dos documentos físicos.....	270
Figura 27: <i>Boxplot</i> gerado a partir dos <i>ratings</i> dos refletidos.....	271
Figura 28: <i>Boxplot</i> gerado a partir dos <i>ratings</i> dos relatórios.....	272

Figura 29: <i>Boxplot</i> gerado a partir dos ratings da SEI de Termoquímica.....	277
Figura 30: <i>Boxplot</i> gerado a partir dos ratings da SEI de Cinética Química.....	278
Figura 31: <i>Boxplot</i> gerado a partir dos ratings da SEI de Eletroquímica.....	279
Figura 32: Gráfico de barras ilustrando o desempenho dos grupos com respeito às SEIs trabalhadas. As linhas verticais representam a média da turma para cada um dos conteúdos.....	284
Figura 33: Gráfico de barras ilustrando o desempenho individual dos grupos com respeito a cada um dos documentos elaborados. As linhas verticais representam a média da turma para cada um dos documentos.....	285
Figura 34: Gráfico de barras simples da porcentagem de codificações global para cada uma das categorias analisadas nos documentos físicos.....	292
Figura 35: Gráfico de barras simples da porcentagem de codificação por SEI para os documentos físicos.....	294
Figura 36: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C1 para os documentos físicos.....	296
Figura 37: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C2 para os documentos físicos.....	299
Figura 38: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C3 para os documentos físicos.....	302
Figura 39: Trecho do levantamento de hipóteses e rascunhos do procedimento experimental de um dos grupos estudados.....	304
Figura 40: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C5 para os documentos físicos.....	306
Figura 41: Fragmento do procedimento experimental proposto por um dos grupos estudados para a atividade experimental investigativa de termoquímica 2.....	308
Figura 42: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C1 para os relatórios.....	311
Figura 43: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C2 para os relatórios.....	314

Figura 44: Gráfico de barras simples com a percentagem de codificação da categoria C3 para os relatórios.....	318
Figura 45: Gráfico de barras simples com a percentagem de codificação da categoria C4 para os relatórios.....	320
Figura 46: Gráfico de barras simples com a percentagem de codificação da categoria C5 para os relatórios.....	323
Figura 47: Gráfico de barras empilhado para a percentagem de codificações para cada categoria e a percentagem total de codificações para os grupos focais.....	326

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Extrato da atribuição de escores e cálculo de rating dos documentos físicos para um grupo genérico.....	206
Tabela 2: Medidas calculadas para cada um dos conjuntos representativos.....	218
Tabela 3: Panorama da frequência de trechos codificados ao longo da intervenção para os aspectos de NiC.....	241
Tabela 4: Matriz de geração de dados para o Aspecto 1 de NiC.....	243
Tabela 5: Matriz de geração de dados para o Aspecto 2 de NiC.....	245
Tabela 6: Matriz de geração de dados para o Aspecto 3 de NiC.....	249
Tabela 7: Matriz de geração de dados para o Aspecto 4 de NiC.....	252
Tabela 8: Matriz de geração de dados para o Aspecto 5 de NiC.....	254
Tabela 9: Matriz de geração de dados para o Aspecto 6 de NiC.....	257
Tabela 10: Matriz de geração de dados para o Aspecto 7 de NiC.....	259
Tabela 11: Matriz de geração de dados para o Aspecto 8 de NiC.....	262
Tabela 12: Matriz de dados utilizada na construção do <i>boxplot</i> dos Documentos Físicos.....	270
Tabela 13: Matriz de dados utilizada na construção do <i>boxplot</i> dos Refletidos.....	271
Tabela 14: Matriz de dados utilizada na construção do <i>boxplot</i> dos Relatórios.....	272
Tabela 15: Matriz de dados utilizada na construção do <i>boxplot</i> de Termoquímica...	277
Tabela 16: Matriz de dados utilizada na construção do <i>boxplot</i> de Cinética Química.....	278
Tabela 17: Matriz de dados utilizada na construção do <i>boxplot</i> de Eletroquímica....	279
Tabela 18: Frequência global e porcentagem de codificações para cada uma das categorias analisadas nos documentos físicos.....	292
Tabela 19: Frequência de codificações por SEI para os documentos físicos.....	294
Tabela 20: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Fundamentação teórica para o levantamento de hipóteses e resolução” (C1) nos documentos físicos.....	296

Tabela 21: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos (C2) nos documentos físicos.....	299
Tabela 22: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Críticidade e Refletividade” (C3) nos documentos físicos.....	302
Tabela 23: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Linguagem” (C5) nos documentos físicos.....	306
Tabela 24: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Fundamentação Teórica para o Levantamento de Hipóteses e a Resolução” (C1) nos relatórios.....	311
Tabela 25: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos” (C2) nos relatórios.....	314
Tabela 26: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Críticidade e Refletividade” (C3) nos relatórios.....	318
Tabela 27: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Análise e Discussão de Dados” (C4) nos relatórios.....	320
Tabela 28: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Linguagem” (C5) nos relatórios.....	323
Tabela 29: Frequências de categorização para os trechos codificados nos transcritos dos grupos focais.....	325
Tabela 30: Comparativo das porcentagens de codificação globais para C3 em relação aos documentos analisados.....	330
Tabela 31: Relação entre as porcentagens de codificação totais e os documentos analisados nesta questão de pesquisa.....	337
Tabela 32: Comparativo das porcentagens de codificação para os documentos físicos e os relatórios ao longo da aplicação do <i>design</i>	340

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Graus de liberdade do professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.....	76
Quadro 2: Graus de Liberdade Intelectual dos alunos em uma SEI adaptados para o Ensino Superior.....	78
Quadro 3: Aspectos de Natureza da Investigação Científica propostos por Lederman e colaboradores (2014).....	99
Quadro 4: Aspectos de NiC reformulados e correlacionados com as questões do questionário VOSI.....	101
Quadro 5: Aspectos de NiC reformulados e sua relação com as questões do questionário VASI.....	102
Quadro 6: Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de Termoquímica do nosso <i>design</i>	113
Quadro 7: Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de Cinética Química do nosso <i>design</i>	115
Quadro 8: Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de Eletroquímica do nosso <i>design</i>	117
Quadro 9: Algumas tipologias para a pesquisa mista.....	124
Quadro 10: Matriz curricular do curso de Licenciatura em Química em 2019.....	145
Quadro 11: Extrato do plano de ensino da disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral.....	149
Quadro 12: Estratos categoriais empregados na análise dos grupos focais e respostas dos refletidos.....	201
Quadro 13: Relação entre as atividades experimentais compreendidas no <i>design</i> e os documentos produzidos.....	203
Quadro 14: Categorias analíticas para a experiência comum e a experiência científica dos grupos analisados.....	210
Quadro 15: Síntese da triangulação realizada para a análise do corpus compreendido por esta pesquisa.....	220

Quadro 16: Visão geral da quantidade de trechos codificados na análise dos grupos focais.....	225
Quadro 17: Extratos representativos dos trechos codificados como sendo menos informados para as categorias assinaladas.....	227
Quadro 18: Extratos representativos dos trechos codificados como sendo mistos para as categorias assinaladas.....	228
Quadro 19: Extratos representativos dos trechos codificados como sendo mais informados para as categorias assinaladas.....	229
Quadro 20: Relação entre as atividades experimentais realizadas compreendidas no <i>design</i> e os documentos produzidos.....	268

ÍNDICE DE APÊNDICES

Apêndice A: Roteiro Experimental De Termoquímica 1.....	364
Apêndice B: Texto-Base Da Aula Especial Sobre NiC.....	370
Apêndice C: Formulário De Proposição De Hipóteses E Procedimentos Experimentais.....	377
Apêndice D: Modelo para a Proposta De Procedimento Experimental.....	379
Apêndice E: Roteiro Para Condução Do Grupo Focal.....	381
Apêndice F: Roteiro Experimental De Termoquímica 2.....	383
Apêndice G: Roteiro Experimental De Termoquímica 3.....	389
Apêndice H: Roteiro Experimental De Cinética Química 1.....	393
Apêndice I: Roteiro Experimental De Cinética Química 2.....	397
Apêndice J: Roteiro Experimental De Cinética Química 3.....	404
Apêndice L: Roteiro Experimental De Eletroquímica 1.....	409
Apêndice M: Roteiro Experimental De Eletroquímica 2.....	415
Apêndice N: Texto-Base Para O Experimento De Eletroquímica 2.....	420
Apêndice O: Roteiro Experimental De Eletroquímica 3.....	423
Apêndice P: Adendo Da Atividade Experimental De Eletroquímica 3 (Protocolos Experimentais).....	427
Apêndice Q: Procedimentos Estatísticos Suplementares Realizados Para a Questão de Pesquisa 2 (Conteúdos Químicos).....	437
Apêndice R: Análises Estatísticas para as SEIs e Panorama da Intervenção Para Os Relatórios Finais.....	442

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC: Análise de Conteúdo

C1: Código de referência para a categoria analítica “Fundamentação Teórica para o Levantamento de Hipóteses e a Resolução”

C2: Código de referência para a categoria analítica “Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos”

C3: Código de referência para a categoria analítica “Crítica e Refletividade”

C4: Código de referência para a categoria analítica “Análise e Discussão de Dados”

C5: Código de referência para a categoria analítica “Linguagem”

DBR: *Design Based Research*

ExpCi: Mais Próximo da Experiência Científica

ExpCo: Mais Próximo da Experiência Comum

IA: Índice de Assertividade

IQ/Car: Instituto de Química - UNESP/Cidade de Araraquara

IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry

NdC: Natureza da Ciência

NiC: Natureza da Investigação Científica

NRC: National Research Council

NSES: National Science Education Standards

SEI: Sequência de Ensino Investigativa

VOSI: Views of Scientific Inquiry Questionnaire

VASI: Views About Scientific Inquiry Questionnaire

ZDP: Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1. Introdução	30
2. Objetivo de pesquisa.....	45
3. Contribuições epistemológicas de Gaston Bachelard	46
3.1 Preâmbulo.....	46
3.2 A ruptura epistemológica.....	50
3.3 Os obstáculos epistemológicos: descrição e relações com o Espírito Científico... 51	
3.3.1 <i>A Experiência Primeira: o peso das primeiras imagens</i>	<i>55</i>
3.3.2 <i>O Conhecimento Geral: a problemática das generalizações imediatas ou desatinadas</i>	<i>58</i>
3.3.3 <i>O Obstáculo Verbal: extensão inconsequente de imagens primeiras</i>	<i>60</i>
3.3.4 <i>A Unidade: unitarismo e pragmatismo como obstáculos epistemológicos</i>	<i>62</i>
3.3.5 <i>O Obstáculo Substancialista: a qualidade como suma característica do fato não racionalizado.....</i>	<i>64</i>
3.3.6 <i>O Realismo: o sentimento de posse como obstáculo para o conhecimento</i>	<i>68</i>
3.3.7 <i>O Obstáculo Animista: o vital como fulcro de respostas inconvenientes...</i>	<i>69</i>
3.3.8 <i>O conhecimento quantitativo como obstáculo epistemológico</i>	<i>71</i>
3.4 Uma discussão acerca do Espírito Científico.....	73
3.4.1 <i>A criticidade</i>	<i>74</i>
3.4.2 <i>Questionamento e racionalidade</i>	<i>76</i>
3.4.3 <i>A objetividade científica</i>	<i>77</i>
3.4.4 <i>A variação do conhecimento.....</i>	<i>79</i>
4. Ensino Por Investigação	83
4.1 Sequências de Ensino Investigativas (SEIs).....	83
4.2 Inadequações da proposta original de SEIs para aplicação no Ensino Superior... 90	
4.3 Aspectos basilares da SEI para o Ensino Superior.....	93
4.4 Ensino por Investigação no Ensino Superior: o trabalho científico.....	102
4.4.1 <i>Aportes iniciais: a Natureza da Ciência</i>	<i>102</i>
4.4.2 <i>Os avanços de Lederman e seu grupo de pesquisa: A Natureza da Investigação Científica. Os questionários VOSI e VASI</i>	<i>112</i>
4.5 Investigação no Ensino Superior e Bachelard: rompendo com a Experiência Comum	120
4.5.1 <i>Caracterização da Experiência Comum</i>	<i>121</i>
4.5.2 <i>A Experiência Científica</i>	<i>125</i>
4.6 Atividades Investigativas no Ensino Superior de Química: aprendizagem dos conteúdos químicos	127
5. Procedimentos metodológicos	137

5.1	Tipo de Pesquisa.....	137
5.2	Desenho de Pesquisa: O Design Based Research ou Pesquisa Baseada em Design.....	143
5.2.1	<i>Preceitos para a implementação de pesquisas baseadas na DBR.....</i>	<i>145</i>
5.2.2	<i>Princípios de design.....</i>	<i>148</i>
5.2.3	<i>Compromissos metodológicos: o Ensino por Investigação e SEIs no Ensino Superior.....</i>	<i>150</i>
5.2.4	<i>Compromissos Epistemológicos: o rompimento com a Experiência Comum e a Natureza da Investigação Científica</i>	<i>152</i>
5.2.5	<i>Compromissos Disciplinares: os conteúdos químicos</i>	<i>157</i>
5.2.6	<i>Apresentação do grupo de design e preparativos pré-aplicação</i>	<i>159</i>
5.3	Contexto da pesquisa.....	161
5.4	Fontes de informação.....	167
5.5	Grupos Focais e Lembrança Estimulada	170
5.6	Critérios de Exclusão e Grupos Estudados	172
5.7	Descrição da implementação do design	172
5.7.1	<i>Primeira aula do semestre: atividade introdutória sobre NiC</i>	<i>176</i>
5.7.2	<i>Termoquímica 1</i>	<i>178</i>
5.7.3	<i>Termoquímica 2</i>	<i>181</i>
5.7.4	<i>Termoquímica 3</i>	<i>183</i>
5.7.5	<i>Cinética Química 1</i>	<i>186</i>
5.7.6	<i>Cinética Química 2</i>	<i>187</i>
5.7.7	<i>Cinética Química 3</i>	<i>189</i>
5.7.8	<i>Eletroquímica 1</i>	<i>190</i>
5.7.9	<i>Eletroquímica 2</i>	<i>192</i>
5.7.10	<i>Eletroquímica 3</i>	<i>194</i>
5.8	Instrumentos para coleta de dados.....	197
5.8.1	<i>Grupos Focais.....</i>	<i>197</i>
5.8.2	<i>Questionários.....</i>	<i>200</i>
5.9	Análise de Conteúdo	201
5.9.1	<i>O método e seus componentes: a pré-análise</i>	<i>203</i>
5.9.2	<i>O método e seus componentes: a exploração do material</i>	<i>205</i>
5.9.3	<i>A codificação.....</i>	<i>206</i>
5.9.4	<i>A categorização.....</i>	<i>212</i>
5.9.5	<i>A inferência</i>	<i>216</i>
5.10	Procedimentos da AC realizados.....	217
5.10.1	<i>Primeira questão de pesquisa: compreensão dos conceitos de Natureza da Investigação Científica.....</i>	<i>217</i>

5.10.2	<i>Segunda questão de pesquisa: compreensão dos conteúdos químicos</i>	220
5.10.3	<i>Terceira questão de pesquisa: afastamento da experiência comum</i>	224
5.11	Princípios da Análise Estatística	228
5.11.1	<i>Medidas de tendência central: média, mediana e moda</i>	229
5.11.2	<i>Medidas de dispersão: alcance, desvio padrão, variância e o intervalo interquartil</i>	231
5.11.3	<i>Combinando valores médios com medidas de dispersão: o gráfico de caixa ou boxplot</i>	233
5.12	Triangulação	236
6.	Resultados e discussão	239
6.1	Primeira Questão de Pesquisa: Compreensão da Natureza da Investigação Científica	239
6.1.1	<i>Considerações iniciais sobre NiC</i>	239
6.1.2	<i>Primeiro bloco: grupos focais</i>	240
6.1.3	<i>Análise dos extratos representativos da categoria menos informados</i>	248
6.1.4	<i>Análise dos trechos codificados como sendo mistos</i>	250
6.1.5	<i>Análise dos trechos codificados como sendo mais informados</i>	252
6.1.6	<i>Segundo bloco: refletindo</i>	254
6.1.7	<i>Panorama do desempenho dos grupos</i>	259
6.1.8	<i>Aspecto 1: Teste de hipóteses ou resposta de uma pergunta?</i>	261
6.1.9	<i>Aspecto 2: Não há um Método Científico?</i>	263
6.1.10	<i>Aspecto 3: procedimentos propostos versus questão de pesquisa</i>	267
6.1.11	<i>Aspecto 4: Procedimentos iguais, cientistas diferentes</i>	270
6.1.12	<i>Aspecto 5: mesmos problemas, diferentes abordagens</i>	272
6.1.13	<i>Aspecto 6: consistência entre dados e conclusões obtidas</i>	275
6.1.14	<i>Aspecto 7: dados e evidências científicas não são a mesma coisa?</i>	277
6.1.15	<i>Desfecho e considerações finais sobre NiC</i>	281
6.2	Segunda Questão de Pesquisa: Compreensão dos Conteúdos Químicos	284
6.2.1	<i>Considerações iniciais sobre os conteúdos químicos</i>	284
6.2.2	<i>Análises estatísticas realizadas</i>	285
6.2.3	<i>Análise e discussão de dados: primeiro grupo de boxplots</i>	287
6.2.4	<i>Análise e discussão de dados: segundo grupo de boxplots</i>	294
6.2.5	<i>Desfecho e considerações finais sobre os conteúdos químicos</i>	304
6.3	Terceira Questão de Pesquisa: Afastamento da experiência comum e aproximação da experiência científica	307
6.3.1	<i>Considerações iniciais sobre o afastamento de uma experiência comum e a aproximação de uma experiência científica</i>	307
6.3.2	<i>Primeiro segmento: documentos físicos</i>	308
6.3.3	<i>Segundo segmento: relatórios</i>	327

6.3.4 Terceiro segmento: grupos focais.....	342
6.3.5 Desfecho e considerações finais sobre o afastamento de uma experiência comum e a aproximação de uma experiência científica.....	354
6.4 Considerações finais e resposta ao problema de pesquisa	360
7. Conclusões e perspectivas futuras.....	370
Referências	376
Apêndices	381
Apêndice A: Roteiro Experimental De Termoquímica 1.....	382
Apêndice B: Texto-Base Da Aula Especial Sobre NiC	388
Apêndice C: Formulário De Proposição De Hipóteses E Procedimentos Experimentais.....	395
Apêndice D: Modelo para a Proposta De Procedimento Experimental	397
Apêndice E: Roteiro Para Condução Do Grupo Focal	399
Apêndice F: Roteiro Experimental De Termoquímica 2.....	401
Apêndice G: Roteiro Experimental De Termoquímica 3	407
Apêndice H: Roteiro Experimental De Cinética Química 1.....	411
Apêndice I: Roteiro Experimental De Cinética Química 2.....	415
Apêndice J: Roteiro Experimental De Cinética Química 3.....	422
Apêndice L: Roteiro Experimental De Eletroquímica 1.....	427
Apêndice M: Roteiro Experimental De Eletroquímica 2.....	433
Apêndice N: Texto-Base Para O Experimento De Eletroquímica 2.....	438
Apêndice O: Roteiro Experimental De Eletroquímica 3	441
Apêndice P: Adendo Da Atividade Experimental De Eletroquímica 3 (Protocolos Experimentais).....	445
Apêndice Q: Procedimentos estatísticos suplementares realizados para a questão de pesquisa 2 (Conteúdos Químicos).....	455
Apêndice R: Análises Estatísticas para as SEIs e Panorama da Intervenção Para Os Relatórios Finais	460
Anexos	469
Anexo A: Questionário VASI Original.....	470

Apresentação

*Eu me sinto infeliz
Eu me sinto tão triste
Eu perdi o melhor amigo
Que eu já tive
(...)*

*Eu estou passando por mudanças
Eu estou passando por mudanças*

(Black Sabbath – Changes, tradução livre)

De acordo com o neuropsicólogo Prof. Dr. Russell Alan Barkley, um dos principais nomes em escala internacional no que se refere ao estudo e compreensão do que é conhecido como Transtorno do Déficit de Atenção (TDAH), a condição pode ser explicada de maneira “simples”, porém coesa da seguinte forma:

O TDAH representa o extremo da distribuição de vários traços normais altamente correlacionados na população humana, assim como a inteligência. Neste caso, esses traços são *desatenção (especificamente distração, baixa persistência ou atenção sustentada), inibição e funcionamento executivo (autorregulação)*. Quando o grau de déficits (sintomas) nesses traços atinge um certo ponto onde eles levam a prejuízos para o indivíduo (comprometimento em domínios importantes das atividades da vida, aumento do risco de lesão ou morte), então esses déficits se tornam um transtorno. Portanto, o status de um "transtorno" começa onde o prejuízo ou comprometimento começam nesses casos de traços dimensionais - em resumo, o ambiente reage criando consequências adversas para o indivíduo no extremo inferior dessas dimensões de traço (ou extremo superior dos sintomas).

Eu pensei ser interessante trazer essa fala para iniciar minha apresentação pois, a tese que aqui se apresenta ao leitor foi escrita por um indivíduo que possui TDAH, e tal indivíduo entende que, enquanto pessoa, não há como se apresentar factualmente sem dar ciência que ele possui TDAH, uma vez que a condição moldou, desenhou, e continuará moldando e desenhando sua vida para sempre. E o mesmo indivíduo se aborrece muito com as noções simplistas, vagas, populares que são comumente associadas à sua condição. E a fala do professor Barkley é bastante adequada nesse tocante.

Desde muito antes do meu diagnóstico, em 2012, o TDAH já me atrapalhava, sem saber de sua existência. Preguiçoso. Desatento. Desleixado. Desinteressado. Esses e muitos outros penduricalhos foram atribuídos à minha pessoa desde criança. A despeito disso, sempre fui considerado uma pessoa inteligente, como sou considerado até hoje. Aprendia fácil; isso ajudou a mascarar por um bom tempo a

condição. O filho que passou no vestibular para o bacharelado em química na segunda chamada sem nem ter estudado.

Mas eu trocaria sem pensar duas vezes minha inteligência por uma vida sem TDAH.

Não tardou muito na graduação para a condição me passar uma bela de uma rasteira; quando me vi precisando de recursos complexos como por exemplo a autorregulação ou a atenção sustentada – recursos que as pessoas neurotípicas desenvolvem ao amadurecer – eles não estavam lá. E com a falta deles, uma penca de reprovações foi o resultado.

O TDAH me fez atrasar na graduação. O TDAH me fez atrasar o mestrado e, logicamente, o TDAH também tem sua significativa parcela de culpa aqui e agora, no fato de apenas agora estar finalizando minha tese de doutorado. E ainda terá sua influência nos meus próximos passos. Não existe uma fórmula mágica, não existe uma cura; meu cérebro é anatomicamente diferente do cérebro de uma pessoa neurotípica. Meu córtex pré-frontal e cíngulo anterior são menos desenvolvidos, bem como meu lobo temporal, espaço fusiforme, cerebelo, sistema límbico e possivelmente outras áreas. Você não resolve o TDAH com o metilfenidato, com o dimesilato de lisdexametamina ou com a atomoxetina (que são as medicações aprovadas para o tratamento farmacológico do TDAH no Brasil). Você também não resolve com psicoterapia – apesar de ajudar a lidar com as frustrações que enfrento quase que diariamente.

Como em qualquer condição clínica de natureza anatômica e permanente, o máximo que eu consigo ter é uma redução de danos. Viver com TDAH é, todos os dias, acordar e tentar vencer o seu maior inimigo: você mesmo. Você é o seu próprio obstáculo na grande maioria das vezes. A necessidade bizarra de procrastinar; planejar uma semana de trabalho e ter de se esforçar brutalmente para conseguir cumprir uma parte dela, quando muito; a mente barulhenta e ruidosa quase que permanentemente; a memória de “peixinho dourado” que não consegue armazenar quase nada de informação. A péssima capacidade de atenção sustentada que torna qualquer tarefa que demore mais do que 15 minutos uma eternidade – e o mesmo vale para o contrário – perceber como uma eternidade uma tarefa que demora 15 minutos. Isso é o que a literatura médica especializada chama de “distorção temporal” do TDAH. A maneira com que eu percebo e quantifico o tempo mentalmente é bizarra,

fazendo com que eu necessite de indicadores visuais para conseguir perceber o tempo como ele de fato passa, bem como para planejar meu futuro. Apesar de toda a tecnologia que existe atualmente, todas as geringonças para organização, planejamento e afins, o artefato que mais me ajuda na organização dos meus trabalhos diários é um quadro branco, pendurado na parede atrás da minha escrivaninha, no qual escrevo com letras garrafais tudo que tenho que fazer no dia, ou ao longo de um dado período. O posicionamento dele é estratégico; é impossível eu me sentar ou me levantar da cadeira sem dar de cara com as coisas escritas nele.

Além de tudo, o TDAH é correlacionado a uma série de comorbidades decorrentes das problemáticas que envolvem tanto seus sintomas quanto seu tratamento: Transtorno de Ansiedade Generalizado (TAG); Depressão Maior; Transtorno Obsessivo Compulsivo (TOC); Tiques; Transtorno de uso de Substâncias. E várias outras coisas boas. Eu mesmo, conjuntamente ao TDAH, lido com pelo menos duas das condições listadas acima. O tratamento farmacológico afeta o meu humor, atrapalha meu sono e outros mais efeitos adversos. E, mesmo medicado, tenho plena noção que minha capacidade executiva é significativamente menor do que a de uma pessoa neurotípica.

No início de 2023, meu pai foi diagnosticado com câncer de pulmão, metastático, em fase terminal. Sempre que eu penso sobre o que aconteceu com o meu pai, todo o sofrimento que ele passou ao longo do tratamento que deu apenas 4 meses de sobrevida para ele, eu penso que preferia ser ignorante e não saber o que estava acontecendo. Mas desde antes da consulta com o oncologista, ao ler o laudo da ressonância, eu já sabia que ele estava com câncer; quando o médico comentou o protocolo de tratamento, ao chegar em casa eu pesquisei e soube que a mediana de sobrevida para o caso do meu pai era de 10 meses. Na semana em que meu pai descansou, dias antes de acontecer eu já sabia que ele ia partir, pois eu pesquisei pelos sinais físicos uma pessoa moribunda exibe nos seus últimos dias de vida, e meu pai estava exibindo vários deles. Eu sofri vendo o meu pai sofrer, sofri por saber que de repente eu só tinha alguns poucos meses com ele, sofri por saber que ele ia partir antes de ele partir. Porém, muito mais do que todo o sofrimento que eu poderia continuar relatando, eu sofri por ter a certeza de que o meu pai não estaria aqui para ver eu me formar doutor.

Essa é uma dor que eu venho carregando há muito tempo, e por causa dela passei por um período de depressão profunda, ao longo do qual até cogitei abandonar o doutorado, mesmo ele já estando em fase de finalização. Mas eu pensei muito, e pensei principalmente nele, meu pai; se ele estivesse aqui, iria querer me ver formado. Essa era a maior felicidade e orgulho que ele tinha; falar, em alto e bom som, para todos seus amigos e família, que seu filho “era doutor”. Eu não podia permitir que este sonho, meu e do meu pai, não viesse a se concretizar.

A minha apresentação não é um currículo. Isto é facilmente obtido na Plataforma Lattes, e ela não descreve quem eu sou. A minha apresentação é uma história de dores e tristezas. É uma história de muita luta e várias decepções. É sobre o que poderia ter sido, e não foi. Mas cá estou, contra todas as adversidades, como Paulo diz, na bíblia, em Filipenses 3:13-14: “... esquecendo-me das coisas que para trás ficam e avançando para as que diante de mim estão, prossigo para o alvo”.

Meu nome é Matheus Almeida Bauer Zytkeuysz, químico por amor, acadêmico por bravura, professor pelo deleite imensurável que somente a docência proporciona, e esta é a minha tese de doutoramento, escrita com muito suor, sangue e lágrimas.

1. Introdução

De acordo com o Dicionário Oxford da Língua Portuguesa (Press, 2024), o significado da palavra ciência é:

1. conhecimento atento e aprofundado de algo;
2. corpo de conhecimentos sistematizados adquiridos via observação, identificação, pesquisa e explicação de determinadas categorias de fenômenos e fatos, e formulados metódica e racionalmente.

Podemos dizer, então, que a ciência (doravante restringindo o entendimento da palavra apenas às ciências naturais, como a Química, Matemática, Física e Biologia e demais áreas afluentes deste quarteto) pensando na primeira definição, revela a necessidade de um conhecimento profundo e especializado em uma área específica – tal elemento sendo crucial na prática científica. Esse domínio é adquirido por meio de estudos bem desenhados e apropriados para o segmento específico que esteja sendo trabalhado. Já a segunda definição destaca a natureza metodológica e sistêmica do conhecimento científico, sublinhando a importância da observação¹, pesquisa e explicação racional de fenômenos. Esses processos, realizados de forma metódica e racional, são fundamentais para a organização e validação do conhecimento científico.

É bastante evidente que a palavra ciência, pelo menos em uma primeira aproximação de sua definição, engloba uma multitude de ações coordenadas e frequentemente dependentes entre si – as quais não são, de maneira alguma, triviais. Pensando na não-trivialidade da coisa científica, qual seria a maneira mais apropriada de ensinar ciência? Vamos iniciar com a fundamentação de que o ensinar ciência seja um processo pedagógico cuja finalidade é possibilitar ao educando que ele seja capaz de responder – com algum grau de adequação – às seguintes perguntas postas por Derek Hodson (2005), um renomado pesquisador na área de ensino das ciências da natureza:

- ✓ O que é ciência?
- ✓ Como se faz ciência?

¹ É interessante notar como, no próprio dicionário, uma das definições de ciência carrega um pendor empirista no qual a observação está intimamente atrelada ao ato de pesquisa e explicar fenômenos. Não é de surpreender, portanto, que tal entendimento seja uma das visões deformadas sobre ciência mais comuns segundo Gil-Pérez e colaboradores (2001).

✓ Por que fazer ciência?

Em teoria, portanto, o ensino de ciências, pensando nessas três questões, teria como repercussões específicas as seguintes subjacências:

- ✓ "O que é ciência?" subentende a compreensão dos princípios e características fundamentais da ciência como uma forma de conhecimento sistemático e baseado em evidências – cuja natureza pode ser experimental ou não (Lederman *et al.*, 2014). Isso envolve explorar a natureza da investigação científica, suas metodologias e os critérios pelos quais o conhecimento científico é validado;
- ✓ "Como se faz ciência?", por sua vez, direciona o foco para os processos e protocolos envolvidos nas investigações científicas. Isso inclui a pesquisa, apropriação e seleção das variadas metodologias científicas, as quais costumam incluir – sendo importante frisar que tais processos não são imprescindíveis para toda investigação científica – a observação de fenômenos, a experimentação, a elaboração de hipóteses, a análise de dados e, por fim, uma conclusão que pode ou não apresentar um fechamento com respeito à questão que suscitou a investigação desempenhada. O entendimento de tais aspectos do “fazer ciência” possibilita que os alunos sejam capazes de compreenderem estejam minimamente aptos a participarem ativamente do processo científico de maneira adequada;
- ✓ "Por que fazer ciência?" trata, de maneira global, a importância e o propósito da atividade científica. Assim sendo, tal pergunta roga que o respondente entenda como a ciência contribui para o avanço do conhecimento humano, o desenvolvimento humano e tecnológico, e, por fim, porém não menos importante, como tais aspectos são inevitavelmente pautados e impactam na sociedade e vivência dos não participantes da cidadela científica (Lederman *et al.*, 2002) – sobretudo no que tange ao público comum tomar escolhas informadas as quais sejam em alguma medida fundamentadas no conhecimento científico².

² Apesar deste comentário, que julgamos ser pertinente para uma colocação mais robusta, a relação entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) é limitada aos aspectos pautados por Lederman e colaboradores (2002; 2014), não adentrando nas questões mais específicas da área. Tais aspectos serão discutidos com maior detalhe na seção específica que tratamos sobre a aprendizagem sobre ciência.

Em conjunto, esses questionamentos – em teoria – forneceria uma estrutura sólida para o aprendizado da ciência, possibilitando aos alunos serem capacitados a não meramente compreenderem os conhecimentos científicos, mas também associarem a sua significação e impacto na sociedade.

O que se observa, contudo, conforme reportado na literatura (Hofstein e Yager, 1982; Gil-Pérez *et al.*, 2001; Anderson, 2002; Praia, Cachapuz e Gil-Pérez, 2002) é que há uma tendência em contextos educacionais³ de enfatizar o que Gil-Pérez e colaboradores (2001) e Lederman e colaboradores (2002; 2014) nomeiam, respectivamente – e nesta tese doravante chamaremos de noções menos informadas da atividade científica, Natureza da Ciência (NdC) e Natureza da Investigação Científica (NiC), sendo algumas delas:

- o pendor na exposição de fatos e teorias “estabelecidas”;
- o papel crucial do empirismo nos processos científicos;
- a ênfase nos resultados e produtos acabados;
- a desconexão da atividade científica do contexto social;
- a centralização do conhecimento científico em “figuras notáveis”;
- a ciência como um construto rígido e inflexível;
- a descontextualização social e histórica da ciência;
- a ciência como uma prática largamente individual;
- a ideia acumulativa e linear da construção do conhecimento científico ao longo do tempo.

Tais noções menos informadas podem implicar em uma série de aprendizados inadequados por parte dos estudantes; comentamos a seguir brevemente algumas delas. Por exemplo, o pendor na exposição de fatos e teorias “estabelecidas” pode levar os alunos a verem a ciência como um conjunto fixo e estático de conhecimentos, em vez de entenderem que a ciência se dá, em verdade, por processos altamente dinâmicos nos quais os aspectos estabelecidos são reiteradamente desafiados ao longo do tempo. A desconexão da atividade científica do contexto social pode levar os

³ Para clareza, empregamos este termo para abarcar três etapas do percurso do ensino brasileiro e seus respectivos contextos – o Ensino Fundamental, o Ensino Médio e o Ensino Superior (quando se aplicar).

alunos a subestimarem o impacto da ciência na sociedade e a não apreciarem as implicações éticas, políticas e econômicas da pesquisa científica (Lederman *et al.*, 2002). A centralização do conhecimento científico em "figuras notáveis" pode transmitir a ideia de que a ciência é realizada apenas por indivíduos excepcionais, desconsiderando o papel crucial das comunidades científicas e das colaborações interdisciplinares (Gil-Pérez *et al.*, 2001). A ciência, vista como um construto rígido e inflexível, pode limitar a capacidade dos alunos de reconhecerem e aceitarem a natureza incerta e revisionista dos mais variados conceitos científicos. A ideia acumulativa e linear do conhecimento científico ao longo do tempo pode fomentar a negligência da importância dos processos de revisão, exploração, formação e desconstrução de paradigmas científicos ao longo da história, ou seja; o não reconhecimento de momentos cruciais em que o conhecimento científico é transformado e reestruturado para que ele possa continuar progredindo (Kuhn, 2000).

Assim sendo, possibilitar aos alunos a compreensão dos aspectos de NdC e NiC não se trata, de maneira alguma, de uma tarefa trivial. É necessário que haja uma abordagem explícita de tais conceitos (Lederman *et al.*, 2014) por parte do docente, além de que eles devem ser devidamente vinculados ao conhecimento disciplinar sendo lecionado. Ou seja: a compreensão destes conceitos requer abordagens específicas e cuidadosamente planejadas, envolvendo não apenas a mera transmissão de informações, mas experiências significativas⁴ e reflexivas que desafiem e reconstruam as concepções dos alunos sobre a natureza e a prática da ciência.

Pensando nesse sentido, é inevitável que a discussão esbarre na maneira com que a ciência é ensinada, ou seja, nas metodologias⁵ para o ensino de ciências. Não mais pensando no ensino de ciências como um todo, mas afunilando a discussão para o ensino superior – para fins de realizarmos um primeiro movimento de estreitamento dessa introdução para o contexto específico desta tese de doutoramento – vários trabalhos (Tsai, 2002; Akkus, Gunel, Hand, 2007; Hussain; Azeem, Shakoora, 2011; Carvalho, 2013; Lee e Grapin, 2022) apontam que o que é comumente chamado de “abordagem tradicional” predomina no ensino de disciplinas como matemática, física,

⁴ Para clareza, o sentido da palavra significativa usado aqui é o amplo, dicionarizado, e não o entendimento específico ausubeliano da teoria da aprendizagem significativa (Silva, 2020).

⁵ Para clareza, a significação utilizada para o termo metodologia é a que consta no trabalho publicado por Alves e Bego (2020). Cf. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/14625>

química e biologia. Tal abordagem geralmente se concentra em métodos de instrução mais diretos, como aulas expositivas (*lectures*), enfoque majoritário na transmissão do conteúdo disciplinar e assentar a aprendizagem por meio de exercícios ou tarefas repetitivas, bem como atividades de teor verificativo ou confirmatório quando da ocasião de atividades experimentais estarem envolvidas (Carvalho, 2013).

Mizukami, em seu livro *Ensino: abordagens do processo* (1986), traz um panorama bastante completo para caracterizar a metodologia⁶ tradicional de ensino (ou Ensino por Transmissão). Alguns dos pontos-chave elencados pela autora para sua caracterização são:

- ✓ *Centralização no professor.* Possivelmente o aspecto mais fundamental da metodologia tradicional, o professor é visto como máxima autoridade nos contextos de ensino, sendo o detentor do conhecimento e tendo como tarefa transmitir tal conhecimento para os alunos, sobretudo quando em sala de aula.
- ✓ *Relação verticalizada entre aluno e professor.* Nessa relação, os atributos de poder, autoridade e controle são, de maneira geral, de posse única e exclusiva do professor, restando ao aluno se posicionar de maneira subordinada. Tal característica costuma implicar, no domínio pedagógico, em aulas cuja interação aluno e professor serem bastante limitadas ou ausentes, na qual o professor transmite seus conhecimentos aos alunos, os quais passivamente se apropriam deles.
- ✓ *Aprendizagem baseada na memorização e repetição.* Na metodologia tradicional, em decorrência dos últimos dois elementos, o impacto na forma de aprendizagem implica na forte ênfase na memorização de conceitos, ideias ou fórmulas matemáticas. Para reforçar tal aprendizagem, o uso da aprendizagem mecânica, ou seja, baseada na repetição, é o mais comum para esta abordagem.

⁶ A autora usa a palavra *abordagem*, porém, para fins de consistência e por entendermos que se encaixa com a significação proposta no trabalho de Alves e Bego (2020), empregamos a palavra *metodologia* em seu lugar.

- ✓ *Avaliações somativas.* Por fim, como consequência direta do item anterior, a mensuração da aprendizagem do aluno reflete majoritariamente na avaliação da sua capacidade de memorizar os conteúdos e, em menor proporção, sua habilidade em trabalhá-los em problemas. O aprendizado é verificado em pontos de controle pré-determinados os quais geralmente assumem o formato de testes (avaliações objetivas), avaliações escritas ou arguições orais (individuais ou em grupo) compreendendo o conteúdo ministrado. A devolutiva aos alunos geralmente se limita a dá-los ciência das notas atribuídas na avaliação, não sendo de prática comum a discussão da avaliação em classe e ainda menos comum uma devolutiva individual do desempenho do aluno.

Pensamos nós ser bastante evidente, com base na caracterização proporcionada por Mizukami (1986), que a metodologia de ensino tradicional se revela como sendo razoavelmente inapropriada no que concerne à aprendizagem dos conceitos fundamentais sobre NdC e NiC. Para título de exemplo, vamos trazer duas das noções deformadas comentadas anteriormente, o pendor em fatos e teorias estabelecidos e a ênfase em resultados e produtos acabados. Com o seu foco largamente conteudista (Gil-Pérez *et al.*, 2001), é bastante provável que o aluno, ao ser exposto a determinado conteúdo – o qual geralmente é desprovido de contextualização – venha a entender que aquele conteúdo apresenta um *status* pétreo, estático⁷. Assim, ao aprendê-lo, o aluno pode assumir que ele seja uma verdade absoluta – enquanto o conhecimento científico é, em verdade, caracterizado por sua natureza dinâmica, incerta e provisória (Lederman *et al.*, 2002). Além disso, a ênfase nos resultados e produtos é costumeiramente traduzida em uma aprendizagem descontextualizada e fragmentada – na qual apenas os elementos considerados essenciais são postos e costurados como retalhos em uma trama incoerente que, por vezes, dificulta o entendimento e a adequada compreensão do educando.

Entendendo, então, esses aspectos apresentados por Mizukami (1986) sobre a metodologia do ensino tradicional, especialmente sua influência na maneira como os

⁷ É importante notar que reconhecemos a ideia de “núcleo sólido de conhecimentos científicos”, o qual se refere a um conjunto de conhecimentos que é amplamente aceito pela comunidade científica, o qual não se atribui uma possibilidade de mudança ou atualização conceitual e geralmente é usado como base fundamental na construção de outros conceitos. Alguns exemplos de conhecimentos considerados pertencentes a tal núcleo são as leis da termodinâmica na física, a teoria mendeliana da genética na Biologia, propriedades de números na Matemática e a estrutura atômica e molecular na Química. Contudo, tais conhecimentos são bastante limitados e compreendem apenas uma pequena parte dos conteúdos das disciplinas de ciências exatas.

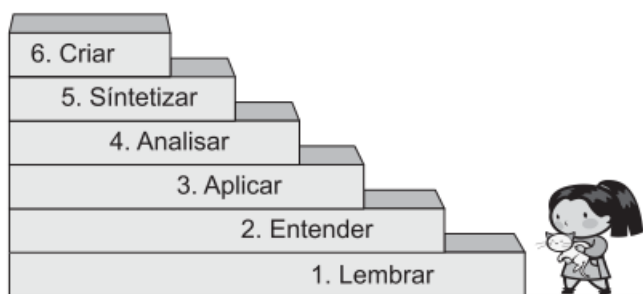
alunos compreendem as noções de NdC e de NiC, passamos agora para um segundo enfoque da nossa discussão. Vamos explorar como essa metodologia impacta diretamente a compreensão dos conceitos disciplinares pelos alunos. Afinal de contas, por ser uma metodologia cujo principal intento é a transmissão do conhecimento, é inevitável que analisemos como tal transmissão é avaliada na prática.

Armbruster e colaboradores (2009, p. 203, grifos nossos)⁸ fazem um comentário inicial bastante pertinente para iniciarmos nossa crítica,

O formato tradicional das aulas da maioria dos cursos introdutórios de ciências apresenta muitos desafios tanto para o ensino quanto para a aprendizagem. Embora um curso tradicional de palestras possa ser eficaz para disseminar um grande volume de conteúdo para um grande número de estudantes, *essas trocas unilaterais frequentemente promovem uma aprendizagem passiva e superficial e falham em estimular a motivação, confiança e entusiasmo dos estudantes*. Como consequência, o modelo tradicional de ensino pode frequentemente levar os estudantes a completarem sua graduação sem as habilidades que são importantes para o sucesso profissional.

É bastante interessante notar como o trecho grifado dialoga com alguns aspectos comentados anteriormente. O primeiro deles trata da questão que envolve uma suposta aprendizagem *passiva e superficial*. Ora, se o enfoque do ensino tradicional – mais especificamente seu alvo pedagógico e sua avaliação – é a memorização de conceitos e a posterior verificação da capacidade do aluno de relembrar tais conceitos, ao trazermos a taxonomia de Bloom para a conversa (Ferraz e Belhot, 2010), podemos refletir um pouco na Figura 1:

Figura 1: A taxonomia de Bloom revisada.



Fonte: Extraído de Ferraz e Belhot, p. 427, 2010.

⁸ No original, em inglês: The traditional lecture format of most large introductory science courses presents many challenges to both teaching and learning. Although a traditional lecture course may be effective for efficiently disseminating a large body of content to a large number of students, these one-way exchanges often promote passive and superficial learning and fail to stimulate student motivation, confidence, and enthusiasm. As a consequence, the traditional lecture model can often lead to students completing their undergraduate education without skills that are important for professional success.

Na taxonomia de Bloom, ocorre um ordenamento dos processos cognitivos que os seres humanos realizam em termos da carga cognitiva exigida – com tal carga cognitiva crescendo conforme “subimos a escadinha”. É de imediato reconhecimento que a metodologia do ensino tradicional, de maneira geral, trabalha com os dois primeiros níveis da taxonomia, que por sinal são os de menor carga cognitiva: o *lembrar* e o *entender*. É importante ressaltar o especial pendor ao processo de *lembrar*, o qual é enfatizado largamente pela maneira que o reforço e a avaliação da aprendizagem são realizados. O *entender* é um processo que costuma ficar subentendido, e também subavaliado (Bransford, Brown e Cocking, 2001). E, se alinhando com a nossa ideia de “colcha de retalhos” conceitual, os autores tecem um comentário bastante relevante (Bransford, Brown e Cocking, 2001, p. 67):

A nova ciência da aprendizagem não nega que fatos são importantes para o pensamento e resolução de problemas. A pesquisa na maestria em áreas como xadrez, história, ciência e matemática depende fortemente em um rico corpo de conhecimentos do conteúdo. Contudo, a pesquisa também aponta claramente que o “conhecimento útil” é distinto de uma mera listagem de fatos desconexos entre si. A perícia em usar o conhecimento é conectada e organizada em torno de conceitos centrais (...) e é condicionada a especificar os contextos nos quais eles são aplicáveis. Além disso, ela também suporta o entendimento e a transferência (para outros conceitos) além da simples habilidade de relembrá-los.⁹

Aqui temos um ponto crucial que é de extrema relevância para nossa discussão. Como os autores ressaltam, o conhecimento do conteúdo (Chai, Koh e Tsai, 2013) é altamente relevante; contudo, de pouco adianta se tal conteúdo não é organizado e, principalmente, se tal conhecimento não apresenta relações de sentido com seus conhecimentos antecedentes (Zytkuewicz, Bego e Martins de Godoi, 2023). O conhecimento desconexo, espalhado na mente do sujeito se torna um conhecimento essencialmente inútil ao pensarmos no momento em que ele necessitar utilizá-lo para trabalhar, por exemplo, ações que exijam um concerto cognitivo mais sofisticado as caracterizadas pelos verbos aplicar, analisar, sintetizar ou criar (Ferraz e Belhot, 2010).

⁹ No original, em inglês: The new science of learning does not deny that facts are important for thinking and problem solving. Research on expertise in areas such as chess, history, science, and mathematics demonstrate that experts' abilities to think and solve problems depend strongly on a rich body of knowledge about subject matter. However, the research also shows clearly that “usable knowledge” is not the same as a mere list of disconnected facts. Experts' knowledge is connected and organized around important concepts (...) and is “conditionalized” to specify the contexts in which it is applicable; it supports understanding and transfer (to other contexts) rather than only the ability to remember.

Realizando agora um segundo movimento de afunilamento – desta vez restringindo a nossa discussão apenas para o Ensino de Química universitário – é notório nos mais diversos programas de graduação em química, tanto para o bacharelado quanto a licenciatura, que haja uma divisão bastante clara entre disciplinas teóricas e práticas. Enquanto não é de nosso intento discutir sobre currículo neste trabalho, é imprescindível comentarmos como o distanciamento institucionalizado entre o conteúdo teórico e prático do curso de química pode ser prejudicial aos graduandos. Uma primeira crítica é feita a inerente separação entre o que é aprendido em sala de aula e o que é aprendido em laboratório. Tomemos o caso de disciplinas “gêmeas” que ocorre no curso de licenciatura o qual foi o contexto de nosso *design* (no primeiro ano do curso, há duas disciplinas que seriam supostamente conectadas entre si; a disciplina de Química Geral, de caráter teórico, e a disciplina de Laboratório de Ensino de Química Geral, de caráter experimental). É bastante comum que haja um descompasso entre os conteúdos químicos trabalhados na disciplina teórica e na disciplina prática. Enquanto isso é esperado – uma vez que existem conceitos específicos a serem ensinados no contexto do laboratório e *vice-versa* – por vezes o docente de uma das disciplinas se vê na necessidade de se ajustar ou revisitar ocasionalmente algum conteúdo ou outro, por conta de na outra disciplina o conteúdo já ter sido trabalhado muito antes.

Em virtude disso, é bastante comum que os alunos precisem de colóquios ou até mesmo aulas inteiras antes de realizarem atividades experimentais, uma vez que o intento da aula tradicional teórica é apenas transmitir os conceitos disciplinares aos alunos. Uma vez passados e avaliados tais conhecimentos, eles são engavetados até que surja uma situação que exija que eles os relembrem. Agora, enfim, vamos para o terceiro e último afunilamento desta nossa discussão inicial: como que todos esses elementos impactam na aprendizagem dos graduandos em aulas experimentais?

Antes de começarmos a falar das problemáticas envolvidas no contexto do ensino experimental, sobre como o ensino tradicional implica em problemas na aprendizagem e como isso também, consequentemente, afeta negativamente o entendimento dos alunos sobre noções de NdC e NiC, precisamos falar de raízes. Precisamos falar de onde vem esses problemas, pois não se trata apenas de uma questão metodológica, mas também de uma questão de crença, de um acúmulo de

penduricalhos (Bachelard, 1996) que são associados ao ensino experimental de ciências como um todo – mas falaremos apenas do contexto da química.

Retomando as nossas colocações iniciais sobre o aprender ciência segundo Hodson (2005), o laboratório, *a priori*, seria supostamente um palco mais que adequado para ensinar os alunos *como fazer ciência*. Coitados dos químicos teóricos. Mas enfim, Hodson (2005) e Flores, Sahelices e Moreira (2009) apontam que as atividades experimentais, supostamente:

1. Auxiliam na compreensão de fenômenos;
2. Fundamentam ou legitimam o conhecimento previamente exposto;
3. Promovem o desenvolvimento da criatividade e habilidades de resolução de problemas;
4. Auxiliam no desenvolvimento de habilidade associadas ao contexto experimental;
5. Simulam a atuação de um cientista;
6. Por geralmente serem trabalhadas de maneira coletiva (duplas, trios ou grupos maiores), as atividades experimentais são capazes de desenvolver habilidades sociais e comunicativas;
7. Por ser de natureza extensamente experimental, vários conceitos e fenômenos químicos são verificados e legitimados por intermédio da experimentação.

Estes são apenas alguns dos penduricalhos associados ao ensino experimental de química. É muito imediato entender que diversos desses atributos – largamente espontaneístas – são de rápida desconstrução. Relembremos a descrição de Mizukami (1986) para a metodologia de ensino tradicional, mais especificamente os níveis taxonômicos (Ferraz e Belhot, 2010) que envolvem o ensino tradicional. A intenção é apenas que os alunos lembrem e entendam os conceitos. A maneira com que isso se traduz – ou melhor dizendo, se transforma para o contexto experimental – se dá pelo intermédio do famoso roteiro experimental ou, como se fala em contexto internacional, o *recipe approach* (Domin, 1999) ou ainda *cookbook approach* (Zytkuewisz, Bego e de Godoi, 2023).

É muito, muito interessante observar como tudo se conecta perfeitamente, sobretudo quando pensamos sobre os preceitos do ensino tradicional (Mizukami, 1986). O que seria melhor, mais eficaz, mais eficiente para que os alunos lembrem e entendam conceitos, do que os repetir em um laboratório? E mais ainda, repeti-los sem a necessidade de pensar! Os roteiros experimentais, como Gil-Pérez e colaboradores (2001) muito bem descrevem, trazem um procedimento experimental acerca de um fenômeno ou conceito qualquer. Tal procedimento é geralmente exaustivamente detalhado e colocado em uma sequência de passos a serem seguidos. Para encerrar com todos os lauréis, eventualmente tal roteiro traz, de maneira explícita ou implícita, qual seria o “resultado correto” a ser alçado – isso quando o próprio professor não o faz. O ensino experimental de Química é a perfeita representação do item 3 das características do ensino tradicional: os alunos “aprendem” por meio da repetição e agora, melhor ainda, eles possuem a observação ao lado deles como elemento fundante, legitimador do conceito teórico.

Nós poderíamos – num movimento bastante exaustivo – tomar cada um dos aspectos listados por Hodson (2005) e Flores, Sahelices e Moreira (2009) e criticá-los individualmente, mas vamos tomar um outro caminho. Vamos falar sobre “o que há de bom” no ensino experimental tradicional. Evidentemente, o elemento 4 da listagem, que trata da aprendizagem de habilidades específicas ao contexto do laboratório, é atendido. Mas, em um segundo momento, tal aprendizagem não é um sucesso do ensino tradicional; é uma necessidade que independe da perspectiva metodológica. Se familiarizar com as vidrarias, com a instrumentação do laboratório é, em essência, o mesmo processo que aprender a escrever e usar um caderno ou um computador portátil para fazer anotações e comentários durante uma aula teórica. Não se trata de um triunfo da metodologia; é algo que precede qualquer metodologia, seja ela o Ensino por Descoberta, Ensino por Investigação, Aprendizagem por Problemas ou qualquer outra (Pedaste *et al.*, 2015). Os alunos precisam aprender e desenvolver tais habilidades tanto por questões executivas – no sentido de habilitar os alunos a realizarem a aula experimental – como por questões de segurança – uma vez que o laboratório de química é um ambiente repleto de fontes de dano físico temporário, permanente ou residual.

Um outro ponto que cabe uma crítica, que talvez nem seja necessária, porque é tão evidente que se trata de uma ideia completamente absurda, se trata do item 3,

que se refere ao desenvolvimento da criatividade e habilidade de resolução de problemas. Como é possível – em qualquer nível – desenvolver a criatividade do aluno dentro do ambiente sufocante que o roteiro experimental impõe? Como eles podem aprender a resolver problemas se não existem problemas, apenas uma sequência de passos cuidadosamente articulados para os levarem a um resultado pré-determinado? A ideia de resolver problemas e trabalhar a criatividade se torna mais impraticável ainda ao refletirmos com base em Bloom (Ferraz e Belhot, 2010); é impossível que haja processos criativos, que problemas sejam resolvidos se apenas o lembrar e o entender estejam envolvidos. Temos um impasse bastante claro – que revela a grave limitação do ensino experimental tradicional – é impossível desenvolver a criatividade ou resolver problemas pois a própria metodologia praticamente proíbe isso.

Pode se argumentar que os alunos *aplicam* seus conhecimentos nos laboratórios, mas será que é realmente um *aplicar* – no sentido do verbo de ação taxonômico – ou seria apenas a manifestação contextual do entender e do lembrar? Em vez de lápis, canetas e cadernos temos béqueres, pipetas e tubos de ensaio. Não, por via de regra o que os alunos fazem em atividades experimentais não é aplicar seus conhecimentos. O que acontece é um processo de mecanização, de automação, de condicionamento ambiental. A técnica não é aprendida, mas memorizada. Os alunos não aprendem e constroem conhecimentos no laboratório tradicional, eles se tornam peritos na execução de protocolos experimentais. Ao privarmos os alunos da possibilidade de julgar, criticar, analisar a experiência, não formamos um cientista; formamos um executor técnico (Hodson, 2005).

Para enfim, fornecermos a rede, o tronco que sustenta todas essas críticas – que também sustenta a hipótese central desta tese de doutoramento – trazemos uma pincelada do que o filósofo Gaston Bachelard diz sobre isso tudo que foi comentado até então. Para Bachelard, essa ênfase conteudista, essa sobrecarga conceitual – sobretudo no que se refere ao ensino teórico da química – é, em suas singelas palavras,

Pretexto para uma pedagogia detestável, atentatória ao bom senso mas que se mantém sem encontrar a mínima crítica em disciplinas que, de científicas, só têm o nome (Bachelard, 1996, p.266).

Em 1938 Bachelard publicava o livro “*La Formation de l'esprit scientifique*” e já trazia consigo uma série de críticas à maneira com que a ciência era feita, descrita e,

em menor proporção, ensinada¹⁰. O filósofo defende um construto – o espírito científico – o qual, em sua visão, representaria o elã vital do cientista para com a coisa científica. Para o filósofo, a tarefa primordial do espírito científico seria (Bachelard, 1996, p. 7),

Tornar geométrica a representação, isto é, delinear os fenômenos e ordenar em série os acontecimentos decisivos de uma experiência, eis a tarefa primordial em que se firma o espírito científico. De fato, é desse modo que se chega à quantidade representada, a meio caminho entre o concreto e o abstrato, numa zona intermédia em que o espírito busca conciliar matemática e experiência, leis e fatos.

Observem como que, em tão poucas palavras, Bachelard sintetiza alguns elementos ontológicos e epistemológicos absolutamente cruciais para entender o que é a prática científica e sua finalidade essencial. Em vez de distanciar, encaixotar os construtos científicos, Bachelard (1996) propõe que eles sejam parte de um cerne multifacetado, que conecta o abstrato ao concreto, a equação à experiência. Na contramão do que propõe a metodologia tradicional, a qual geralmente dispõe os conceitos como retalhos, Bachelard enseja um amálgama, uma relação tão próxima entre teoria e prática ao ponto de que elas sejam indistinguíveis em uma hipotética *zona intermédia*, conciliatória na qual abstrato e concreto, teoria e fato, todos se unem na tarefa de promover a construção do conhecimento científico.

Não sendo suficiente, Bachelard (1996, p.13 – 14) traz uma fala que se coloca totalmente em riste contra as noções menos informadas da prática científica, tanto em sua nuance teórica quanto experimental:

Já foi dito muitas vezes que uma hipótese científica que não esbarra em nenhuma contradição tem tudo para ser uma hipótese inútil. Do mesmo modo, a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotonamente verdadeira, sem discussão, para que serve? A experiência científica é, portanto, uma experiência que contradiz a experiência comum. Aliás, a experiência imediata e usual sempre guarda uma espécie de caráter tautológico, desenvolve-se no reino das palavras e das definições; falta-lhe precisamente esta perspectiva de erros retificados que caracteriza, a nosso ver, o pensamento científico. A experiência comum não é de fato construída; no máximo, é feita de observações justapostas, e é surpreendente que a antiga epistemologia tenha estabelecido um vínculo contínuo entre a observação e a experimentação, ao passo que a experimentação deve afastar-se das condições usuais da observação. Como a experiência comum não é construída, não poderá ser, achamos nós, efetivamente verificada. Ela permanece um fato. Não pode criar uma lei. Para confirmar cientificamente a verdade, é preciso confrontá-la com vários e diferentes pontos de vista.

¹⁰ O texto se dedica majoritariamente a criticar escolas filosóficas contemporâneas e passadas as quais ainda exerciam influência no ambiente acadêmico do filósofo, as quais Bachelard consideravam obsoletas e se dispunham como obstáculos para o progresso científico; contudo, há diversas menções ao longo da obra em que o filósofo faz claros apontamentos críticos acerca de como a ciência era ensinada, ou sugestivos de como ela deveria ser ensinada.

Pensar uma experiência é, assim, mostrar a coerência de um pluralismo inicial.

Lendo este distinto trecho em que, novamente, o filósofo traz em algumas poucas linhas uma densidade incrível de falas extremamente contundentes, é possível notar que ele dialoga com várias colocações nossas contidas nesta introdução. Por exemplo, o caráter tautológico da experiência usual – que se alinha com o protocolo de repetições do ensino tradicional – as observações justapostas, ou seja, que não seguem um pensamento, um raciocínio, fomentando uma noção espontaneísta e simplista da prática científica (Gil-Pérez *et al.*, 2001), e encerrando com a ausência de um *pluralismo inicial* – ora, se o roteiro é um só para todos, como podem diferentes pontos de vista surgirem? Ou seria uma melhor pergunta: podem pontos de vista diferentes surgirem? Bachelard (1996) faz questão de mostrar que uma experiência científica é uma tarefa complexa, com diversas nuances as quais cada uma contribui com sua respectiva relevância. O experimento não mais certifica o teórico. O verdadeiro deve ser questionado. A contradita não é apenas uma mera possibilidade indesejada – ela é construtora e reformadora do conhecimento científico, tal como Kuhn (2000) estabelece¹¹.

Mas a grande intenção de Bachelard com este livro não é esse debate. A grande proposta de Bachelard, que apresenta um fortíssimo alinhamento com o conhecimento químico é “mostrar o grandioso destino do pensamento científico abstrato” (Bachelard, 1996, p. 8). Como discutiremos posteriormente, a abstração deixa de ser recurso e se torna *método*. E aqui temos o enlace da proposta bachelardiana com o ensino de química: a busca pela abstração como construtora do conhecimento químico. Enquanto os pesos tradicionalistas oneram um ensino metafórico, ilustrado, experimental, Bachelard propõe que a abstração seja a principal ferramenta do químico – o qual se vê cada vez mais distante do *real sensível* e cada vez mais próximo do *real construído* a cada obstáculo epistemológico superado, a cada entendimento primeiro questionado.

Colocados estes breves expostos, podemos justificar nossa pesquisa destacando novamente que, a metodologia tradicional de ensino, muitas vezes centrada na transmissão expositiva de conteúdo, apresenta uma série de problemas que impactam negativamente, por exemplo, a aprendizagem de conceitos químicos.

¹¹ Aqui cabe ressaltar que as ideias Kuhnianas que pautam seu *Magnum Opus* “A estrutura das revoluções científicas” são significativamente influenciadas pelo pensamento bachelardiano.

Entre esses problemas podemos destacar a falta de engajamento dos estudantes, a superficialidade na compreensão dos conceitos químicos e a desconexão entre teoria e prática. A ênfase excessiva na memorização em detrimento da compreensão crítica limita a capacidade dos alunos de aplicarem os conhecimentos de forma adequada nas situações problema que ocorrem quando estes se veem diante de empreendimentos acadêmicos ou profissionais.

É importante notar que os alunos devem compreender de maneira mais adequada como o conhecimento científico é de fato construído, desconstruído e reconstruído. Além disso, eles devem compreender como se dá o mover da ciência, ou seja, como as pesquisas, as investigações científicas são realizadas. Nesse contexto, o aprendizado sobre as noções de NiC são de extrema importância para a formação de futuros cientistas aptos não somente a conduzir e entender a prática científica, mas que sejam capazes de refletir sobre seus próprios atos e entender como e o porquê contribuir para as fileiras do conhecimento humano.

Nesse sentido, a epistemologia de Gaston Bachelard fornece um quadro teórico robusto para integrar essas ideias. Sua filosofia, ao enfatizar a importância do espírito científico, que é cultivado através da reflexão crítica e da análise rigorosa, alinha-se perfeitamente com o ensino de NiC e a necessidade de uma compreensão conceitual adequada. Bachelard também defende a ideia de que o conhecimento científico é construído por meio de um diálogo contínuo entre teoria e prática, o que reforça a importância de métodos pedagógicos que promovam uma aprendizagem ativa e integrativa. Assim, em mãos da introdução aqui posta, em seguida trazemos os nossos objetivos específicos de pesquisa, delineando os principais elementos que nortearam todos os trabalhos conduzidos ao longo desta tese de doutoramento, a qual foi inspirada nas perspectivas futuras da dissertação de mestrado a qual lhe antecede (Zytkuewicz, 2018) e pretendeu expandir a ideia, propondo uma contribuição ainda mais impactante para o ensino de química no contexto universitário.

2. Objetivo de pesquisa

O objetivo da pesquisa de doutorado aqui descrita foi a proposição e implementação de um *design* (reestruturação parcial de disciplina) que foi aplicado no contexto de uma disciplina anual experimental do primeiro ano de um curso de Licenciatura em Química, no segundo semestre. Tal *design* foi concebido à luz da metodologia do Ensino Por Investigação (Carvalho, 2013; 2018), suportado nas contribuições de Bachelard (1996) sobre como se dá a formação do espírito científico e discussões sobre Natureza da Investigação Científica produzidas pelo grupo de pesquisa do professor Lederman e colaboradores (2014). O nosso problema de pesquisa teve como enunciação básica a seguinte pergunta:

- ✓ De que modo a implementação do primeiro ciclo de um *design*, baseado em sequências de ensino investigativas com diferentes graus de abertura, impacta no desenvolvimento inicial do Espírito Científico de ingressantes de um curso de graduação em química?

Para melhor responder o problema de pesquisa, compomos três questões de pesquisa para auxiliar na tarefa, as quais seguem:

1. De que maneira a implementação do *design* afeta a compreensão acerca dos aspectos da Natureza da Investigação Científica de ingressantes de um curso de graduação em química?
2. Como a implementação do *design* impacta a compreensão dos conceitos químicos de ingressantes de um curso de graduação em química?
3. Em que medida a implementação do *design*, pautado na epistemologia bachelardiana, proporciona um afastamento dos ingressantes de um curso de graduação em química da experiência comum, levando-os a desenvolverem uma identidade característica da experiência científica?

3. Contribuições epistemológicas de Gaston Bachelard

Na ciência, só se pode amar o que se destrói, pode-se continuar o passado negando-o, pode-se venerar o mestre contradizendo-o. Aí sim, a Escola prossegue ao longo da vida. Uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica. Só há ciência se a Escola for permanente. É essa escola que a ciência deve fundar. Então, os interesses sociais estarão definitivamente invertidos: a Sociedade será feita para a Escola e não a Escola para a Sociedade (Bachelard, 1996, p. 309-310).

3.1 Preâmbulo

A nossa intenção com este capítulo foi trazer, com amplo detalhamento, as contribuições oriundas de algumas das obras do filósofo e epistemólogo francês Gaston Bachelard. Para tal, o capítulo foi dividido em diversas seções que comportam diálogos pertinentes entre si. Isso foi realizado com o fim de elucidar as ideias do filósofo e pormenorizar suas sínteses, bem como ilustrar como tais ideias e sínteses conversam com os propósitos do trabalho aqui descrito. Para a confecção deste capítulo, apoiamo-nos fundamentalmente no livro "Formação do Espírito Científico" (1996).

Bachelard (1996, p. 8) afirma que "a abstração desobstrui o pensamento". O conceito de abstração é, para o filósofo, alicerce enquanto fundamento do Espírito Científico, mas também força motriz de seu desenvolvimento e maturação. A tarefa do Espírito Científico é, portanto, a ordenação dos acontecimentos decisivos de uma dada experiência (Bachelard, 1996). Essa tarefa já coloca o Espírito Científico em posição distinta da ideia geométrica e exata do ofício científico; a representação e equacionamentos geométricos são insuficientes. Bachelard professa que há ligações mais profundas, amalgamadas, que vão além do simples matematismo entre o fenômeno e a teoria que tenta delineá-lo e ordená-lo. O matematismo não mais pode ser mero descritor; deve ser formador do conhecimento. A mera proposição de fórmulas, expressões matemáticas não preenche mais o ofício matemático; agora, em movimento abstrato, a matemática em si deve construir o fenômeno, o qual se torna cada vez mais distante do fato experimental¹². "A ciência da realidade já não se

¹² A ideia de geometrização e matematismo, discutidas brevemente aqui, se referem a dois processos de construção do conhecimento científico segundo Bachelard. Geometrização, para o filósofo, se refere ao processo de, a partir de um fato científico, discernir quais artifícios matemáticos o melhor descreve. O matematismo, por sua vez, é justamente o processo de equacionar, ou seja, de transformar em linguagem matemática, técnica e concisa, as relações geométricas estabelecidas.

contenta com o 'como' fenomenológico; ela procura o 'porquê' matemático" (Bachelard, 1996, p. 8).

Nesse sentido, o pensamento científico, para Bachelard, acaba por necessitar de construtos mentais (abstração), um domínio em que o sensível pouco contribui. Essa abstração é, antes de tudo, movimento típico, porém, fecundo do Espírito Científico. É com base na abstração que o Espírito Científico amadurece; seja partindo de um realismo ingênuo ou de uma noção geométrica, o amadurecimento ocorre quando ele caminha em direção à abstração completa do fato em estudo. Sendo assim, podemos elencar rapidamente algumas ideias básicas traçadas até aqui:

- O "motor" da busca pelo postulado de lei geométrica é a curiosidade fundada sob a perspectiva do realismo ingênuo;
- Quando formulada (a lei geométrica), a curiosidade dá lugar ao anseio abstrato de criar;
- O alinhamento oriundo da lei permite que a abstração tome partido na construção do conhecimento.

Dessa maneira, temos que Bachelard defende a abstração como sendo o recurso mais poderoso do cientista, com o encargo de desembaraçar o pensamento. Ele afirma que os primeiros esquemas são pesados, bem como insuficientes; ainda temos o fator da dificuldade que é compor objetivamente as abstrações. O abstrato não alcança seu objetivo em uma primeira tentativa. Não se trata de processo uniforme, mas sim dotado de diversos obstáculos.

Bachelard pontua as três etapas do pensamento científico em uma perspectiva histórica: o período pré-científico, que vai da antiguidade até o início do século XVIII. Entre o século XVIII e XIX, temos a elevação para o status do Espírito Científico, em virtude do explosivo crescimento do conhecimento científico. Por fim, de 1905 em diante, temos o que o filósofo chama de um Novo Espírito Científico, o qual é demarcado por sua criticidade e seu empenho na releitura e desmonte das noções fundamentais da ciência, oriundas de suas abstrações audaciosas (Bachelard, 1996). A fé de Bachelard no poder da abstração é grande a ponto de afirmar que "as físicas abstratas ordenarão todas as possibilidades de experiência" (Bachelard, 1996, p. 10).

Uma frase bastante forte, uma vez que o filósofo a escreveu em época de polvorosa científica.

Diversos avanços no campo da física quântica e da química ocorriam e muitos outros iriam ocorrer, vários elementos postulados nessa época não eram amplamente aceitos pela comunidade científica. Aliado à abstração, surge o importante conceito recorrente do questionamento e seu papel na formação e manutenção do viço no trabalho científico. Bachelard comenta sobre a dificuldade que é manter-se distante da sedução de uma ideia dominante, que por vezes polariza o espírito do cientista. Na fala do filósofo, “chega o momento em que o espírito prefere o que confirma o seu saber àquilo que o contradiz, em que gosta mais de respostas do que perguntas” (Bachelard, 1996, p. 19). A sedimentação da resposta concreta toma o lugar da pergunta abstrata, indo completamente em direção oposta à fala de Bachelard. “Em resumo, o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar” (Bachelard, 1996, p. 21). Na estase do espírito repousa a sua morbidez mais severa.

Uma das causas para a relativa lentidão do progresso científico é, portanto, a ruminação que o ser humano se põe a fazer em posse do conhecimento adquirido; a sua avareza espiritual o atrapalha no desvencilhar do que já está estabelecido. Para Bachelard, não se pode alçar o espírito científico se não houver uma disposição interior para retificar, reconstruir o conhecimento que possui. Tal trabalho de reconstrução só é possível por intermédio da racionalidade, da crítica e do questionamento. Nessa linha, Bachelard pontua:

Certos conhecimentos, embora corretos, interrompem cedo demais pesquisas úteis (...) é só com as luzes atuais que podemos julgar com plenitude os erros do passado espiritual. Aliás, mesmo nas ciências experimentais é sempre a interpretação racional que põe os fatos em seu devido lugar (Bachelard, 1996, p. 21-22).

A ausência de questionamento se torna eventualmente a base para a formação de obstáculos epistemológicos, pois eles se incrustam justamente na experiência não criticada, no conhecimento não questionado. Aquela ideia muito utilizada, repaginada e muito popular, se encarrega de diversas imagens, analogias e metáforas, perdendo facilmente sua marca de abstração, sua origem (Bachelard, 1996). Temos um exemplo clássico desse fenômeno na química: ao pensarmos nos modelos atômicos, temos uma miríade de metáforas e comparações que sobrecarregam a descrição de cada um deles. Tal acúmulo impacta de tal forma que a “imagem” construída pelo

aluno do átomo é completamente desvinculada do percurso abstrato e científico que foi exigido para sua concepção.

Por fim, é importantíssimo deixar marcada uma ideia que Bachelard traça ao longo de grande parte do texto do livro *Formação do Espírito Científico*, em suas entrelinhas: o papel antagonista do instinto e do sentimento. O filósofo faz contundentes referências à grande importância que tem o trabalho de supressão desses dois construtos mentais. A importância é tamanha que, logo nas primeiras linhas do primeiro capítulo do livro, Bachelard comenta:

Não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a *fragilidade dos sentidos e do espírito humano* (...) ao retomar um passado cheio de erros, encontra-se a verdade em um autêntico *arrependimento intelectual* (Bachelard, 1996, p. 17, grifos nossos).

É notável a menção que o filósofo faz à fragilidade dos sentidos e do espírito humano. Essa fragilidade espiritual que Bachelard pontua é exatamente a atuação instintiva, sentimentalista do espírito imaturo. Essa atuação se exprime de diversas formas ao longo do livro, na forma de avarezas, resistências, enfados, morosidades, intuições, ingenuidades. Todas essas manifestações mentais se traduzem, em uma ocasião ou outra, como grandes obstáculos, que por si só ou amalgamados se disporão como obstáculos epistemológicos. Em reforço a esse ponto, Bachelard mais adiante pontua:

Logo, toda cultura científica deve começar, como será longamente explicado, *por uma catarse intelectual e afetiva*. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o *saber fechado e estático* por um *conhecimento aberto e dinâmico*, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir (Bachelard, 1996, p. 24, grifos nossos).

Feitos esses apontamentos preliminares, iniciamos a discussão deste capítulo propriamente dito. O objeto de debate foi o ordenamento das duas seções seguintes, que abrangem os dois conceitos centrais de Bachelard: o Espírito Científico e os obstáculos epistemológicos. Como é sabido, existe uma forte relação, uma interdependência, entre o processo de amadurecimento espiritual e o enfrentamento dos obstáculos epistemológicos. No entanto, explicar simultaneamente esses dois objetos muito provavelmente resultaria em uma descrição imprecisa de suas características. Optamos, portanto, por descrever primeiramente o conceito de ruptura epistemológica com brevidade, mas com detalhes suficientes para mostrar como tal conceito serve como base para a proposição do conceito de obstáculo epistemológico.

3.2 A ruptura epistemológica

Na proposta bachelardiana o fator histórico, o desenvolvimento científico com total dependência temporal, é algo irrefutável e indispensável para compreendermos a evolução da ciência. No entanto, Bachelard alerta para o fato de que nem todos os eventos traçados, nem todas as descobertas e propostas realizadas ao longo de uma cronologia da ciência devem ser conectados entre si. Em vez disso, Bachelard entende que é necessário muitas vezes caminhar no sentido contrário: é necessário romper completamente com o conhecimento passado para que o conhecimento novo, desafiador, seja concebido com o rigor científico que lhe compete. Este é o conceito de ruptura epistemológica, que pretendemos clarificar nos parágrafos seguintes.

Cutting (1987) descreve que a ocorrência de uma ruptura epistemológica pode ser dividida em duas principais linhas: o rompimento do conhecimento de senso comum e o conhecimento científico; e o rompimento entre dois corpos de conhecimento científico. Ambos os casos são ilustrados a seguir por intermédio de inspeções nos domínios da química.

O caminho mais ilustrativo para o primeiro caso é fornecido pelo próprio filósofo em seu livro: em um livro didático de química, Bachelard encontra um trecho no qual afirma que o vidro é muito parecido com a wurtzita (uma forma polimórfica de sulfeto de zinco e, em menor proporção, sulfeto de ferro). Tal comparação é simplesmente impossível se a análise do vidro e da wurtzita é delimitada a seu aspecto físico. Contudo, a estrutura cristalina de ambas as substâncias é análoga; aqui está a similitude. Assim, a ciência rompe com a experiência comum ao colocar os objetos estudados pela ciência em categorias que revelam propriedades e relações que não são disponíveis ao sensível. O conhecimento científico rompe e contradiz tais experiências e crenças sobre determinado aspecto.

O segundo caso é um pouco mais complexo, porém também pode ser prontamente reconhecido por químicos. A proposição base é: nos domínios científicos, novas teorias podem e, ocasionalmente, devem romper com as teorias anteriores correlatas. Um exemplo bastante ilustrativo é a revolução instaurada pelos fenômenos e estudos da ainda embrionária física quântica. Grande parte da aversão da cidadela científica contra esses estudos se originou do fato de que eles não possuíam qualquer tipo de relação com os achados da física clássica. Tomemos a proposta de Planck da quantização da energia: como seria possível relacionar a

energia clássica, contínua, com os pacotes de energia quantizados propostos pelo físico? Certamente nenhuma resposta objetiva para essa pergunta poderia ser alçada caso o espírito do respondente ansiasse pelo continuísmo científico ou pela unidade do conhecimento. Qualquer resposta ou teorização unificadora seria no mínimo uma falsa verdade. A pergunta que se faz pertinente aqui é a seguinte: qual seria a utilidade da existência de uma suposta conexão entre essas teorias, senão simplesmente a formação de falsas verdades?

Este é o ponto em que mostramos como o conceito de ruptura epistemológica se torna intimamente conectado com os obstáculos epistemológicos. A conexão a que nos referimos acima não é nada mais do que a formação de ligações que não existem. Essa é a essência dos obstáculos epistemológicos. Cutting (1987, p. 58, tradução nossa) faz uma síntese bastante elegante sobre o assunto: “um obstáculo epistemológico é qualquer conceito ou método que previne uma ruptura epistemológica”. Cutting fala sobre conceitos e métodos, porém estendemos tal definição para abranger qualquer construto mental que tenha a intenção de evitar ou diminuir rupturas, independentemente do tamanho delas. Dessa forma, obstáculos complexos como o substancialista e outros mais “simples” como o da experiência primeira podem ser contemplados. Nossa definição também lida com o fato de que a definição de Cutting (1987) para esse conceito permite estabelecermos uma ideia de que os obstáculos epistemológicos provêm de algum tipo de procedimento bem estabelecido, de uma articulação mental, quando, de fato, muitas vezes eles provêm de intuições irracionais. Como revelamos nas seções consequentes, é evidente que muitos obstáculos se baseiam em assunções simplistas, generalizações mal colocadas, na sensualidade dos sentidos e outros aspectos subjetivos.

3.3 Os obstáculos epistemológicos: descrição e relações com o Espírito Científico

Os obstáculos epistemológicos propostos por Bachelard trazem uma abordagem holista com o objetivo de descrever os entraves psicológicos que se dispõem no caminho da elevação espiritual do sujeito. Bachelard contempla desde simples fascínios espontâneos, visões pueris (como no caso da experiência primeira), até construções mentais que formam complexas cadeias para o pensamento. Essas cadeias, na visão do próprio sujeito, são de difícil desmonte, pois, por vezes, se revelam como um pensamento por si só (por exemplo, na substancialização do fato

científico). É observada também uma relação de consecução ou de aprofundamento entre alguns obstáculos epistemológicos. Os obstáculos epistemológicos verbal e substancialista são exemplos para ambos os casos.

É bastante importante notar que, com frequência, os exemplos eventualmente destacados para um dado obstáculo podem servir para outros. Temos, de certa maneira, um polimorfismo dos obstáculos, em que há mais de um atuando conjuntamente. Por exemplo, na seção referente ao obstáculo da Experiência Primeira, é possível observar nuances também do obstáculo animista, realista e geral. Esse comportamento é notado pelo próprio filósofo, ao dizer que "os obstáculos epistemológicos andam aos pares" (Bachelard, 1996, p. 260). Essa amálgama de obstáculos somente revela como a lide em transpô-los e vencê-los é complexa e onerosa para o espírito pré-científico.

Assim, o ordenamento disposto por Bachelard no livro roga por ser respeitado para que não seja prejudicada sua compreensão. Os obstáculos epistemológicos foram discutidos nesta tese segundo a ordem descrita no livro. Passamos pela primeira experiência, pela primeira observação. Pela imagem pitoresca, concreta, imediata, fácil, que acende o encantamento do observador ingênuo como nada igual. Nesse processo de encanto, o sujeito se prende ao fenômeno sensível, em detrimento do abstrato e da racionalização que constroem o conhecimento científico. Nas palavras de Bachelard:

De fato, essa observação primeira se apresenta repleta de imagens; é pitoresca, concreta, natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. *Parece que a compreendemos*. Vamos começar nossa investigação caracterizando esse obstáculo e mostrando que há *ruptura*, e não *continuidade*, entre a observação e a experimentação (Bachelard, 1996, p. 25, grifos nossos).

A ênfase que queremos dar a esse trecho é sobre a intuição ingênua associada a esse obstáculo, evidenciada por Bachelard. Em oposição aos adeptos do realismo e do empirismo, o filósofo afirma que essa noção de compreensão, de entendimento advinda da descrição do fenômeno é, na verdade, equivocada. Ele é ainda mais incisivo nesse aspecto ao trazer para esse contexto o conceito de ruptura, colocando, assim, que existe uma diferença marcante entre observar e experimentar. Um é um ato acrítico, típico do realismo ingênuo; o outro é dotado de racionalização e crítica do que está sendo examinado. Esse é o primeiro obstáculo, a Experiência Primeira.

(...) é preciso que o pensamento abandone o empirismo imediato. O pensamento científico assume, portanto, um sistema. *Mas o primeiro sistema é falso*. É falso mas, ao menos, tem a utilidade de *desprender o pensamento*, afastando-o do conhecimento sensível; *o primeiro sistema mobiliza o pensamento* (Bachelard, 1996, p. 25, grifos nossos).

Adiante, temos outro obstáculo de natureza pueril, que são as generalidades, a aproximação de ideias e conceitos com a observação dos fenômenos em si, ou representações, recriações pouco objetivas deles. Aqui, como o próprio Bachelard fala, já temos de antemão dois entraves, similares na ingenuidade, mas de naturezas opostas: um puxa o espírito para se encantar com cada imagem inédita, enquanto este lhe induz a encaixotar o máximo de visuais possíveis dentro de uma certa área do conhecimento. A confusão é inevitável, como é possível observar na fala de Bachelard: "Será a ocasião de vermos o pensamento empírico em uma oscilação cheia de tropeços e de conflitos, que acaba em desarticulação" (Bachelard, 1996, p. 25). Assim, mostramos que essa necessidade de generalização é, em si, um embargo para a experiência. Uma marca do fracasso empirista, ao caminhar em direção à variedade, e não à variação. Esse é o obstáculo do conhecimento geral.

O próximo obstáculo que Bachelard trata é talvez um dos mais significativos para as aulas teóricas de química. Palavras com poderes, palavras que carregam mil adjetivos dentro de si. O poder dessas palavras é tão grandioso que, após pronunciá-las ou lê-las, não há necessidade de explicá-las. A palavra em si constituirá o todo que se pretende clarificar. Será esse o caso em que, precisamente, uma única palavra, ligada ou não a uma imagem, constitui toda a explicação. Temos aqui a descrição do obstáculo verbal, o qual confere suporte para a descrição de outro obstáculo epistemológico de maior complexidade e que apresenta diversas similaridades, que é o obstáculo substancialista. É, portanto, muito importante o correto entendimento do abuso verbal, que fundamenta este obstáculo, para a compreensão do processo de substancialização.

Na sequência, temos o obstáculo que, de certa forma, pode ser entendido como sendo o obstáculo geral, porém ainda mais amplo. Por meio da atuação dele, visões antagônicas podem ser conciliadas, pois supostamente existe uma harmonia, uma homogeneidade natural com o potencial de suplantar todas as hostilidades entre tais visões (Bachelard, 1996). Nas palavras de Bachelard:

Para o espírito pré-científico, a unidade é um princípio sempre desejado, sempre realizado sem esforço. (...) As diversas atividades naturais tornam-se assim manifestações variadas de uma só e única Natureza. *Não é concebível*

que a experiência se contradiga ou seja compartimentada. O que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa. A mínima dualidade, desconfia-se de erro (Bachelard, 1996, p. 107, grifos nossos).

Nesse sentido, vemos como esse pensamento de união, homogêneo, acaba por ofuscar a luz do pensamento científico, cegando a lâmina afiada da abstração por razões que não têm nenhuma relação com o pensamento objetivo (Bachelard, 1996). Discutimos aqui o obstáculo do pragmatismo científico, do conhecimento unitário.

O próximo obstáculo exige um exame mais profundo e íntimo do espírito. Ele trabalha com as racionalizações pouco desenvolvidas, com os entendimentos que repousam na escuridão. No escuro, o conceito adquire contornos confusos e polimorfos, ou pode trabalhar justamente em movimento contrário, adquirindo um caráter de exatidão que não possui fundamento objetivo; não há um esquema que lhe dê suporte. Trabalhamos assim no combate às explicações monótonas e fáceis das propriedades de determinado construto, seja ele físico ou abstrato, pela substância dele. Esse é o obstáculo substancialista.

Passados esses obstáculos, entramos novamente em uma discussão que remete ao início deste capítulo. O instinto, o íntimo subjetivo retorna como principal elemento para prejudicar o desenvolvimento espiritual, mas com outras facetas. Vamos mostrar como o espírito avarento, com a sensação de posse de algo real, tátil, sensível, alimenta o direito de se sobrepor em relação aos que se apoiam na abstração. Temos aqui o obstáculo do real, ou realista.

(...) a convicção primeira do realismo não é discutida, como nem chega a ser ensinada. De forma que o realismo pode, com razão, ser considerado a única filosofia inata (...). Siga a argumentação de um realista; imediatamente ele está em vantagem sobre o adversário porque tem, acha ele, o real do seu lado, porque possui a riqueza do real, ao passo que seu adversário, filho pródigo do espírito, persegue sonhos vãos (Bachelard, 1996, p. 163, grifos nossos).

Na reta final dos obstáculos, retomamos as complicações causadas pelos pensamentos pueris, trabalhando agora com as convicções animistas. Tentamos expor como a ideia de vida, quando colocada fora de seu contexto, gera diversos problemas para o correto discernimento dos fatos. Estudamos como as ideias biológicas prejudicam o entendimento quando são invocadas para responder perguntas que não lhes foram feitas (Bachelard, 1996). Esse é o obstáculo animista nas ciências físicas.

Por fim, chegamos ao último obstáculo, que trata de um problema comum em certas áreas da química: o excesso de rigor matemático, ou seja, como uma numerologia puritana e dogmática prejudica o desenvolvimento do pensamento. Evidenciamos como sistemas matemáticos meticulosos findam por entravar a concepção e o entendimento de novos sistemas (Bachelard, 1996). Para Bachelard, o excesso de precisão, no reino da quantidade, é equivalente ao pitoresco no domínio da qualidade. Esse é o obstáculo do conhecimento quantitativo.

Fizemos aqui, nos últimos parágrafos, pequenos comentários de caráter módico sobre os diversos obstáculos epistemológicos concebidos por Bachelard. Nas seções seguintes, nos debruçamos sobre cada um deles, trazendo uma descrição detalhada com o fim de ilustrar com fidelidade as ideias do filósofo.

3.3.1 A Experiência Primeira: o peso das primeiras imagens

O primeiro obstáculo. Fruto da sensação, talvez romanceada, talvez sensual, mas, antes de tudo, da sensação que *permanece*; da sensação que se estabelece e não permite a ação da crítica – crítica esta que não faz falta para o espírito pré-científico, uma vez que o sensível lhe preenche por completo. A característica que, julgaríamos nós mais marcante desse obstáculo se trata de seu alicerce *pueril*. A experiência *vivaz*, *chocante*, que marca o espírito com explosões organolépticas e, no processo, instaura uma barreira formada de estímulos simplórios, frágeis e, inevitavelmente, *equivocados*. Tal barreira é, no entanto, dotada de grande resiliência para sua desconstrução.

O alicerce pueril, previamente mencionado, ocasiona uma série de problemas para o espírito. Talvez o maior deles seja a grande confusão que o sujeito encontra ao tentar *ordenar*, *geometrizar* o que foi observado. Uma vez que não há uma racionalização do fato experimental, não existe a possibilidade de ocorrer um *ordenamento objetivo*. Resta ao espírito informe aguardar por algum tipo de *ordenamento causal*, alguma ligação esguia aqui e ali entre elementos que nem ele mesmo tem certeza de que estão relacionados (Bachelard, 1996). Assim, a mente preguiçosa, acostumada à ociosidade, se vê na necessidade de costurar retalhos erráticos, oriundos de experiências acríticas, obtidos por um *realista ingênuo*¹³. O

¹³ O termo *realista ingênuo* é uma concepção nossa, em vista das falas de Bachelard sobre escolas filosóficas como o empirismo, o indutivismo, o positivismo e afins.

realista ingênuo vai com todo seu coração na experiência; ele acredita fielmente que a simples observação dos fatos, a contemplação do fenômeno é capaz de fazê-lo absorver toda a informação relevante. Em verdade, o *realista ingênuo*, na maioria das vezes, está justamente aprisionado no primeiro dos obstáculos epistemológicos. Está afundado em um mar de observações insuficientes, de entendimentos pouco racionalizados, concebendo conhecimentos *subjetivos*, que pouquíssimo acrescentam ao corpo científico de saberes.

Um dos grandes perigos atrelados à Experiência Primeira se dá na adesão a imagens, representações e analogias. O apego do espírito pré-científico não se dá apenas pelo fato experimental não racionalizado; para aquilo que não é sensível, as metáforas e comparações, verbais ou pictóricas findam por se estabelecer, também, como verdades¹⁴. Imagens pitorescas ou construtos metafóricos fazem com que o espírito ingênuo se apegue a entendimentos nada *objetivos*. Bachelard dá um exemplo sobre isso:

Por exemplo, a mistura de limalha de ferro e flor-de-enxofre é coberta de terra na qual se planta grama: pronto, trata-se de um vulcão! Sem esse complemento, sem essa vegetação, a imaginação poderia perder o rumo. Mas agora, ei-la no bom caminho: basta que amplie as dimensões e vai “compreender” o Vesúvio lançando lava e fumaça. *Uma mente sadia deve confessar apenas que lhe mostraram uma reação exotérmica, a mera síntese do sulfureto de ferro. Nada além disso. A física do globo terrestre nada tem a ver com esse problema de química* (Bachelard, 1996, p. 47, grifos nossos).

Nesse trecho, indagamos o seguinte: qual é a utilidade de *unirmos*¹⁵ um fenômeno majoritariamente químico, desenhado na forma de um simulacro, com o complexo sistema geoquímico de um vulcão? Claramente, qualquer resposta ou entendimento que se possa obter, seja sobre o comportamento de vulcões, com o estudo dessa metáfora didática, infelizmente não corresponde a vulcão nenhum que exista. Na própria fala do filósofo, mais adiante, ele coloca fortuitamente que “chega-se, por meio de imagens tão simplistas, a estranhas sínteses” (Bachelard, 1996, p. 47). A experiência poderosa visualmente é autossuficiente e provoca lembranças supervalorizadas, aprendizados pouco úteis; são falsos centros de interesse.

Tais contrapassos entre as imagens acontecem quando não se faz um trabalho de psicanálise da imaginação. Uma ciência que aceita as imagens é, mais que qualquer outra, vítima das metáforas. *Por isso, o espírito científico*

¹⁴ É interessante notar que, nessa confusão, não apenas a experiência primeira está atuante; temos um amálgama de obstáculos atuando conjuntamente, como o verbal, o geral, animista etc.

¹⁵ A palavra *unirmos* aqui também não é utilizada sem propósito; é uma referência ao obstáculo unitário, descrito mais adiante.

deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas (Bachelard, 1996, p. 48, grifos nossos).

Cabe ao espírito científico, portanto, se opor à adesão imediata e acrítica do fato primeiro, primitivo, pois o trabalho de psicanalisar essas primeiras afirmações, primeiras experiências é sobremaneira difícil. A dificuldade é tanta que, para Bachelard (1996), praticamente nenhuma experiência crítica bem fundamentada pode dissolver certas afirmações primeiras. A manutenção do espírito em forma sadia necessita da crítica e do questionamento constantes sobre aquilo em que ele se debruça. Se as questões são mal formuladas, não temos respostas objetivas. Se a questão é nebulosa, confusa, e sua resposta é nítida, unindo elementos com facilidade, certamente a resposta não responde a nenhuma pergunta séria, tampouco contribui com o conhecimento científico.

Reiterando as palavras do filósofo, as primeiras imagens são muito fortes, dotadas de resistência e morfismos diversos. Uma palavra proferida pode nos remeter a ideias velhas, mas subjetivamente importantes. Nesse processo, temos o estabelecimento de uma imagem que preenche por completo o sujeito¹⁶. Na própria fala de Bachelard, “o que existe de mais imediato na experiência primeira somos nós mesmos, nossas surdas paixões, nossos desejos inconscientes” (Bachelard, 1996, p. 57). Assim, é de suma relevância para o espírito se manter vigilante com tais imagens primeiras.

A experiência primeira com frequência é encontrada em conjunto com um ou mais obstáculos. Por exemplo, o fermentar de uma massa de pão, referido cotidianamente pelo verbo *crescer*, era entendido também como um fenômeno vivo, pois o crescimento *espontâneo* ao longo do tempo era algo atribuído a seres vivos. Ainda, o fato do crescimento se tratar de um processo de aeração da massa, ali em verdade passava um *espírito da vida* na forma de um sopro, remetendo a trechos bíblicos. Observe que um fenômeno biológico simples e direto como a fermentação reuniu, nesse pequeno exposto, pelo menos três obstáculos epistemológicos: a *experiência primeira*, o obstáculo *verbal* e o gritante obstáculo *animista*.

Finalizamos, assim, a descrição do obstáculo da Experiência Primeira. Em seguida, passamos para o segundo obstáculo, que é o *Conhecimento Geral*. Fazemos

¹⁶ Esse processo de *preenchimento* será retomado no obstáculo substancialista, quando a ideia subjetiva de substância é ligada a uma *imagem singular*.

o encerramento desta seção, emprestando o primoroso desfecho trazido pelo próprio Bachelard ao finalizar o capítulo da Experiência Primeira:

Ao espetáculo dos fenômenos mais interessantes, mais espantosos, o homem vai naturalmente com todos os seus desejos, com todas as suas paixões, com toda a alma. Não é, pois, de admirar que o primeiro conhecimento objetivo seja um primeiro erro (Bachelard, 1996, p. 68).

3.3.2 O Conhecimento Geral: a problemática das generalizações imediatas ou desatinadas

O obstáculo geral é o segundo elemento do par de obstáculos epistemológicos cuja natureza é relativamente simples quando comparados aos demais. Na intenção de obter uma regra geral, uma lei científica global, a mente pode ser seduzida por um processo de generalização acrítico, apressado, fácil (Bachelard, 1996). A pressa na generalização de fatos finda por estabelecer generalidades mal colocadas, as quais não se conectam suficientemente aos aspectos essenciais do fenômeno. Na fala do próprio filósofo, trazemos o que entendemos ser sua definição para esse obstáculo e sua natureza:

Seriam assim colocadas, no limiar de cada ciência, grandes verdades primeiras, definições intocáveis que esclarecem toda doutrina [...]. Pode-se, entretanto, questionar se essas grandes leis constituem pensamentos de fato científicos, ou, o que para nós dá no mesmo, pensamentos que sugerem outros pensamentos (Bachelard, 1996, p. 70, grifos nossos).

No primeiro trecho, temos o primeiro resultado desse obstáculo, que é a concepção de verdades exageradamente gerais para as mais diversas áreas de estudo. O problema de tais enunciados se trata de que tais extensas generalidades bloqueiam o desenvolvimento científico. Se há um fato universal, um entendimento tão claro, por que fazer conjecturas, mergulhar em abstrações que venham a questioná-lo?

Bachelard dá como exemplo disso a física da queda de corpos. Um primeiro enunciado rudimentar seria dizer que todos os corpos caem, sem exceção. No entanto, ao conduzir a experiência no vácuo (com o auxílio do tubo de Newton, por exemplo), temos uma lei mais arrojada: no vácuo, todos os corpos caem à mesma velocidade. Temos um fato geral, *geométrico*, baseado em um *empirismo exato*. No entanto, a robustez e clareza da lei pode entravar o pensamento. A lei se revela de maneira tão completa, fechada, que não suscita necessidade de estudar mais profundamente o fenômeno da queda. O pensamento generalizante freia o estímulo

gerado pela experiência. O conhecimento muito geral resulta em problemas pouco precisos para as zonas desconhecidas (Bachelard, 1996).

O grande problema que envolve a generalidade é, no entanto, quando ela é mal-empregada. As generalidades intuitivas, de primeira mão. As generalidades oriundas de coletas de dados por intermédio dos sentidos. Esse tipo de generalidade é, fatalmente, *ingênuo* e *equivocado*. Sem a lâmina afiada da racionalidade e da abstração, as generalidades primeiras são também experiências primeiras e, portanto, errôneas. Nesse sentido, temos, *grosso modo*, duas principais formas de atuação desse obstáculo: a atração pelo *particular*, e a atração pelo *universal* (Bachelard, 1996). Uma se dá quando temos um conhecimento que está em processo de *compreensão*; a outra, no conhecimento que se encontra em *extensão*. No entanto, ambos os movimentos são dotados de uma *pausa reflexiva* para serem realizados. Bachelard questiona então de onde provém a força motriz que movimentará o espírito após essa “parada epistemológica” (Bachelard, 1996, p. 75)?

O problema aqui repousa na falta de limitação do objeto de estudo: o espírito pré-científico, imediatamente após o término de dada experiência, já procura expandi-la aos mais variados domínios, seja em um movimento de aprofundamento, ou um movimento de expansão. Se a experiência não produz nenhuma retificação na *hipótese primeira*, na consideração que suportou o processo, temos a permanência do aspecto geral, um conceito *imóvel* e, portanto, *inútil* (Bachelard, 1996).

Para o filósofo, a profundidade de um conceito científico qualquer é traduzida no seu *poder de deformação*. Deformações estas que correspondem a seu não isolamento, sua *variedade*. A delimitação do conceito se dá por meio do conhecimento de suas aplicações. Eventualmente, o processo de delimitação conceitual se torna parte do próprio conceito, como podemos ilustrar com o átomo de Dalton: seu conceito de átomo pode ser descrito pela maneira que é delimitado, ou seja, uma esfera indivisível e isenta de partículas subatômicas. A sua definição é, inerentemente, a sua limitação e, por conseguinte, o próprio conceito científico. Nesse tocante, Bachelard pontua de maneira elegante o seu entendimento de *conceito científico*:

Como a aplicação está sujeita a sucessivas aproximações, pode-se afirmar que o conceito científico correspondente a um fenômeno particular é o *agrupamento* das aproximações sucessivas bem ordenadas (...) é então que se percebe que a ciência *constrói* seus objetos, que nunca os encontra prontos (Bachelard, 1996, p. 76, grifos do autor).

Nesse contexto de delimitação de conhecimentos, temos uma primeira nuance de o que postulamos como um *mover* do espírito científico: se o espírito pré-científico anseia pela generalização do conceito ou da experiência, o espírito científico caminha em plena contramão. Para ele, o que limita o conhecimento é sempre mais importante para o progresso do pensamento do que aquilo que lhe estende sem respaldo (Bachelard, 1996). Fechamos a descrição desse obstáculo, de maneira similar ao anterior, com a graciosa síntese do próprio filósofo:

O conhecimento a que falta precisão, ou melhor, o conhecimento que não é apresentado junto com as condições de sua determinação precisa, não é o conhecimento científico. O conhecimento geral é quase fatalmente conhecimento vago (Bachelard, 1996, p. 90).

3.3.3 O Obstáculo Verbal: extensão inconsequente de imagens primeiras

Finalizamos anteriormente os primeiros obstáculos, pueris, com forte arraigamento em percepções ingênuas, sentimentos confusos. Obstáculos que acometem principalmente, mas não somente, os espíritos menos desenvolvidos. Partimos agora para obstáculos mais complexos, que se dispõem direta ou indiretamente, por intermédio de cadeias de pensamentos, entendimentos obscuros de uma mente não vigilante.

Para começar esta lide, tratamos do caso em que uma simples *imagem*, ou uma *palavra*, possui poder de síntese suficiente para explicar totalmente um fenômeno ou conceito. Explicações *verbais* que portam substantivos carregados de adjetivos, dotados de imensos poderes (Bachelard, 1996). Pela atuação desses substantivos, diversos fenômenos podem ser explicados pela sua imagem, mesmo os amais heteróclitos. Nas palavras de Bachelard, na ocasião dessas poderosas palavras, “Os fenômenos são *expressados*; já parece que foram explicados. São *reconhecidos*; já parece que são *conhecidos*” (Bachelard, 1996, p. 91, grifos nossos).

O interessante de notar nesse obstáculo é o fato de que ele se traduz, frequentemente, em comparações ou metáforas que se tornam muito usuais, sobrecarregadas. Nesse processo, o acúmulo de funções das imagens finda por prejudicar o processo racional. Quando o concreto é usado indiscriminadamente, a visão *abstrata* e nítida do problema é impedida (Bachelard, 1996). Trazemos novamente o exemplo dos modelos atômicos: é comum, ao abordar inicialmente os modelos, fazer comparações que são muito distantes da ideia de átomo. No modelo

de Dalton, o átomo é *como uma bola de bilhar*. A ideia dessa comparação repousa no fato de que, normalmente, uma bola de bilhar se trata de objeto homogêneo e rígido, ou seja, “indivisível”. A figura da bola de bilhar é corriqueira; todos entendem que ela é inteiriça e resistente. Logo, quando o professor diz que o átomo de Dalton é como a tal bola, os alunos *a priori* rapidamente entendem que se trata de algo homogêneo e inquebrável. A imagem da bola de bilhar dispensa maiores explicações, pois ela se explica. O átomo não necessita de maior explicação, pois ele é reconhecido, apesar de em verdade não o conhecer. Mas o que se entendeu, no fim das contas? O átomo ou as propriedades físicas de uma bola de bilhar?

O problema adquire contornos ainda mais graves se passarmos para o modelo de Thomson, o célebre modelo do “pudim de passas”. A gravidade da comparação aqui realizada é a que, a ideia comum de um pudim, cá entre nós, brasileiros, é bastante diversa da imagem de um pudim de passas inglês tradicional. Ou seja, a imagem aqui além de associar o conhecimento científico com algo corriqueiro, exige uma explicação dela mesma. Perde-se mais tempo explicando o que é o bendito pudim de passas, do que o pobre modelo de Thomson. Uma catástrofe para o aprendiz, que precisa saber ou aprender um pouco sobre culinária estrangeira para “entender” um modelo atômico. Nesse tocante, o filósofo afirma que, para haver coerência, uma *teoria da abstração* requer um movimento de afastamento das imagens primitivas (Bachelard, 1996).

Não se pode confinar com tanta facilidade as metáforas no reino da expressão. Por mais que se faça, as metáforas seduzem a razão. São imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais. Uma psicanálise do conhecimento objeto deve pois tentar diluir, senão apagar, essas imagens ingênuas (Bachelard, 1996, p. 97).

O rompimento com esse obstáculo é um tanto quanto complexo, pois, na sua manifestação, é muito comum que ele se encontre amalgamado a outros obstáculos, especialmente os dois anteriores:

O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são *imagens passageiras*; levam a um *pensamento autônomo*. Tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem (Bachelard, 1996, p. 101, grifos nossos).

Tomemos como exemplo novamente a questão dos modelos atômicos. Se a primeira aproximação do sujeito com um modelo qualquer é feita metaforicamente, de forma descuidada, a metáfora é, também, uma *experiência primeira*, pois é o primeiro construto pictórico que o espírito se depara. Ao passo que a metáfora se refere a um

objeto corriqueiro, não é movimento incomum traçar uma conexão inexistente, um vínculo entre a metáfora e o modelo em si. Dessa maneira, ocorre também a possibilidade de se estabelecerem nuances de uma *generalidade* equivocada. Como Bachelard bem pontua, “Por que ir procurar mais longe? Por que não pensar seguindo esse *tema geral*? Por que não generalizar o que é claro e simples?” (Bachelard, p. 98, grifo nosso). A resposta para tais reflexões já foi dada por ele: o mover do espírito científico não é o da simplificação fácil. As simplicidades “gratuitas”, imediatas são rejeitadas, pois o espírito sabe que tais simplificações são inúteis para o conhecimento objetivo. A analogia, para o espírito desenvolvido, vem *depois* da teoria. Para o espírito pré-científico, ela vem *antes*.

Em movimento de resumo, podemos colocar que o obstáculo verbal é, *grosso modo*, o procedimento em que alegorias e metáforas entravam o entendimento científico ao retirar do sujeito a necessidade de estudar o objeto-alvo da comparação. Ao conhecer a metáfora, o fenômeno já está explicado. Já foi expresso. No entanto, tais manifestações não são, necessariamente, as mais difíceis de serem retificadas. Os amálgamas mais resistentes são aqueles que se estabelecem com base em intuições *realistas*, com objetos fortemente materializados, nas quais não temos a atuação de um pensamento *geral*, mas uma ideia *substantiva* (Bachelard, 1996). Temos aqui a faceta mais oculta, mais íntima do obstáculo verbal, a qual Bachelard chama de *Obstáculo Substancialista*. Delineamos tal obstáculo após o breve comentário acerca do unitarismo e pragmatismo que segue.

3.3.4A Unidade: unitarismo e pragmatismo como obstáculos epistemológicos

Conforme dito no preâmbulo deste capítulo, o obstáculo geral, em suas maiores, agigantadas manifestações, possibilita que, ao invés de talvez expandi-lo exacerbadamente e pôr em risco o seu delineamento e precisão, componhamos um outro obstáculo. É assim que Bachelard (1996) distingue o obstáculo geral do obstáculo unitário. Ideias que envolvem largas homogeneidades, harmonias que unem elementos heteróclitos, apagando contradições e hostilidades. Todas as complicações e contratempos são resolvidos quando se tem um *princípio comum*, uma visão geral de mundo.

Os *pontos-chave* desse obstáculo são dois, bem simples. Um, trata da necessidade de *perfeição*, que anda em derredor da atividade científica. Essa ideia

de perfeição, quando em sua força total, consegue contradizer intuições e dispõe grande resistência frente a pesquisas, estudos que venham questioná-la.

A ideia de perfeição não é, pois, um valor que vem se acrescentar, posteriormente, como uma consideração filosófica elevada, a conclusões tiradas da experiência; ela se encontra na base do pensamento científico, ela o dirige e o resume (Bachelard, 1996, p. 107).

O segundo ponto é consequência do inicial: se algo necessita ser *perfeito*, evidentemente não admite que haja *contradição*. Não é concebível que exista exceções, ou limitações para as grandes teorias da ordem natural (Bachelard, 1996). O que é verdadeiro para o macro deve ser verdadeiro para o micro, e *vice-versa*. Não há espaço para dualidades, para contradições. Se ocorrem, são em decorrência de algum erro do analista. Para o filósofo, existe uma noção de *orgulho* nesses saberes autoafirmados como gerais e que transcendem a experiência, os quais se esquivam da possibilidade da contradição ao fugir dos fenômenos que podem gerar tais repercussões.

Dessas necessidades esquisitas de unir conhecimentos desvinculados, aliada aos dois pontos explicitados anteriormente, temos uma gigantesca celeuma. Tudo acaba sendo causa de tudo, se você enxergar mediante determinada *Weltanschauung*¹⁷. *O conhecimento vago se impõe ao nítido*. Por sorte, maior parte dessas grandes teorias unificadoras caiu por volta do século XIX, as quais somente ofereciam um amontoado de fatos mal relacionados, como Bachelard pontua:

Já o século XIX viu desaparecer quase de todo essas *cartas* informais e pretensiosas de mestres improvisados (...) é ao tomar consciência dessa revolução da cidadela erudita que se poderá, de fato, compreender a força de formação psicológica do pensamento científico e que se avaliará a distância do *empirismo passivo e registrado* ao *empirismo ativo e pensado*¹⁸ (Bachelard, 1996, p. 119, grifos nossos).

Sem o correto discernimento do certo e do errado, do verdadeiro e do equivocado, temos um palco muito grande para os espíritos confusos atuarem. Em mãos da verificação alinhada, geométrica de um fato, podemos traçar uma extensão bem-vinda. No entanto, o impulso do utilitarismo, a necessidade de usar tal

¹⁷ Palavra de origem alemã utilizada pelo filósofo. A sua tradução aproximada é: filosofia particular ou de vida de um indivíduo ou grupo.

¹⁸ Essa distinção posta por Bachelard é deveras interessante. Ao fazer essa distinção, ele marca que o racionalismo pregado por ele não implica em rompimento com o fato experimental (empirismo), mas sim que a empiria seja dotada de um pensamento ativo, crítico do que se observa, e não meramente uma postura espectadora, acumuladora e passiva.

conhecimento para algo prático fatalmente levará tal extensão para regiões que não lhe dizem respeito.

Em todos os fenômenos, procura-se a utilidade humana, não só pela vantagem que pode oferecer, mas como princípio da explicação. Encontrar uma utilidade é encontrar uma razão (...) procura-se atribuir a todas as minúcias de um fenômeno uma utilidade característica. Se uma utilidade não caracteriza um traço particular, parece que este aspecto não fica explicado. Para o racionalismo pragmático, um aspecto sem utilidade é um irracional (Bachelard, 1996, p. 115).

Tal impulso utilitarista que observamos se tornam, assim, uma outra faceta do obstáculo, seu lado pragmático. A necessidade da utilidade pode ofuscar os interesses. Apenas a utilidade esclarece, apenas a utilidade explica. Se o conhecimento é verdadeiro, ele possui utilidade; se uma verdade, porém, não possui uma função clara, é uma verdade mutilada (Bachelard, 1996). Dessa forma, é possível que tenhamos aspirações que não sejam factualmente intelectuais. Nesse sentido, Bachelard diz que é necessário que haja o rompimento com as considerações pragmáticas, com o intuito de possibilitar a desobstrução do conhecimento objetivo.

3.3.5 O Obstáculo Substancialista: a qualidade como suma característica do fato não racionalizado

O processo de substancialização, no qual intuições dispersas e até opostas se unem com achados empíricos obscuros, generalizações ingênuas, palavras onipotentes¹⁹. Para abrir essa discussão, trazemos uma síntese indireta do próprio filósofo sobre esse obstáculo:

Por uma tendência quase natural, o espírito pré-científico *condensa* em um objeto todos os conhecimentos em que esse objeto desempenha um papel, sem se preocupar com a hierarquia dos papéis empíricos. Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade *superficial* como a qualidade *profunda*, tanto a qualidade *manifesta* quanto a qualidade *oculta* (Bachelard, 1996, p. 121, grifos nossos).

Como é posto pelo filósofo, temos que a substancialização pode ocorrer em vias completamente opostas. Podemos ter uma substancialização vaga, rasa, tolerante a tudo, mas também podemos ter um mergulho na intimidade, no oculto, porém tal movimento é feito como esquiva em resposta à crítica do fato. Temos também as satisfações verbais (Bachelard, 1996), que podem gerar no sujeito a sensação de que algo foi entendido ou aprendido somente com o entendimento da palavra que lhe é

¹⁹ Bachelard, ao iniciar o capítulo sobre esse obstáculo, usa pela primeira vez a palavra *polimorfo*. Isso, entendemos nós, como sendo uma característica específica do processo de substancialização (apesar de Bachelard colocar que é característica de todos os obstáculos), pois é muito difícil de encontrar esse obstáculo atuando sem o suporte de outros.

atribuída²⁰. Um nome erudito que é conferido a um fenômeno satisfaz a mente preguiçosa. Dividimos a lida desta seção em três partes, a saber: o *mito do interior*, que trata da substancialização pela intimidade, pelo “núcleo” das coisas; as *qualidades imediatas*, que são justamente os processos substancialistas fáceis, rápidos e ingênuos; por fim, temos o *acúmulo dos adjetivos*, processo no qual as substâncias adquirem propriedades e significados de maneira justaposta, sem se preocupar com o crivo da existência de evidências que lhes certifiquem tais propriedades.

Começemos pelas intimidades, pelo aspecto *interior* que a substância possui. A ideia de que existe uma “casca” – e conseqüentemente um “núcleo” – domina algumas ideias substancialistas. O entendimento é simples, uma intuição bastante corriqueira: *todo invólucro parece menos valioso do que o seu conteúdo*. A casca é sempre menos nobre do que o fruto interno. Nas palavras de Bachelard, “[...] para o espírito pré-científico, a substância tem um interior, ou melhor, a substância é um interior” (Bachelard, 1996, p. 123). Essa ideia de interior também ganhou força no século XVIII no contexto da química, no estudo de metais. Por conta do processo de oxidação que forma uma “casca” sobre a superfície de uma placa de cobre, a ideia de que havia uma “alma do cobre”, uma substância a substância preciosa em seu interior, sendo necessário retirar a camada externa para apreciarmos as suas propriedades luminosas e reluzentes se propagou com grande facilidade (Bachelard, 1996).

No entanto, essa ideia de substância pensamos não ser a mais preocupante. A substancialização das *qualidades imediatas* posa uma ameaça bem mais periculosa, na forma de explicações breves, *superficiais* (Bachelard, 1996). Sem o respaldo teórico, não há impulso crítico do espírito para combater a sensação. Damos um exemplo de como essas atribuições baseadas em um *realismo ingênuo, imediato*, findam por constituir falsas explicações substancialistas.

O espírito científico não pode satisfazer-se apenas com ligar os elementos descritivos de um fenômeno à respectiva substância, sem nenhum esforço de hierarquia, sem determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos (Bachelard, 1996, p. 128).

Um primeiro exemplo de substancialização imediata é encontrado em um âmbito bastante comum, o de uma aula experimental de química geral. Tomemos o fenômeno da combustão do magnésio, e indaguemos aos alunos uma descrição qualitativa do

²⁰Aqui podemos observar o enlace bastante claro entre o obstáculo verbal e o substancialista.

metal antes da queima. A resposta “o magnésio é prateado” é muito frequente e suficiente para boa parte dos sujeitos. A resposta substancializada na qual a descrição suficiente é apenas uma comparação com o aspecto da prata revela a força do obstáculo substancialista: *ele é prateado. É o bastante. É suficiente*. A convicção substancialista é tão robusta que se contenta com pouco, e tão geral que também suplanta qualquer motivação para variar a experiência (Bachelard, 1996). A substancialização se encarrega de fazer com que essa colocação preencha quaisquer anseios da mente científica de querer saber mais sobre o objeto estudado, e cessa qualquer tentativa de erudição por parte do espírito. Não seria surpreendente se, ao pedirmos para que o aluno imaginasse o aspecto de um átomo de magnésio, ele concebesse algum construto de cor prateada.

Essa atribuição direta realizada pelo aluno em mãos da experiência sensível, falsas qualidades atribuídas pela intuição ingênua, são, entendemos nós, uma das principais marcas dessa faceta do obstáculo substancialista (Bachelard, 1996). A retratação realizada aqui, porém, não pretende remover todo o valor da observação de fatos. Pretende apenas *delimitá-los*. A sua limitação evita as extensões abusivas, os entendimentos rasos. *Nem todo aspecto sensível deve prestar contas ao conhecimento objetivo*.

Por fim, temos o fenômeno sombrio que é o acúmulo de adjetivos. Quanto menos manifesta, quanto mais indiretas são as propriedades de um artefato, mais imediatamente essas propriedades são *substantivadas* pelo espírito pré-científico (Bachelard, 1996). Quando o espírito aceita indiscriminadamente todo e qualquer caráter substancial de um fenômeno, ele também aceita todas as metáforas. Na fala de Bachelard:

Um dos sintomas mais claros da sedução substancialista é o acúmulo de adjetivos para um mesmo substantivo: as qualidades estão ligadas à substância por um vínculo tão direto que podem ser justapostas sem grande preocupação com suas relações mútuas (Bachelard, 1996, p. 140).

É exatamente esse processo de justaposição indiscriminado que desejamos apurar. Apurar aqui tem um sentido todo especial, pois quanto menos apurada é uma ideia, um fato, mais palavras existem para expressá-la (Bachelard, 1996). Na *precisão* do fato, temos também uma seleção dos termos os quais podem referenciá-lo. No contexto científico, os atributos de um fato são postos hierarquicamente, e não simplesmente justapostos, como fruto de um empirismo prolixo. Para retratar esse

processo de justaposição ensandecido, Bachelard retoma aos boticários, com as propriedades de certos “medicamentos” e a consequente justaposição indiscriminada delas. Só o limão teria oito propriedades farmacêuticas. A raiz de uma planta chamada cardo-santo teria dezoito aplicações atribuídas. Um preparado com dois, três ou mais ingredientes facilmente seria capaz de ser empregado para trinta fins distintos. A ruptura é evidente ao pautarmos a farmácia moderna, a qual procura uma única qualidade para um medicamento. *O bom remédio não é mais o que faz tudo, mas aquele eficaz para um único fim.* É um substantivo seguido de apenas um adjetivo (Bachelard, 1996).

Fica então bem claro que o *produto* científico é um momento específico bem definido de uma técnica objetiva. Para determiná-lo, não é possível basear-se numa atividade substancial mais ou menos latente, mais ou menos amadurecida. Deseja-se um instante de evolução bem escolhido, e é esse instante que se fixa e se imobiliza na substância (Bachelard, 1996, p. 143, grifo do autor).

Um outro exemplo de extrapolação inadequada é feito por um contemporâneo de Bachelard, Martinet, ao dizer que “O mentol, a mentona e o acetato de metila têm cheiro de menta” (Bachelard, 1996, p. 144). Em virtude da noção substancializada oriunda do sensível (cheiro), as funções orgânicas, com seus usos e características muito diversos entre si, perdem sua identidade. Tornam-se simples terminações, sufixos ao léu. Mas é pelo estudo das estruturas moleculares que nos apropriamos das construções geométricas²¹ que ocasionam propriedades sensíveis, sua realização material. Os esquemas abstratos se impõem no lugar da mera sensibilização do fato (Bachelard, 1996). Observem que o exemplo de Martinet é exatamente igual ao descrito na seção preambular sobre os obstáculos epistemológicos, sobre a descrição qualitativa do magnésio. A resposta substancializada “ele é prateado” serviria para descrever quantos metais, completamente diversos entre si nas mais variadas qualidades? Dezenas deles. No entanto, a geometrização do magnésio já nos possibilitaria distingui-lo com facilidade de qualquer outro, ao analisar sua maleabilidade, densidade, ductibilidade, dentre outras diversas qualidades que são mensuráveis por intermédio de instrumentos e da

²¹ Aqui o termo geométrico tem o sentido específico que Bachelard utiliza. Geometrizar, para Bachelard, é todo e qualquer processo que envolve um alinhamento matemático, teórico de um dado conhecimento. Por exemplo, determinar uma expressão matemática para uma lei científica seria uma geometrização.

técnica²². Nesse tocante, o filósofo aponta que “percebe-se, aliás, que intuições substancialistas tão fáceis só resolvem falsos problemas, tanto no domínio científico quanto no domínio da psicologia literária” (Bachelard, 1996, p. 161).

Não poderíamos nós, depois de tanto enfatizar o papel subjetivo, sentimental na vida do espírito pré-científico, fechar esse obstáculo sem dar um exemplo de como o filósofo retrata a atuação destes sentimentos no processo de substancialização. A fala dele neste sentido se faz mui conveniente:

Todo trabalho paciente e cadenciado, que exige longa sequência de operações monótonas, induz o homo faber a sonhar. Ele incorpora, então, sua fantasia e seus cantos à matéria elaborada; ele valoriza a substância que foi trabalhada por tanto tempo. O esforço parcial e o gesto elementar já não delineiam os limites geométricos do objeto; é o conjunto dos gestos ritmados, é a cadência que se torna conhecimento claro e alegre (Bachelard, 1996, p. 154, grifos nossos).

Temos, aqui, uma última faceta do processo de substancialização, e talvez seja essa a mais mesquinha de todas. O trabalho, toda a dedicação, o zelo do espírito científico em escavar, aquilatar as propriedades do objeto, ao longo do tempo, podem se traduzir na própria substância que ele procurou, sem sucesso. A mente ingênua não consegue conceber que não há substância, não há um núcleo, uma qualidade maravilhosa a ser desenterrada, depois de tamanho afincio. O seu esforço se substancializa em uma qualidade que, evidentemente, não vale de nada. Todo trabalho que demanda tempo e esforço para ser realizado pode vir a ceder às intuições de substancializar o objeto em estudo, antes da sua derradeira geometrização.

3.3.6 O Realismo: o sentimento de posse como obstáculo para o conhecimento

Este obstáculo, apesar de não ser formalmente proposto por Bachelard, revela-se como base para que outros obstáculos se formem a partir de suas raízes. O realismo é, talvez, o elemento mais íntimo, mais sentimental do espírito ingênuo. Na fala do filósofo, “a ideia de substância é tão clara, tão simples, tão pouco discutida, que deve apoiar-se numa experiência bem mais íntima que qualquer coisa” (Bachelard, 1996, p. 163). Para ele, o obstáculo substancialista ou, melhor dizendo, a substancialização não se instala por si só; ela necessita de um *lastro*, de um *bem* muito íntimo capaz de suportá-la. A palavra “bem” não foi destacada sem motivo: a ideia de *posse*, de *controle* é uma das características mais marcantes do realismo. A

²² Essa discussão inevitavelmente cairia nos domínios do conceito de fenomenotécnica de Bachelard. No entanto, essa discussão não será realizada nesta tese por questões pragmáticas e de espaço.

posse do que é sentido, a memória do fato presenciado, cheirado, tocado, degustado. Essa posse é, para o espírito pré-científico, muito mais forte do que qualquer alinhamento abstrato ou vigor racional. O realista é, por definição, um *avarento*. No ato de conhecer, o espírito pode criar a noção de *ter*.

Siga a argumentação de um realista; *imediatamente* ele está em vantagem sobre o adversário porque tem, acha ele, o real do seu lado, porque *possui* a riqueza do real, ao passo que seu adversário, filho pródigo do espírito, persegue sonhos vãos (Bachelard, 1996, p. 163, grifos do autor).

Conforme o filósofo aponta, para entender o poder do realismo é necessário juntar as razões da convicção (Bachelard, 1996). O possuir é substantificado. Temos uma experiência íntima, afetuosa, mas nada objetiva. A eficácia, a precisão do experimento é uma preferência pessoal, não aquilatada instrumentalmente. Temos uma paixão pessoal fundida com uma ideia falsa. Sínteses impuras são obtidas, e o inconsciente adere imediatamente a elas. Temos aqui um amontado de *impressões* vagas, subjetivas. No lugar da racionalização e do alinhamento dos fatos, há a soma arbitrária e sentimentalista de valores. Existe uma outra nuance do realismo reportada por Bachelard, mas julgamos não agregar ao texto, haja vista do teor de nossa discussão²³. Fechamos esta seção com um pequeno trecho em que o filósofo pontua a relação entre o realismo e o processo de substancialização:

Se, como achamos, a psicanálise generalizada consiste em estabelecer o predomínio da demonstração objetiva sobre as convicções meramente individuais, deve ela *examinar de perto as mentalidades que oferecem provas fora de discussão e de controle*. Ora, o melhor meio de fugir às discussões objetivas é entrincheirar-se por trás das substâncias, é atribuir às substâncias os mais variados matizes, é *torná-las o espelho de nossas impressões subjetivas* (Bachelard, 1996, p 184, grifos nossos).

3.3.7 O Obstáculo Animista: o vital como fulcro de respostas inconvenientes

Bachelard enfatiza logo no começo da discussão sobre este obstáculo a dificuldade que foi, e é, manter as intuições de vida restritas ao seu domínio. Assim, os fenômenos biológicos que expomos aqui são aqueles que falham em resolver problemas. Falham, pois tentam responder perguntas que não lhe foram feitas (Bachelard, 1996). O histórico desse obstáculo remonta o fim do século XVIII e começo do século XIX, período marcado por diversos avanços no âmbito dos materiais e substâncias. Nesse contexto, as intuições por vezes tomavam as rédeas

²³ A discussão que omitimos se trata da questão do valor de materiais preciosos em estudos científicos, e como esse valor afeta o julgamento do espírito pré-científico.

da mente no lugar de um processo racional, em que as finalidades se sobrepunham às causas. Assim, por sua parca finalidade, os minerais, ainda pouco entendidos e muito desprezados, eram depreciados. As matérias vivas ou metálicas, por encontrarem uso cotidiano e societário, eram postas em destaque (Bachelard, 1996). Nos debruçamos, porém, nas matérias vivas, que são o foco do obstáculo.

Uma primeira aproximação desse obstáculo é o *uso indiscreto de analogias*. Um exemplo dado pelo filósofo é o do elétron e a eletricidade. Cientistas, em tempos passados, quiseram nomeá-la como “vivacidade”, pois os fenômenos elétricos eram entendidos como algum tipo de interação *vital* com o fogo. As atribuições não param aqui:

Por ser essa matéria viva, o fluido elétrico anima e move todo o universo, os astros e plantas, os corações e os germes. É a fonte de toda atividade, de toda fermentação de todo crescimento, porque “repele-se a si mesmo” (Bachelard, 1996, p. 191 - 192, grifos nossos).

Nesse trecho, evidenciamos rapidamente o caráter amalgamado dos obstáculos epistemológicos. A oração em destaque é, além de uma intuição animista, uma clara evidência da atuação do obstáculo unitário, em que diversos elementos muito distintos entre si se unem por intermédio de um elemento universal (o fluido elétrico). A vida é uma palavra mágica (Bachelard, 1996). É *supervalorizada*. Qualquer outro princípio esmaece quando se pode invocar um princípio vital. A vida marca as substâncias que anima com um valor indiscutível.

Outra faceta do obstáculo animista se dá quando processos típicos de seres vivos são transpostos para explicar fenômenos não biológicos. Um exemplo é quando o conceito de *doença* é evocado para explicar a oxidação do ferro:

A ferrugem é uma *doença* à qual o ferro está sujeito... O ímã perde sua virtude magnética quando é corroído pela ferrugem. Alguns recuperam parte de sua força quando lhe retiram a superfície atacada por essa doença (Bachelard, 1996, p. 194, grifo nosso).

Uma outra ideia insensata são as explicações antigas para a origem das minas e formação dos minérios. A ideia de *produção* e *reprodução* era tão firme que se acreditava na hipótese que não se podia minerar toda uma mina, exauri-la, pois era necessário um *germe* de minério para que ele viesse a se reproduzir novamente, pois há:

Minas que não diminuem, independentemente da quantidade de matéria que delas se extraia. Porque o ar vizinho toma o lugar do mineral e adquire-lhe a natureza (Bachelard, 1996, p. 195).

De maneira similar, as minas também possuem um tempo de gestação:

Ao abrir uma mina, alguns metais podem não estar concluídos; e, se a abertura da mina interromper a ação da Natureza, esses Metais podem ficar imperfeitos, sem conclusão, e todo o *sêmen metálico* contido na mina perderá sua força e propriedade (Bachelard, 1996, p. 195, grifo nosso).

Observe que a explicação animista dá cabo de diversas dúvidas que uma mente mais crítica poderia tecer: se a mina é exaurida, é porque não se esperou tempo suficiente para que ela viesse a germinar e reproduzir e, assim, foi esterilizada. A reprodução em si pode ser explicada em um arcabouço aristotélico em que o *ar* se transforma no sal da *terra* (Bachelard, 1996), ou seja, o ar é convertido em minério.

O animismo, apesar de sua força, veio a perder significativamente seu poderio com a derrocada da alquimia e outras pseudociências de séculos anteriores, de maneira que suas manifestações são muito mais reservadas atualmente, habitando em geral o senso comum, e muitas vezes acompanhado da Experiência Primeira. Um exemplo mais atual de uma influência animista é o *digestor*. A digestão foi, por muito tempo, entendida como sendo um prolongado, lento *cozimento*. Portanto, tudo que é processado, cozido lentamente também é uma digestão, um processo biológico. De maneira similar, o *digestor cozinha*, digere os rejeitos pútridos, como um estômago. Essa ideia digestiva foi, em verdade, palco de grande celeuma por certo período na academia²⁴. Evidentemente, o espírito pré-científico não caminha em direção à *abstração*; ele antes deseja a experiência concreta, fortemente individualizada (Bachelard, 1996), e esperamos ter clarificado que esse obstáculo caminha lado a lado com um entendimento íntimo, uma resposta individual, mesquinha para o que não se domina.

3.3.8 O conhecimento quantitativo como obstáculo epistemológico

De maneira geral, condenamos, até aqui, todo e qualquer achado proveniente de uma experiência imediata. O qualitativo não esquadrinhado é falho; possui um erro a ser retificado (Bachelard, 1996). No entanto, esse espancamento do qualitativo pode alimentar uma sensação de que seu oposto, o quantitativo, seja *objetivo*, fato que pretendemos evidenciar aqui como inverdade. De fato, se abandonamos as estribeiras do rigor e racionalidade, surgem geometrizações esquisitas, determinações quantitativas fantasiosas (Bachelard, 1996).

²⁴ Cf. Bachelard, 1996, p. 209-224.

Grosso modo, a lide a ser desenrolada aqui se deu por meio de pequenos elementos que o filósofo traça ao longo do capítulo. Começamos ao falar sobre algo, o excesso de precisão ou de exatidão, que Bachelard (1996) compara ao excesso do pitoresco no reino da qualidade. Algo que, para o filósofo, trata-se de esforço inútil:

Medir *exatamente* um objeto fugaz ou indeterminado, medir *exatamente* um objeto fixo e bem determinado com um instrumento grosseiro, são dois tipos de operação inúteis que a disciplina científica rejeita liminarmente (Bachelard, 1996, p. 261, grifos do autor).

A necessidade de exatidão exacerbada é uma chaga bastante conhecida nas disciplinas de química analítica. Para que o aluno enlouqueça, basta uma divisão inexata, contas que *não se adequam ao resultado esperado* (Bachelard, 1996). O resto da divisão modifica o experimento, os números depois da vírgula afetam seu aprendizado. O aluno se vê mergulhado em um mar de aproximações, algarismos significativos, que por vezes findam em uma determinação de nada, pois a conta excede a precisão do instrumento de medida. Afinal de contas, qual é o sentido de, ao empregar uma bureta cuja precisão é de 0,1 mL, realizar cálculos com algarismos significativos que vão até a quarta casa decimal? As decimais dessa conta não pertencem nem ao objeto nem ao instrumento de medida (Bachelard, 1996).

Outra colocação do filósofo trata da *sobrecarga numérica* que pesa nos aprendizes, algo também muito famoso cá entre nós, químicos. Memorizar, decorar constantes, fórmulas matemáticas complexas, integrais e derivadas comuns. Qual seria a fantástica vantagem de se conhecer o valor da constante de Planck com 4 algarismos significativos, quando se pode consultar uma tabela que pode armazenar tal valor com 20, 30 algarismos sem esforço algum? Contudo, o aluno sabe sim, os quatro algarismos. Mas a origem e o significado de tal constante não recebem o mesmo rigor pedagógico.

Essa sobrecarga numérica obriga os alunos a guardarem mais de 100 números por hora de aula. Isso é pretexto para uma pedagogia detestável, atentória ao bom senso mas que se mantém sem encontrar a mínima crítica em disciplinas que, de científicas, só têm o nome (Bachelard, 1996, p. 266, grifo nosso).

Conversando com o *excesso de precisão e exatidão*, Bachelard traz um conceito extremamente importante: a *técnica e instrumentalização* do conhecimento. Por vezes, a mera inspeção de um instrumento, de um aparelho objetivo falha em denotar todas as precauções e peculiaridades técnicas que tal aparelho exigiu para sua concepção. No entanto, a mensuração, a determinação que ele realiza é diretamente

proporcional ao grau de complexidade e de aperfeiçoamento que ele possui. Quanto mais aperfeiçoado, mais definido é o *produto* científico de sua mensuração: “o conhecimento torna-se objetivo na proporção em que se torna instrumental” (Bachelard, 1996, p. 268). Temos aqui um breve afresco do filósofo sobre um dos seus conceitos organizadores, que é a *fenomenotécnica*, tal conceito não sendo discutido nesta tese por não ser conveniente para o desenvolvimento do capítulo.

Todas essas ideias levantadas até aqui, trabalharam com a ideia do problema que se tem quando um rigor excessivo com medidas experimentais ou contas matemáticas. Esse comportamento nos leva para uma característica que, segundo Bachelard, se trata de uma das mais marcantes do Espírito Científico: o seu *direito de desprezar*. Enquanto a mente pré-científica não consegue se permitir o realizar de tal ato, o Espírito Científico percebe com clareza o *desprezível*. E essa capacidade vai além dos números, das fórmulas. A cor de um balão de gás não afeta suas propriedades mecânicas. O material de confecção de um béquer não interfere em sua precisão volumétrica. O tipo de polímero usado no pé da balança não é variável relevante no seu mecanismo de aferição da massa de um objeto.

Finalizamos, assim, essa etapa, na qual discorremos brevemente sobre cada um dos obstáculos epistemológicos de Bachelard. Passamos, na próxima seção, para um comentário acerca do conceito mais recorrente de todo este capítulo: o Espírito Científico.

3.4 Uma discussão acerca do Espírito Científico

Como fizemos questão de frisar, a necessidade do questionamento e da crítica na atividade científica é parte fundamental e inseparável do *combate* aos obstáculos epistemológicos. Se pudéssemos sintetizar como repelir e superar tais obstáculos, simplesmente diríamos: questione tudo, haja vista que “um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado” (Bachelard, 1996, p. 19). No entanto, até o próprio ato de questionar pode ser insuficiente; um questionamento pode não ser *objetivo*. Pode ser usado como recurso retórico, pode provir de uma *intuição* ingênua, pode ter origem em uma *imagem* usual. Mais uma vez, temos aqui um todo sistêmico que precisamos dissecar neste capítulo: o Espírito Científico.

De maneira similar ao capítulo anterior, varremos o livro do Bachelard nesta análise, porém não seguimos o protocolo da seção anterior. Foi realizada uma Análise

de Conteúdo (AC) do livro com a finalidade de averiguar quais seriam as qualidades ou características mais frequentemente atreladas ao Espírito Científico nos registros do livro (Bachelard, 1996). Sendo assim, um protocolo de categorização *emergente* foi empregado, ou seja, as categorias analíticas foram obtidas ao longo do transcurso da leitura crítica e técnica conforme orientado pelos protocolos de Laurence Bardin para a AC (1977). Com base na análise desenvolvido obtivemos como retorno um seletivo grupo de características mais mencionadas pelo filósofo ao se referir ao Espírito Científico, sendo elas as seguintes: *críticidade* (15 menções); *questionamento* (12 menções); *variação da experiência* (11 menções); *racionalidade e abstração* (14 menções). Com base nesses achados, comentamos cada uma das categorias a seguir.

3.4.1 A criticidade

A criticidade provavelmente é a característica mais marcante do espírito científico, na perspectiva do filósofo. Antes mesmo da apresentação dos obstáculos epistemológicos em si, Bachelard (1996) já fala da importância da postura crítica, pois “um pensamento inquieto desconfia das identidades mais ou menos aparentes e exige sem cessar mais precisão e, por conseguinte, mais ocasiões de distinguir” (Bachelard, 1996, p. 21). Sua relevância é posteriormente invocada na abertura do capítulo sobre o obstáculo da experiência primeira, um dos obstáculos de natureza pueril:

Na formação do espírito científico, o primeiro obstáculo é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da *crítica* – *crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico*. Já que a crítica não pode intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura (Bachelard, 1996, p. 29, grifos nossos).

Bachelard (1996) não só diz explicitamente que a crítica é elemento integrante do espírito científico, como também lhe confere caráter de primazia na lide científica. Todo e qualquer experimento, independentemente de sua natureza, sendo isento de crítica, também se torna isento de assinalo e validade científica. Com base na fala do filósofo, podemos, em um alargamento audacioso, dizer que qualquer atividade experimental que um sujeito desenvolve sem alguma repercussão oriunda de seu pensamento crítico é uma atividade *potencialmente infrutífera*.

É preciso então reavivar a *crítica* e pôr o conhecimento em contato com as condições que lhe deram origem, voltar continuamente a esse estado nascente que é o estado de *vigor psíquico*, ao momento em que a resposta saiu do problema (Bachelard, 1996, p. 51, grifos nossos).

Observe que Bachelard (1996) confere ao espírito dotado da crítica um estado de “vigor psíquico”; a crítica vitaliza o espírito, fortalecendo-o na lide científica. A ausência dela implica, portanto, em uma *letargia espiritual*, estado no qual o espírito aceita os fatos como eles se dispõem para ele, aderindo a eles com facilidade e cristalizando afirmações primeiras que podem vir a nunca serem dissolvidas (Bachelard, 1996). Ou seja, em alinhamento com o parágrafo anterior, a experiência *acrítica* não somente faz a experiência se tornar incerta, como também resulta na aniquilação do espírito científico. Tal resultado já foi observado na pesquisa de mestrado que antecede esta tese (Zytkuewisz, 2018).

As referências feitas à criticidade são diversas ao longo da descrição dos obstáculos epistemológicos, sobretudo quando se discute acerca de sua ausência. A aderência imediata ao fato não criticado é apresentada logo na abertura do capítulo sobre a experiência primeira; temos também o esforço do espírito científico em generalizar tudo aquilo que é “claro e simples” (Bachelard, 1996, p. 98), sendo tal processo de generalização marcadamente isento do crivo da crítica; outro exemplo é a aceitação de perspectivas substancialistas, ocorrido que implica em uma ausência de escrúpulos para metáforas. Esses são só alguns exemplos de menções diretas ou indiretas sobre a importância da crítica para o espírito científico.

No ponto de evolução em que se encontra a ciência contemporânea, o cientista vê-se diante da necessidade, sempre remanescente, de *renunciar à própria intelectualidade*. Sem essa renúncia explícita, sem esse despojamento da intuição, sem esse abandono das imagens preferidas, a pesquisa objetiva não tarda a perder não só sua fecundidade mas o próprio vetor da descoberta (Bachelard, 1996, p. 305, grifos do autor).

Então, se em um primeiro momento do percurso histórico do desenvolvimento científico humano a crítica consistia apenas em uma reflexão inicial, o pensamento moderno deve resistir a tal primeiro reflexo. O primeiro reflexo, como já sabemos, é uma mentira, traz um erro a ser retificado. Como Bachelard (1996, p. 305) afirma: “é preciso pensar contra o cérebro”. O segundo reflexo também é errado, porém traz um erro mais sofisticado (Bachelard, 1996). É neste sentido que o espírito científico trabalha. Ele exige determinações mais precisas, produz erros mais complexos, e ao variar a experiência, ele também varia as suas relações com o conhecimento científico. O espírito amplia seu corpo de conhecimentos criticando-o, julga seu passado pondo-o em seu devido lugar. Somente quando o passado é abandonado que há o verdadeiro progresso científico, e um dos principais instrumentos para

determinar objetivamente o momento do abandono é a crítica. Para auxiliar a crítica na eterna lide do refinamento do conhecimento científico, é necessário que haja um viés racional, que questões objetivas sejam compostas. Explicamos como tal processo decorre na seção que segue.

3.4.2 Questionamento e racionalidade

É só com as luzes atuais que podemos julgar com plenitude os erros do passado. Aliás, mesmo nas ciências experimentais, é sempre a interpretação racional que põe os fatos em seu devido lugar. (...) Só a razão dinamiza a experiência, porque é a única que sugere, além da experiência comum (imediatista e sedutora), a experiência científica (indireta e fecunda) (Bachelard, 1996, p. 22).

O sujeito movido pelo Espírito Científico é desconfiado. Dado um fenômeno pouco aparente, ele exige maior precisão na sua determinação para, em seguida, ser capaz de *distingui-lo*, diversificá-lo (Bachelard, 1996). Ele caminha na contramão do certo, do fundamentado, do unitário; uma vez assentados, ele entende que tais sistemas homogêneos proporcionam mais obstáculos do que estímulos. A variabilidade de condições que lhe permite alçar seu primor, a dialetização da experiência proporciona o levantamento de fatos desalinhados, que urgem pela retificação. Ao variar as condições, ao mudar as perspectivas do fenômeno, no entanto, ele precisa ser *vigilante* com as artimanhas da mente; a mente descuidada pode ceder às intuições *imediatistas*, valorizações que prejudicarão os verdadeiros valores do Espírito Científico (Bachelard, 1996).

Não é de espantar que Bachelard abre a sua discussão da Experiência Primeira colocando que “o espírito científico deve formar-se contra a *natureza*” (Bachelard, 1996, p. 28, grifo nosso); uma tese também muito reiterada ao longo do capítulo anterior. O *natural*, para Bachelard, é tudo que não passa pelo crivo da racionalidade e da crítica; uma fenomenologia só é válida se ela ordena os fatos desalinhados, se ela purifica os entendimentos obscuros, se ela questiona o observável (Bachelard, 1996). O acaso nunca pode estabelecer ligações entre fatos; o conhecimento objetivo *nunca* é fruto de uma causalidade.

Sem o equacionamento racional da experiência determinado pela formulação de um problema, sem o constante recurso a uma construção racional bem explícita, pode acabar surgindo uma espécie de *inconsciente do espírito científico* que, mais tarde, vai exigir uma lenta e difícil psicanálise para ser exorcizado (Bachelard, p. 50, grifo do autor).

Bachelard diz que é de grande importância manter o espírito crítico avivado, levando continuamente o conhecimento de frente às condições de origem (Bachelard, 1996). Esse movimento contínuo é uma das características da ação racional para o filósofo: o Espírito Científico está sempre revirando problemas, ligando uns aos outros, *proliferando* questões. Assim, o espírito também está indo na contramão do que a condição popular entende como as *convicções primeiras*, as *certezas imediatas*. Rapidamente temos uma indicação da já reiterada importância do *questionamento*. As perguntas, os problemas sempre são mais importantes e relevantes do que suas respostas. Afinal, o Espírito Científico deseja saber para imediatamente depois melhor questionar. No entanto, uma questão ainda espera por ser salientada: como questionar?

A resposta da pergunta acima é, ao mesmo tempo, simples e complexa. Simples, pois Bachelard a responde durante o traslado pelos obstáculos epistemológicos. Complexa devido ao fato de que a resposta é intimamente conectada a cada um deles. E não esperamos respondê-la em um parágrafo, ou uma página. Como estabelecido anteriormente, o questionamento é prática essencial do Espírito Científico. No entanto, para que tal questionamento seja frutífero, ele precisa ser *objetivo*. Essa *objetividade científica* é o que discutimos a seguir.

3.4.3 A objetividade científica

O ser humano movido pelo Espírito Científico é um ser reformado e em reforma. Sua história é a história dos seus erros e suas consequentes retificações, vitórias sobre os obstáculos epistemológicos. Mas essa trajetória somente é traçada por meio de uma série de *atitudes objetivas*, as quais tratamos aqui. O primeiro passo na direção do objeto nunca é *objetivo*; o que diferencia o sujeito pouco desenvolvido espiritualmente do que está em constante reforma é justamente seus próximos passos, e o principal sendo contemplar a *ruptura* entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico (Bachelard, 1996). O apetite pelo objeto precisa ser aniquilado. A curiosidade intuitiva, a adesão ao concreto, encharcada de pragmatismos e influências imediatistas só afastam o sujeito do percurso científico. O *estímulo* não pode ser carro-chefe de uma atuação verdadeiramente *objetiva*.

As tendências normais do conhecimento sensível, cheias como estão de pragmatismo e de realismo imediatos, só determinam um falso ponto de partida, uma direção errônea. Em especial, a adesão imediata a um objeto concreto, considerado um bem, utilizado como valor, envolve com muita força

o ser sensível; é a *satisfação íntima*; não é a *evidência racional* (Bachelard, 1996, p. 294, grifos do autor).

A tese que Bachelard sustenta, a qual defendemos aqui, é que a *objetividade científica* se baseia não *no estímulo*, mas na *reforma*. Essa reforma, porém, não pode cair em um círculo mesquinho; essa reforma é inevitavelmente um processo *social* e *indireto*. Tão social que Bachelard irá colocar que a base do fenômeno objetivo é a observação de outrem; a nossa confiança no objeto depende de um terceiro. Não é o nosso olho que vê e entende; é o nosso par que *racionaliza* e *abstrai* o que nós vimos. Tal tese, em princípio, parece largamente paradoxal. No entanto, Bachelard brilhantemente expõe o seu sentido:

De pronto, todo um universo fica descolorido, nossa refeição perde o cheiro, nossa energia psíquica natural fica cortada, revirada, desconhecida, desanimada. Precisávamos tanto estar de modo integral em nossa visão de mundo! Mas é exatamente essa necessidade que precisa ser superada. Vamos! *Não é a clara luz, é à beira da sombra que o raio, ao difratar-se, entrega os seus segredos* (Bachelard, 1996, p. 295, grifo nosso).

Dessa maneira, a doutrina da objetividade acaba por sujeitar todo o conhecimento do objeto ao controle de outrem (Bachelard, 1996). Só assim não se corre o risco de estarmos fadados ao fracasso do espírito solitário, entregue aos seus rabiscos, sem o controle coesivo de sua matéria e sem coerência nos projetos engajados. *A ciência moderna é, acima de tudo, um quadro experimental, socializado e controlado*. Na medida que uma ciência se torna social, ou seja, é comunicada e discutida, ela conquista suas bases objetivas.

A objetividade científica é, também, intimamente conectada com a ideia de *erro*. Sem a consciência do *erro primeiro*, íntimo, não há operação objetiva (Bachelard, 1996). Não há espaço na objetividade para as duras avarezas particulares ou o orgulho das grandes certezas gerais. É necessário livrar o espírito dessas influências mentais. Porém, essa lide não é imediata ou rápida; elas criam raízes profundas, difíceis de serem psicanalisadas, requerendo abstrações cada vez mais apuradas, eliminação de erros cada vez mais capciosos.

Ao longo de uma linha de objetividade, é preciso pois dispor a série dos erros comuns e normais. (...) Essa catarse prévia, não a podemos efetuar sozinhos, é tão difícil empreendê-la como psicanalisar a si mesmo (Bachelard, 1996, p. 298-299, grifos do autor).

Bachelard, assim, se dispõe contra aspectos empiristas e contra influências cartesianas. No entendimento bachelardiano, a simplificação de ideias oriunda de um processo de generalização de fatos é um processo equivocado. Em verdade, toda

ideia global simples mascara verdades complexas que se tornam ocultas diante de um estandarte simplista. O conhecimento generalizado é, também, um erro. Cria-se a noção de que se conhece o fato particular com base no geral, porém o fato geral é um erro e o particular acaba sendo mais dissonante ainda; é um erro duplo. A noção da natureza da realidade e do conhecimento é fruto unicamente de incursões racionais, do questionamento constante da nossa compreensão de mundo. Seu *objetivo* cientificamente, portanto, é também ser crítico a todo instante. A partir da necessidade de entendermos com propriedade diversos conceitos, sejam eles básicos ou avançados, temos que os estudos não podem ser encerrados com celeridade. Não pode haver um encerramento formal de qualquer conceituação sem que todas as hipóteses e possibilidades de seu emprego sejam apropriadamente alinhadas.

3.4.4 A variação do conhecimento

O espírito pré-científico não se contenta com um fenômeno parcialmente fechado. Em mãos de tal fato, ele procura conexões com as quais ele pode ampliar conceitos, transitando entre objetos ao acaso (Bachelard, 1996). Em um movimento largamente influenciado pelo obstáculo do conhecimento geral, o espírito pré-científico se coloca diante de problemas pouco precisos, ou até mesmo concebendo problemas e conexões que não enriquecem em nada o conhecimento científico.

No capítulo acerca dos obstáculos epistemológicos, especificamente na seção que tratamos o obstáculo do conhecimento geral, fizemos uma menção ao “poder de deformação” de um conceito (Bachelard, 1996, p. 76). Separamos, porém, este momento para aprofundar a discussão realizada anteriormente. Bachelard (1996) diz que os processos de *extensão* ou de *compreensão*, processos enganadores para o espírito segundo o filósofo, são dotados de uma parada epistemológica. Ambos os processos se dão por meio da modificação de um conceito, seja essa modificação *expansiva* (ou seja, extensão do conceito para regiões não discutidas), seja *compreensiva* (em que o que já se tem estabelecido sobre o conceito é revisitado e possivelmente atualizado). Em ambos os casos, o conceito se *deforma*, e a capacidade de *deformação*, de *variação* (usamos apenas este termo daqui em diante) do conceito é proporcional à sua fecundidade. Na fala do filósofo,

Para incorporar novas provas experimentais, será preciso então *deformar* os conceitos primitivos, estudar as condições de aplicação desses conceitos e, sobretudo, incorporar as *condições de aplicação de um conceito no próprio sentido do conceito* (Bachelard, 1996, p. 76, grifos do autor).

E é justamente na maneira com que se encara a capacidade de variação do conceito ou da experiência que podemos distinguir a atuação do espírito pré-científico do científico. Enquanto um procura variar a experiência sem parâmetros, sem um arcabouço que sustente sua busca, o espírito científico determina as variações. Ao variar o fenômeno, ele define as suas variáveis matemáticas. Tais variáveis são posteriormente trabalhadas pelos artífices da matemática em curvas e funções. Em mãos do estudo matemático, o cientista tenta circunscrever o fenômeno com base nas possibilidades levantadas. O que lhe chama a atenção não é mais o fenômeno em si, mas o fenômeno matematizado e abstrato (Bachelard, 1996). O abstrato se torna, mais uma vez, característica marcante do espírito científico, do qual o espírito pré-científico se afasta, pois “não é, portanto, para o lado da sadia abstração que se encaminha o espírito pré-científico. Ele busca o concreto, a experiência fortemente individualizada” (Bachelard, 1996, p. 208).

Não é apenas o obstáculo geral que impede que o espírito científico varie a experiência. A substancialização também possui plenas capacidades de impedir tal processo. Como comentado anteriormente, uma das facetas do substancialismo é a satisfação com explicações curtas, que preenchem o sujeito. Como o próprio filósofo diz:

Pois a convicção substancialista é tão forte que se satisfaz com pouco. E é também prova de que a convicção substancialista inviabiliza a variação da experiência (Bachelard, 1996, p. 129).

As intuições substancialistas não cessam aqui; como falamos sobre a natureza do questionamento, nem todo questionamento é objetivo. Ele pode ter uma motivação mesquinha; pode ser movido por uma frustração. Essa frustração pode ser proveniente, por exemplo, de uma verificação fracassada de uma suposta qualidade substancial que ficou em oculto (Bachelard, 1996). A necessidade de critério é novamente retomada aqui, e reforçada por Bachelard (1996, p. 143, grifos do autor):

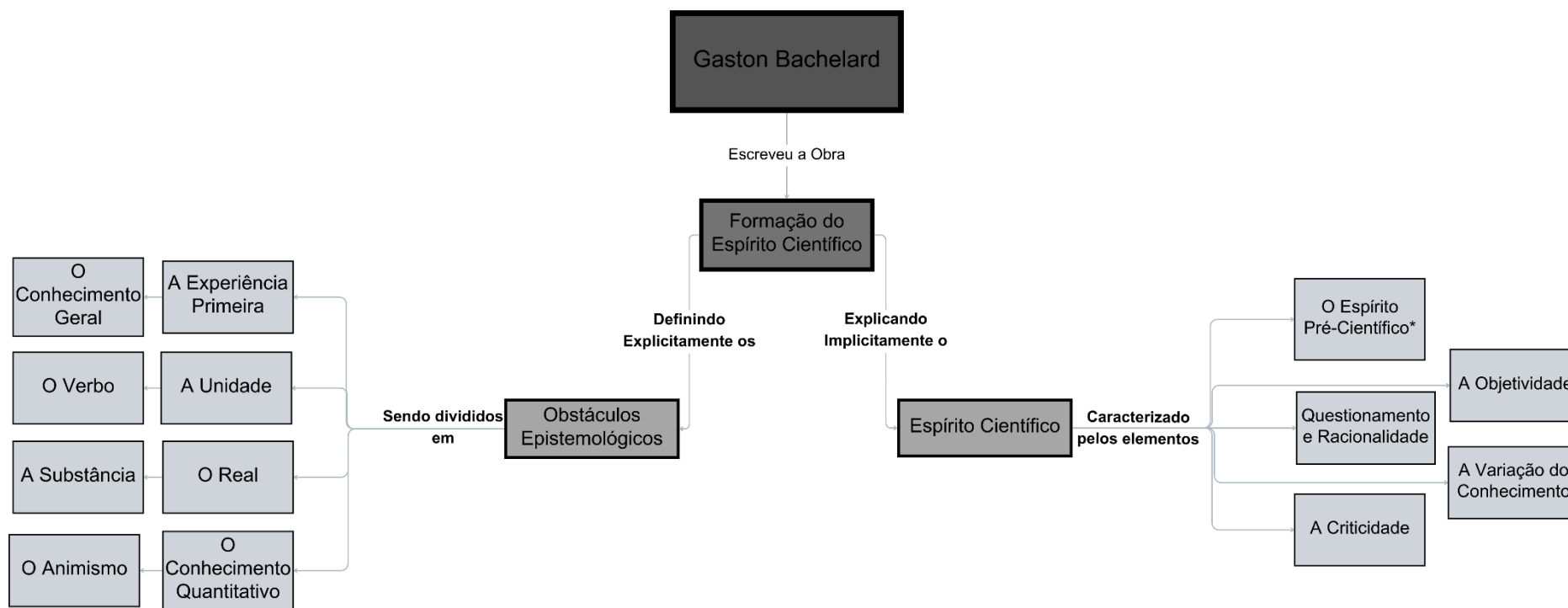
Fica então bem claro que o *produto científico* é um momento específico bem definido de uma técnica objetiva. Para determiná-lo, não é possível basear-se numa atividade substancial mais ou menos latente, mais ou menos amadurecida. Deseja-se um instante de evolução bem escolhido, e é esse instante que se fixa e se imobiliza na substância.

A necessidade de uma técnica objetiva é posteriormente endossada pela historicidade da técnica e dos instrumentos que permitem ao cientista melhor averiguar os fatos. Para Bachelard (1996), o aperfeiçoamento instrumental permite uma melhor definição de fatos e, por consequência, do produto científico. O

conhecimento, assim, se torna objetivo conforme ele é instrumentalizado; e o processo de instrumentalização e melhoria da técnica se torna componente da *variação* do conhecimento.

Com isso, fechamos este capítulo do Bachelard, em que os dois principais conceitos organizadores do filósofo, os obstáculos epistemológicos e o espírito científico foram brevemente comentados. No entanto, os contributos do filósofo não estão encerrados; uma discussão específica sobre o diálogo entre as ideias bachelardianas e o Ensino por Investigação, bem como o filósofo se dispõe acerca de noções de NdC e NiC foram postas no capítulo a seguir, sobre o Ensino por Investigação. Na Figura 2 ilustramos de maneira resumida os principais conceitos discutidos no capítulo na forma de um quadro hierárquico.

Figura 2: Quadro hierárquico contendo os principais conceitos discutidos no capítulo.



Fonte: Elaboração própria.

4. Ensino Por Investigação

4.1 Sequências de Ensino Investigativas (SEIs)

Para a discussão que segue neste capítulo, começamos trazendo os pressupostos, as bases da nossa proposta. No caso, discutimos brevemente a ideia de SEI da professora Anna Maria Pessoa de Carvalho, realizada no primeiro capítulo do livro “Ensino de Ciências por Investigação” (Carvalho, 2013). Expomos os referenciais que a autora propõe, a forma com que ela defende e constrói sua proposição, assim como a maneira a qual as SEIs seriam aplicadas ao contexto escolar.

Carvalho (2013) comenta que a educação acompanha as modificações que a sociedade sofre ao longo das décadas. Alguns fatores que influenciaram o processo de transferência de conhecimento entre gerações são o aumento exponencial do conhecimento produzido e o trabalho e estudo de pesquisadores, como, por exemplo, Vygotsky e Piaget. Por intermédio de suas contribuições, eles tentaram explicar como o conhecimento era construído por crianças e por jovens, de maneira individual ou socialmente. Segundo a autora, ambos os referenciais teóricos, por algum tempo, foram entendidos como sendo conflitantes entre si. No entanto, o que ela entende é que existe, na verdade, uma situação não de conflito, mas de complementaridade entre as duas propostas. Discutimos a seguir ambas as propostas de acordo com a visão da autora.

Com base em estudos empíricos, Piaget procurou entender, como o conhecimento científico seria construído a partir de diversos protocolos de ensino. A proposta piagetiana, originada desses estudos, defendeu, então, que era necessário um problema para que a construção do conhecimento começasse. Nisso se abre um divisor em relação à metodologia de ensino vigente naquele contexto histórico, a metodologia expositiva – em que o docente é o agente pensante – e a proposta de Piaget com uma aprendizagem baseada em um problema inicial, em que o aluno é colocado como ator primário e construtor de seu próprio conhecimento.

A construção do conhecimento, para Piaget, se dá por intermédio de processos os quais o psicólogo chamou de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio. Piaget argumenta que o sujeito forma construtos mentais que representam internamente a sua realidade – os esquemas mentais. Tais esquemas são formados, deformados e reformados acordando com os três conceitos anteriormente comentados (Carvalho,

2013). No entanto, o enfoque que Carvalho (2013) dá para a proposta piagetiana é que todo conhecimento tem como origem um esquema, um conhecimento precedente. Tal princípio é fulcral para a teoria construtivista da aprendizagem e ele também impactou significativamente o planejamento escolar, pois se torna impraticável a ministração de tópicos sem saber se os alunos já possuem ou não algum entendimento sobre o assunto. Assim, a desequilibração, relacionada à resolução de problemas, se conecta com a reequilibração, que é a construção do conhecimento. Para que ocorra esses processos mentais, porém, na visão de Carvalho (2013), é necessário que haja uma passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, que haja uma tomada de consciência nesses atos.

O entendimento da necessidade da ação manipulativa para a ação intelectual na construção do conhecimento – neste caso incluindo o conhecimento escolar – tem um significado importante no planejamento do ensino, pois a finalidade das disciplinas escolares é que o aluno aprenda conteúdos e conceitos, isto é, construtos teóricos. Desse modo o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por *atividades manipulativas* (Carvalho, 2013, p. 3, grifo nosso).

Na dimensão das atividades manipulativas, é necessário que tanto o docente quanto o aluno entendam a importância do erro na construção de novos conhecimentos. É necessário permitir ao aluno errar, refletir, repensar as suas ações. Assim, por intermédio da autocrítica e racionalização dos fatos, ele pode propor um caminho para a construção do seu próprio conhecimento.

O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio (Carvalho, 2013, p. 3).

Apesar das vastas contribuições da teoria piagetiana para o entendimento da construção do conhecimento, Carvalho (2013) atenta para o fato de que em sala de aula o aluno não trabalha individualmente, e tampouco é possível ao professor um tratamento individualizado. Temos um ambiente social, um conjunto de alunos em cada turma. Em virtude desse fato, a autora revisita as contribuições do que ela chama de teoria da construção social do conhecimento, do pesquisador russo Levi Vigotski. A proposta vigotskiana, para Carvalho (2013), tem como seu principal firmamento o fato dela propor que as funções mentais mais elevadas do indivíduo emergem de processos sociais – em flagrante conflito com a proposta piagetiana – a qual tem como seu foco o indivíduo. Sendo assim, de acordo com Vigotski, as interações professor-aluno e aluno-aluno, mediadas pela linguagem, são processos primordiais no

estabelecimento de um canal social de aprendizagem. Para Carvalho (2013), tal processo de interação social não se dá apenas por essa comunicação entre professor e aluno, mas também pelo ambiente de aprendizagem, quando o aluno interage com os problemas, assuntos e demais fatos culturais que permeiam o meio em que ele está inserido.

Assim o conceito de interação social mediada pela utilização de artefatos sociais e culturalmente construídos (o mais importante entre eles é a linguagem) torna-se importante no desenvolvimento da teoria vygotskiana, uma vez que mostra que a utilização de tais artefatos culturais é transformadora do funcionamento da mente, e não apenas um meio facilitador dos processos mentais já existentes (Carvalho, 2013, p. 4).

Um segundo conceito trazido pela teoria de Vigotski que influenciou largamente na escola foi o de níveis de desenvolvimento (Carvalho, 2013). Para o autor, temos dois níveis de desenvolvimento distintos, separados por uma altura chamada Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), os quais descrevemos sucintamente na listagem a seguir:

1. A *Zona de Desenvolvimento Real* compreende todo o conhecimento já consolidado, sendo este habilitante ao aprendiz resolver problemas de maneira autônoma, ou seja, sozinho;
2. A *Zona de Desenvolvimento Potencial* representa qualquer outro problema o qual o sujeito é incapaz de realizar sozinho, mas que com a ajuda de um *mediador* ela consegue resolver. Esse desenvolvimento potencial é sempre desconhecido, pois ele ainda não foi atingido. Segundo Carvalho (2013, p. 5), o desenvolvimento potencial seria “o conjunto de conhecimento e habilidades que a pessoa potencialmente pode aprender (...) com a orientação de outro”;
3. A região que separa esses dois níveis foi chamada por Vigotski de Zona de Desenvolvimento Proximal. É por intermédio do trabalho com o *mediador*, ou seja, de alguém com maior perícia que o aprendiz em determinada tarefa que se torna possível uma aproximação da ZDP com o desenvolvimento potencial;
4. Conforme aprende, o sujeito consegue solucionar mais e mais problemas de maneira *autônoma*. Assim, temos um progresso dialético de sua zona de desenvolvimento real conforme ocorrem processos de aprendizagem.

Segundo Carvalho (2013), apesar do desenvolvimento potencial do sujeito ser uma incógnita, podemos inferi-lo com base no que o indivíduo consegue realizar

quando na presença do mediador. O aspecto relevante da ZDP é que ela é determinada pelas habilidades que o indivíduo já construiu. e o processo dialético da aprendizagem – o qual gera o desenvolvimento real – também gera habilidades em um nível menos elaborado (a ZDP).

Em outras palavras podemos dizer que o desenvolvimento potencial é o conjunto de conhecimentos e habilidades que a pessoa potencialmente pode aprender, mas ainda não completou o processo, porém tem grande probabilidade para atingir com a orientação de outro, podendo esse outro ser um adulto (o professor) ou um colega de classe (Carvalho, 2013, p. 5).

Para Carvalho (2013), uma das contribuições que a teoria sociocultural de Vigotski traz é justamente o que se entende sobre o trabalho em grupo. O conceito de ZDP permite esclarecer o porquê da primazia dos alunos para trabalharem em tal configuração: uma vez que todos estão em zonas de desenvolvimento real similares, os alunos potencialmente desenvolvem habilidades e constroem conhecimentos com a orientação de seus colegas. Dessa maneira, o trabalho em grupo pode ser uma estratégia poderosa para quando o professor deseja que os alunos sejam atores primários na construção do próprio conhecimento. Entretanto, para haver uma aprendizagem verdadeiramente vigotskiana, deve ocorrer uma troca de ideias e um empenho coletivo no trabalho desenvolvido. Se há uma divisão de tarefas, se não ocorrem processos dialógicos no grupo a ZDP não pode fundamentar os processos de aprendizagem. Nesse contexto, Carvalho (2013) aponta que o papel do professor, na ótica de Vigotski, é muito importante, pois como um elaborador de questões, ele é diretamente responsável pelo potencial de construção de conhecimentos dos alunos.

Tiramos da própria teoria de Vigotski a necessidade de nos aprofundarmos mais na epistemologia do conhecimento [...] criando assim condições para que os alunos, social e individualmente, construam o conhecimento que se deseja ensinar (Carvalho, 2013, p. 6).

Expostos os posicionamentos da autora acerca da proposta construtivista de Piaget e a teoria sociocultural de Vigotski, caminhamos para o último referencial teórico da sua proposição, o epistemólogo Gaston Bachelard, já comentado anteriormente em capítulo específico nesta tese.

Carvalho (2013) afirma que um dos pontos fulcrais da epistemologia das Ciências se alinha com a ideia bachelardiana de que todo conhecimento é resposta a uma questão (Bachelard, 1996). No entanto, tal questão não pode ser espontânea; ela deve ser pensada, deve ser interessante ao aluno, e se possível for culturalmente inserida. Ela deve torná-lo cúmplice do processo e fazê-lo se debruçar integralmente

no percurso de sua resolução, sem prejuízo de julgamento ou preconceito com as eventuais emersões de seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto.

A proposta de Bachelard para uma reforma da escola se apresenta como um caminho para a superação dos já comentados obstáculos epistemológicos, se baseando na mudança de uma experimentação espontânea, comum – que fomenta a formação e consolidação de tais obstáculos – por uma experimentação científica, que preza por um processo dialético de construção e reconstrução do conhecimento científico (Bachelard, 1996).

Não podemos dizer que temos um “método científico”, entretanto *temos etapas e raciocínios imprescindíveis em uma experimentação científica*, o que a faz diferenciar de uma experimentação espontânea. Uma dessas etapas são a *elaboração e o teste de hipóteses*. O problema e os conhecimentos prévios – espontâneos ou já adquiridos – devem dar condições para que os alunos construam suas hipóteses e possam testá-las procurando resolver o problema (Carvalho, 2013, p. 6–7, grifos nossos).

No entanto, o suporte advindo do filósofo que a autora procura dar maior ênfase se trata da interpretação para o erro de Bachelard. Para o filósofo, o *erro* é componente indispensável para a construção do conhecimento científico, revelando sua importância para a historicidade (*e.g.* conhecimentos obsoletos são necessariamente *erros* que exigem retificação) e o aliciamento do aprendiz quando da ocorrência dele (*e.g.* a experiência exigente). É evidente que o erro também dialoga diretamente com a proposta piagetiana, conforme evidenciado por Carvalho (2013, p. 3), “o erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas”. A ocorrência do erro não encontra sua utilidade apenas na perspectiva piagetiana, mas também na proposta de Vigotski; o erro pode ser entendido como uma maneira de mensurar onde se encontra a Zona de Desenvolvimento Potencial do aprendiz, auxiliando o mediador a orientá-lo no seu processo de aprendizagem.

Comentados brevemente os aspectos fundamentais da proposta de SEI, com o fim de deixar bem explicada e coesa a construção que desenvolvemos aqui, pensamos ser importante discutir separadamente os aspectos que definem o que é de fato uma SEI. Tais aspectos são discutidos a seguir.

Carvalho e Sasseron (2012), antes da publicação do primeiro texto que formalmente introduz o conceito de SEI (Carvalho, 2013), escrevem um capítulo de livro sobre a proposta que é bastante valioso. As autoras colocam que um primeiro

objetivo, para a ainda informe SEI, seria o de traduzir problemas da Física em situações que despertassem o interesse dos alunos, que tais situações fossem factíveis, que o processo resolutivo encaminhasse os alunos na direção dos conhecimentos científicos e, por fim, organizar o ensino em sala de aula criando um ambiente que subsidiasse liberdade de pensamento, discussão e construção dos próprios conhecimentos pelos alunos. As autoras pontuam que não havia a menor intenção de conceber problemas do tipo *hands-on* (Haury; Rillero, 1994), os quais possuem fortíssimo teor manipulativo; em vez disso, elas procuraram investigar como se dava o processo de passagem de uma *ação manipulativa* para uma *ação intelectual* na construção dos conhecimentos científicos em *sala de aula*. Tal processo de *ação intelectual* as autoras chamaram *minds-on*, um termo bastante interessante.

Ao analisar tais atividades de ensino investigativas, as autoras verificaram que quando da resolução de problemas em pequenos grupos de alunos ocorre o aprendizado de conhecimentos processuais importantes (e.g. separação de variáveis atuantes no problema)²⁵. Após a finalização do problema pelos grupos, uma rodada de *discussão*, conduzida pelo professor, é aberta com o intuito de sistematizar as ideias e soluções dos grupos. Tal discussão é importante, no entendimento das autoras, para tentar evidenciar como se deram os processos pelos quais os alunos passaram ao transitar de uma postura *hands-on* para uma postura *minds-on*. Pensamos que tal momento de discussão entre grupos, mesmo que puramente expositiva (ou seja, que não haja a promoção de um debate entre grupos) é bastante valioso, pois os integrantes de cada grupo têm a oportunidade de se informar sobre os protocolos e caminhos percorridos pelos demais, sendo possível, assim, expandir seus horizontes mentais acerca de uma possível *pluralidade de percursos resolutivos*, algo fundamental em atividades investigativas.

Nesses termos, as autoras dispõem que as *atividades de ensino investigativas* requerem dos alunos o exercício da *escrita*, pois é por meio desta que os cientistas se comunicam em congressos ou em artigos publicados. Muito menos flexível, instantânea ou aberta, a comunicação escrita acadêmica é *convergente, focal e*

²⁵ Carvalho comenta ainda no texto de 2012 que as interações de ordem sociocientífica dos alunos promovem um tipo de *formação moral* dos sujeitos, ao terem de lidar com situações de concordância, cooperação, conflito e confronto no trabalho em grupo. No entanto, julgamos que tal aspecto de desenvolvimento moral, apesar de interessantíssimo, parece ter sido descontinuado pois não é referenciado por Carvalho nas menções subsequentes sobre a SEI.

demanda elevado *esforço cognitivo* de quem a escreve. Assim, é importante frisar a necessidade do emprego de dois modos da linguagem – a oral e a gráfica – para que o conhecimento científico seja consolidado pelos alunos (Carvalho e Sasseron, 2012).

No entanto, em algum momento, Carvalho e Sasseron (2012) chegaram à seguinte reflexão:

As atividades de ensino investigativas que tínhamos organizado, e sobre as quais planejamos as pesquisas acima descritas, foram todas visando o ensino e a aprendizagem de conhecimentos Físicos, através de problemas experimentais. Entretanto o ensino de Ciências na escola fundamental vai além destes conhecimentos e de atividades experimentais. Deparamo-nos então com a seguinte questão: é possível organizar sequências de atividades investigativas abrangendo outros conteúdos curriculares, e outras atividades didáticas, mas de tal forma que em todas as atividades programadas na sequência os alunos interagissem construindo seus próprios conhecimentos? (Carvalho; Sasseron, 2012, p. 158, grifos nossos e das autoras).

Aqui, em primeira mão, observamos o germe do conceito de SEI sendo pautado, e a discussão que segue é de grande valia, pois não somente comporta os princípios utilizados para conceber a SEI, como também organiza e expõe as primeiras elucubrações das autoras sobre tal proposta. Em um primeiro momento, identificamos um preceito fundamental: *é necessário organizar sequências de ensino e aprendizagem constituídas de diversas atividades, abrangendo diverso conteúdo programático, as quais possuem encadeamento conceitual*. Ou seja, é muito importante que haja uma coesão conceitual, independentemente das sequências elencadas para a composição de uma SEI, é elementar que elas conversem entre si, e que tal conversa seja dotada de um caráter de consecução ou continuação de elementos conceituais.

Mais adiante, as autoras colocam outro ponto bastante importante: *as atividades não podem ser simplesmente problemas experimentais*. Ou seja, não se trata de uma simples proposta de situações problemáticas aos alunos²⁶. A atividade deve demandar, por exemplo, pesquisas bibliográficas. Também é importante que a atividade exija um *engajamento intelectual* dos alunos, que haja um *esforço cognitivo* por parte deles para haver uma fruição maior por parte deles do problema proposto. A *cumplicidade* intelectual do sujeito com o problema consegue fomentar diversas potencialidades de aprendizagem, segundo Giordan (1999). Ainda neste íterim, as

²⁶ Percebemos aqui, novamente, o caráter de ruptura da proposta de SEI com as atividades “mão na massa” ou *hands-on*.

atividades necessitam ter um caráter *investigativo*, ou seja, que elas contemplem os quatro verbos propostos por Carvalho (2018).

Todas as atividades planejadas deveriam ter caráter investigativo, isto é, deveriam ser problematizadas para os alunos, deveria se dar em um ambiente de engajamento intelectual dos estudantes, no qual por meio da argumentação, os conceitos, as atitudes e os processos científicos tivessem a oportunidade de serem construídos (Carvalho e Sasseron, 2012, p. 159).

Em vista do breve exposto, temos que a proposta de SEI da professora Anna Maria Pessoa de Carvalho possui uma fundamentação bastante robusta e adequada. Contudo, para alcançar os objetivos de aprendizagens técnicas e conceituais presentes em nosso contexto, o Ensino Superior, entendemos que não seria possível utilizar a SEI como está, ou seja, sem modificações. A seguir discutimos os pontos críticos encontrados por nosso grupo de pesquisa na proposta da autora que levaram à proposição de uma SEI especificamente para o contexto do Ensino Superior.

4.2 Inadequações da proposta original de SEIs para aplicação no Ensino Superior

Um primeiro problema detectado por nós foi o fato de que a *proposta da autora é voltada especificamente para o ensino fundamental e médio*. Ao longo do capítulo em que Carvalho (2013) defende a proposta das SEIs, e posteriormente em outros capítulos que trazem dados da aplicação das SEIs, é evidente que a proposta concerne principalmente o ensino fundamental e médio. Embora tal fato não seja por si só uma limitação, as assunções e implicações decorrentes que a autora efetua tornam a aplicação de SEIs, em sua integridade, inadequadas ao contexto do ensino superior. Um exemplo crítico é o fato de que Carvalho (2013) se debruça largamente na hipótese piagetiana de que a construção do conhecimento é algo que depende do aluno se colocar ativamente na resolução do problema proposto, com pouquíssimo espaço para uma intervenção do docente no processo. Essa questão envolvendo a atuação docente nos leva diretamente ao segundo problema, o qual discutimos a seguir.

O segundo problema percebido pelo grupo de pesquisa foi o *papel do docente nas SEIs*. Apesar de, no texto mais recente (Carvalho, 2018), a autora demonstrar uma maior flexibilidade nesse quesito, é evidente em sua fala que o docente deve ocupar um papel secundário em uma SEI. O único caso em que o professor é protagonista na atividade seria quando da realização de demonstrações investigativas, porém por força da existência de risco aos alunos:

[As demonstrações investigativas] São problemas experimentais em que a ação é realizada pelo professor, pois, nesses casos, a aparelhagem oferece perigo ao ser manipulada pelos alunos (Carvalho, 2013, p. 13).

Nas demais atividades propostas (problemas experimentais, problemas não-experimentais, leitura de texto para sistematização do conhecimento), o que temos é um professor cuja função é apenas fazer questionamentos com o intuito de invocar alguma crítica ou reflexão por parte dos alunos frente ao que fora realizado, ou organizar e dispor os elementos necessários para realização de tal atividade. Além disso, não há maior contribuição do docente. O ponto crucial do nosso argumento reside no fato de que, ao longo de toda a proposta da autora, não ocorrerem escassas menções acerca do docente fornecer algum embasamento teórico prévio para suportar as atividades investigativas. A base da SEI, sendo fortemente *piagetiana*, exige que os alunos por si só ou em grupo construam o conhecimento, com base em apenas seus conhecimentos precedentes e consulta aos materiais de apoio; a contribuição do docente é marcadamente secundária nesse processo.

Cabe aqui uma questão muito pertinente: enquanto é evidente que a ideia da autora é que haja um processo dialético e que no referido processo possivelmente aconteçam erros, qual é o respaldo para defender que tal ocorrência de erros é construtiva? Carvalho (2013, p. 12) diz que “o erro ensina ... e muito”. Será que qualquer erro, quando trabalhado, acarreta necessariamente em alguma aprendizagem? Concordamos que tal aspecto é muito importante na construção do conhecimento, porém no ensino superior ocorre um salto bastante significativo de complexidade e profundidade no tocante aos conteúdos e técnicas ensinadas aos graduandos. O erro, nesse contexto, precisa possuir, pensamos nós, algumas características específicas para ser útil.

O terceiro fator elencado por nós concerne ao fato de que *o laboratório do ensino superior possui características particulares*. Podemos elencar uma série de especificidades da experimentação no ensino superior: na larga maioria das vezes a aprendizagem em laboratório está suportada em um arcabouço envolvendo técnicas de laboratório e conhecimentos precedentes sobre conceitos e fenômenos os quais suportam a construção do conhecimento a ser trabalhado em determinada atividade experimental. Ao longo do estudo que os pesquisadores envolvidos neste projeto realizaram acerca das atividades experimentais a serem modificadas, uma necessidade foi objeto de discussão repetidas vezes: o aluno precisa ser muito bem

orientado acerca do que será tratado em cada uma das atividades experimentais planejadas. Em consonância com a necessidade de uma aprendizagem técnica, os conteúdos trabalhados no ensino superior de química estão, por vezes, *em uma esfera de conteúdo muito mais ampla, diversa e complexa*, de maneira que vários são dificilmente apropriados de maneira adequada quando os alunos tentam fazê-lo por si só. A própria proposta bachelardiana dos obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996) fala sobre a sedimentação de conceitos equivocados que são de difícil psicanálise, e que alguns conceitos primeiros, mesmo com reiteradas incursões apropriadamente desenhadas, não podem ser desmanchados. O erro não precisa ser necessariamente oriundo de uma *experiência primeira*. O arcabouço teórico de cada uma das atividades planejadas para uma SEI dentro do contexto do Ensino Superior é altamente exigente. Assim sendo, o docente precisa atuar no sentido de propiciar que os alunos estejam bem assentados acerca dos conceitos envolvidos. Dessa forma, as atividades planejadas, sejam elas mais simples ou mais complexas, podem ser realizadas de maneira a minimizar a atuação de obstáculos epistemológicos.

Além da questão muito importante que envolve o patamar diferenciado de complexidade e sofisticação das atividades experimentais no Ensino Superior, outro fator muito importante a ser comentado é o fato de que *as atividades experimentais de química são, de maneira geral, perigosas*. Muito frequentemente os alunos se deparam com vários reagentes com potencial de dano imediato ou residual na ocasião de não serem manipulados adequadamente. Deixar um grupo de alunos por si só em um laboratório manuseando reagentes de maneira indiscreta proporciona, sem dúvidas, uma situação potencialmente perigosa para os discentes, bem como aos demais presentes no laboratório. Dada a ciência acerca de segurança em laboratório e segurança de produtos químicos, não existe atividade experimental de química isenta de riscos. Permitir tal situação, portanto, configura uma ação irresponsável e potencialmente dolosa do docente se ele não verificar se os alunos possuem uma maturidade e um corpo de conhecimentos mínimos sobre a segurança envolvida na manipulação dos reagentes e equipamentos do laboratório. E mesmo que os alunos possuam tais conhecimentos, é indispensável que o professor e seus assistentes estejam vigilantes.

Colocadas as nossas observações acerca dos elementos que foram entendidos pelo grupo de pesquisa como sendo problemáticos, decidimos por adaptar a proposta

da SEI para o nosso contexto. Assim, reformulamos os elementos criticados acima para eles contemplarem as especificidades de disciplinas experimentais de química do Ensino Superior. Para tal efeito, na próxima seção, discutimos algumas prerrogativas da SEI e, com base nelas, propomos os fundamentos para adaptar tal proposta ao Ensino Superior.

4.3 Aspectos basilares da SEI para o Ensino Superior

Carvalho (2018), como comentado anteriormente, traz uma pequena lista dotada de verbos de ação que o Ensino por Investigação possui a intenção de promover (no sentido de proporcionar que os alunos executem e se ambientem com tais ações), quando da aplicação em contexto de ensino de ciências do ensino fundamental, e de física para o ensino médio (Carvalho, 2018, p. 766):

1. *Pensarem*, considerando a estrutura do conhecimento;
2. *Falarem*, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos;
3. *Lerem*, entendendo criticamente o conteúdo lido;
4. *Escreverem*, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

A intenção de tais *verbos* seria conseguirmos trabalhar não apenas o conteúdo programático, mas também verificar se os alunos são capazes de executar tais ações (Carvalho, 2018). Para alcançar tal objetivo, a autora pontua que dois pilares são essenciais: a *liberdade intelectual* dos alunos e a *elaboração de problemas* por parte do professor. Para efeito de ilustração de como isto pode ser aplicado, no Quadro 1²⁷ trazemos a proposta de Carvalho (2018, p. 768) a qual ilustra os diversos graus que tais atividades investigativas experimentais podem possuir.

Quadro 1: Graus de liberdade do professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de Trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de Dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/C	A/P/C	A/P/C	A/P/C

Fonte: Carvalho, 2018.

²⁷ Para efeito, optamos por não discutir especificamente os detalhes para cada um dos graus conforme Carvalho propõe. Caso o leitor se interesse em tais detalhes, recomendamos que Cf. Carvalho (2018), p. 768-769.

Postos em seção antecedente os aspectos da proposta original da SEI por Carvalho (2013; 2018), utilizamos agora os contrapontos que estabelecemos para embasar as adaptações discutidas e decididas como necessárias para o emprego da proposta em nosso contexto de pesquisa, bem como alguns outros aspectos relevantes que pensamos ser mais convenientes de serem colocados aqui, para fins de organização.

O primeiro elemento que entendemos ser crucial para aplicarmos a SEI seria uma *mudança no papel desempenhado pelo docente*. No contexto do ensino superior, além dos aprendizados conceituais, teóricos e experimentais na seara da química, os alunos também recebem um ensino profissionalizante. Pensamos que todos esses aprendizados, sobretudo os dois últimos, são demasiadamente complexos e importantes para deixar por conta de o aluno construí-los por si só. Assim sendo, pensamos ser importante que haja uma *modulação* acerca da maneira que o professor atua nessas atividades experimentais.

Outro elemento que vem como consequência direta do anterior é a necessidade de que seja construído pelos alunos, com o auxílio do docente, um *modelo atômico-molecular* que sirva de base para as discussões e procedimentos executados durante as práticas, dadas a especificidade e natureza do conhecimento químico. Dessa forma, em posse de tal modelo de base, os alunos conseguiriam refletir e investigar, de maneira conceitualmente rigorosa, as atividades vindouras. Além disso, a posse de tal modelo permite que os alunos, em teoria, utilizem menos de abordagens impensadas (chutes) ou exaustivas (tentativa-e-erro) para resolver os problemas propostos, trabalhando na direção da aproximação que Carvalho (2018) defende entre a *ação manipulativa* e a *ação intelectual*. Para a construção desse modelo, pensamos que a melhor maneira seria segmentá-lo conforme o conteúdo da SEI. Explicamos em seguida o dispositivo que pensamos satisfazer tanto a questão da atuação docente como a construção do modelo atômico-molecular de base.

O grupo de pesquisadores envolvidos, com o fim de atuar nessas questões, desenvolveu a ideia de trabalhar a SEI *em processo*. Nossa ideia central foi que as SEIs trabalhariam com *conteúdos curriculares específicos* (e.g. eletroquímica, termoquímica) e, dentro de tais conteúdos, em vez de fixarmos um grau de liberdade intelectual, toda SEI iniciaria no *grau 1* e progrediria em liberdade intelectual até sua finalização. Os motivos para tomarmos essa decisão vieram de um elemento

recorrente em nossas discussões, que posteriormente se tornou ponto pacificado, o qual discutimos a seguir.

Em todo início de SEI, um novo conteúdo é trabalhado. Em cada um desses conteúdos, novos conceitos são ensinados, ou conceitos já ensinados são aprofundados e, além disso, a introdução de novos utensílios de laboratório, equipamentos, bem como técnicas manipulativas de maior ou menor complexidade é um elemento sempre presente. Como os procedimentos de ensino e aprendizagem são, de certa maneira, *cíclicos*, pensamos que o fluxo das SEIs deveria seguir uma característica igualmente cíclica. Assim, o papel do professor em todo começo de SEI teria um caráter mais *diretivo*, *expositivo*, e nesse começo o modelo atômico-molecular seria gradualmente construído e expandido; tal caráter seria gradualmente modificado, modulado, de modo a possibilitar aos alunos um grau de liberdade intelectual crescente ao longo do conteúdo da SEI, chegando a um patamar mais elevado na última aula.

Tal discussão sobre a atuação do docente, seu papel inicialmente mais diretivo e a construção do modelo atômico-molecular nos leva diretamente ao segundo elemento que também foi alvo de amplos debates, o qual é sintetizado no seguinte questionamento: *qual é a importância das aulas expositivas e dialogadas dentro da nossa proposta?* Esse sempre foi um ponto nevrálgico das discussões, dada que a proposta original de SEI da autora Anna Maria Pessoa de Carvalho não faz referências ao docente ministrar aulas antes de iniciar uma atividade investigativa, pois, em seu arcabouço fortemente construtivista, os alunos deveriam ser capazes de construir quase que integralmente todos os conhecimentos envolvidos ao longo de uma SEI. Depois de diversas reflexões em grupo, chegamos à conclusão de que uma exposição dialogada inicial não era o ponto fulcral; a grande discussão era, em verdade, como delinear a atuação do docente ao longo de cada SEI. O consenso alçado foi que tal atuação do docente deveria ser *modulada*, e a *modulação* deveria ser atrelada ao Grau de Liberdade Intelectual conferido aos alunos. Tal escalonamento gradativo da liberdade intelectual conferido aos alunos está descrito no Quadro 2.

Quadro 2: Graus de Liberdade Intelectual dos alunos em uma SEI adaptados para o Ensino Superior.

	Grau 0	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 3½	Grau 4
Background	P	P	P	P	P e A	A
Problema	-	-	P	P	A e P	A
Hipóteses/	-	P e A	P e A	A e P	A	A

Objetivos						
Plano de Trabalho	P	P e A	A e P	A e P	A e P	A
Obtenção de Dados	A ou P	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A ou P ou C	A ou P ou C	A ou P ou C	A ou P ou C	A ou P ou C

Legenda:
(P) Responsabilidade do professor.
(A) Responsabilidade do aluno.
(P e A) Responsabilidade do professor, porém o aluno pode participar em caráter secundário.
(A e P) Responsabilidade do aluno, porém o professor pode participar em caráter secundário.
(A ou P ou C) O aluno, o professor ou a classe se responsabilizam.

Fonte: Elaboração própria.

Para comentar sobre como a modulação ocorre, precisamos primeiro explicar o Quadro 2 e, então, justificar as nossas modificações. Em nossas discussões, notamos existir discordâncias acerca dos elementos fundantes das atividades experimentais, suas atribuições, bem como posicionamento dos quesitos que ocorrem no Quadro 1. Foi consensual que as conclusões, em nenhuma ocasião, deveriam ser produto exclusivo do docente (como ocorre no Grau 1 da proposta original da professora). Tal conclusão se deu em virtude de o grupo de pesquisa considerar pouco produtivo aos alunos que tal produção fosse também oriunda do professor. A ideia geral é que, caso o professor tirasse alguma das conclusões pelos alunos, ele estaria interferindo na investigação ao privar os alunos de realizarem os verbos de ação elencados por Carvalho (2018), sobretudo o *escrever*, verbo que torna concreta as conclusões levantadas pelos alunos. Evidentemente tal acontecimento não se traduz em vantagem alguma para a investigação, além de retirar da responsabilidade dos alunos a autoria de uma etapa crucial da investigação, que por vezes possui capacidade representativa suficiente para ilustrar o que tais alunos compreenderam ou não na atividade investigativa.

Outra modificação proposta, sendo de certa forma resultado de reflexões do trabalho de mestrado que antecede esta tese (Zytkuewicz, 2018), trata de considerarmos que os alunos possuem *conhecimentos precedentes*, algum *background teórico* acerca do tópico da atividade experimental. Entendemos que a existência ou não desse arcabouço teórico, o qual depende diretamente do *modelo atômico-molecular* que comentamos anteriormente, é um ponto fulcral na tomada de decisão e raciocínio dos alunos, individual e coletivamente. Em razão disso, inserimos o *background* como elemento fundante, e o colocamos em posição privilegiada no Quadro 2. Uma última modificação que realizamos foi em relação à numeração dos graus e inserção de outro grau. Renumeramos os graus, indo de 0 a 4 (distintamente

da proposta de Carvalho, que os numera de 1 a 5). Pensamos que o número zero ilustra com mais fidedignidade que esse grau representa o ensino plenamente diretivo, isento de elementos investigativos. Ademais, inserimos o Grau 3½ que se trata de uma generalização da Intervenção Didático-Pedagógica Investigativa concebida na pesquisa de mestrado antecedente (Zytkuewicz, 2018). Explicamos com detalhe o que seria este Grau 3½ mais adiante.

Concretizados esses esclarecimentos iniciais, partimos para descrever o preenchimento do Quadro 2, o qual acabou resultando em algo significativamente distinto da proposta original. Tal descrição ocorre de maneira a demonstrarmos como a atuação do docente e dos alunos é afetada ao longo da variação dos graus de abertura, em termos dos elementos fundantes.

O grau 0 representa o que é chamado de *ensino diretivo* por Carvalho (2018). Nesse delineamento, temos que o docente se responsabiliza por boa parte da atividade, fornecendo aos alunos o roteiro experimental, munindo-os com exposições teóricas prévias sobre os aportes teóricos do experimento e, então, explicando os procedimentos a serem realizados. Resta aos alunos seguirem o roteiro fielmente para que a atividade seja realizada. Em virtude do teor comprobatório, é comum também que o professor forneça, de antemão, os resultados a serem obtidos no experimento. Isto, por vezes, faz com que os alunos “forjem” dados na ocasião dos obtidos não se adequarem ao esperado. Tal prática pode, ao longo do tempo, fomentar uma descrença ou insegurança dos discentes com respeito a seus conhecimentos e habilidades procedimentais no contexto experimental (Carvalho, 2018).

No grau 1 ainda possuímos o pendor diretivo, porém temos uma liberdade um pouco maior para os estudantes em virtude da figura de um docente mais *aberto* para participações deles. Tal participação dos alunos pode se dar, por exemplo, por intermédio de questionamentos acerca dos procedimentos a serem realizados ou os objetivos particulares da atividade. Apesar de continuar sendo responsabilidade do docente, os alunos podem conversar e debater com o professor, ou entre si sobre o experimento, apesar de, identicamente ao grau anterior, todo o aporte teórico e instruções sobre o experimento ainda serem ministrados pelo docente. Nesse grau, o professor também pode optar por não fornecer os resultados esperados na atividade, tornando a obtenção e discussão de dados um possível elemento norteador das discussões entre alunos, grupos ou com a classe posteriormente. Vale a pena

ressaltar também que os graus 0 e 1 não são considerados por nós como investigativos, em alinhamento com a proposta de Carvalho (2018).

O grau 2 em diante representa o que entendemos como sendo o Ensino por Investigação. Conforme Carvalho (2018, p. 767, grifos nossos) afirma:

Esses dois conceitos – liberdade intelectual e *elaboração de problemas* – são essenciais para o professor criar condições em sala de aula para os alunos interagirem com o material e construir seus conhecimentos em uma situação de ensino por investigação.

Assim sendo, a partir desse grau em diante ocorre a *proposição de problemas* pelo professor para serem resolvidos pelos alunos. Outro aspecto marcante que temos é que os alunos precisam começar a se envolver intelectualmente na atividade com mais veemência, visto que o professor não mais figura como regente da atividade. Aqui o docente transita para uma *postura colaborativa*, auxiliando os alunos, por exemplo, a elaborarem um plano de trabalho para resolver o problema. A partir desse grau também podemos ter mudanças na estrutura e conteúdo do roteiro experimental, dado que sua configuração tradicional se torna inadequada para o delineamento investigativo. O roteiro ainda pode trazer descrições ou informações sobre a atividade, porém os procedimentos não necessitam mais serem fornecidos por completo; em vez disso, o docente pode munir os alunos de uma literatura pré-selecionada ou permitir a consulta a livros ou outras fontes de informações para que eles próprios elaborem um procedimento, ou ainda propor etapas de um *procedimento incompleto*. Na sequência, o docente deve avaliar se tal procedimento é possível de ser realizado (no sentido dos reagentes, equipamentos e utensílios de laboratório estarem disponíveis) e se é seguro (no sentido de verificar se há algum reagente cujo manuseio é especialmente perigoso ou se algum procedimento experimental requer uma perícia aquém da que os alunos possuem no momento).

No grau 3 a ideia principal é que a *autoria* do que está sendo realizado na atividade seja uma contribuição majoritária dos alunos, com o professor podendo assumir um papel de *colaborador* e *auxiliar* dos alunos na produção. Por exemplo, durante o levantamento de hipóteses e elaboração de um protocolo experimental para a atividade o docente pode atuar apenas ajudando os alunos com possibilidades de o que pode ser realizado, ou o que seria o cerne do problema proposto. Além disso, assim como no grau 2, o docente deve fazer o papel de censor do protocolo

experimental proposto pelos alunos, avaliando os procedimentos e protocolo experimental proposto para fins de factibilidade e segurança.

O grau 3½, fruto do trabalho de mestrado (Zytkuewicz, 2018) que antecede esta tese, em nossa visão ocupa uma posição intersticial entre os graus 3 e 4. As principais distinções entre o grau anterior e o atual residem nos quesitos *background teórico*, *problema* e *hipóteses*, os quais constam no Quadro 2. Analisando apenas o Quadro 2, no caso do grau 3½ os alunos teriam a responsabilidade *integral* do procedimento de levantamento de hipóteses, e que o *background* teórico seria pelo menos em parte fornecido pelo docente, e em parte obtido pelos alunos por intermédio do acesso à literatura ou demais fontes de informação. Contudo, o quesito mais intrigante certamente se trata do *problema*, que não mais seria uma proposta do docente, mas teria alguma parcela de participação dos alunos em sua proposição. Como isto seria possível de ser realizado?

Para explicar melhor as particularidades do grau 3½ necessitamos descrever seus aportes teóricos, que levaram ao desenho dessa atividade experimental inédita na literatura até o momento da escrita desta tese. Uma atividade experimental baseada no grau 3½ possui uma fundamentação na perspectiva bachelardiana de *erro* (Bachelard, 1996), e usa o conceito de *experiência exigente*, a qual segundo o filósofo “é a experiência que falha” (Bachelard, 1996, p. 296). Entendendo uma sinonímia existente no âmbito do contexto bachelardiano, entre as palavras falha e erro, ponderamos compor uma *experiência que falhasse*, ou seja, uma experiência dotada de um erro ao longo de seu percurso. Giordan (1999), em seu artigo, defende que a ocorrência do erro é um fator que incita uma *cumplicidade* do sujeito com o experimento, e Bachelard (1996) afirma que a ocorrência do erro é oportunidade ímpar para a retificação de conhecimentos.

Contudo, refletimos que tal erro não poderia ter o caráter de erro aleatório, e tampouco poderíamos permitir que tal erro pudesse trazer riscos aos alunos. Com isso, tivemos a ideia de impetrar tal erro no *roteiro experimental*, de maneira que o erro seria algo *pensado* pelo docente. Assim, ao desenhar o que seria o erro que ocorre na atividade, o docente tem total ciência de todos os detalhes envolvidos em sua ocorrência, bem como as repercussões que tal erro geraria no experimento. Por tais aspectos únicos que tal erro possui, resolvemos nomeá-lo como o *erro positivo controlado*.

Mas o que seria este tal erro positivo controlado, e como ele seria inserido no roteiro experimental? Em uma ideia inicial pensamos que tal erro poderia ter pelo menos dois tipos, sendo eles antagônicos: *ausência de informação/etapa relevante*, ou *inserção de informação/etapa irrelevante* no roteiro experimental. Ou seja, em uma mão, tal erro seria a omissão proposital de alguma informação ou etapa no roteiro experimental, de maneira que, sem a execução de tal etapa ou sem tal informação, ou alunos seriam incapazes de finalizar a atividade. Em outra mão, temos a possibilidade de incluirmos dados ou etapas que são desnecessárias ou prejudiciais ao bom curso do experimento, de maneira que a execução desta etapa inconveniente também resulta na impossibilidade de os alunos finalizarem a atividade. No trabalho de mestrado antecedente, o erro desenhado foi do primeiro tipo, ou seja, omitimos uma informação relevante (no caso, substituímos um dos reagentes necessários para o experimento).

Descrita brevemente a fundamentação do grau 3½ e do erro particular que a atividade investigativa que adota este grau possui, fica pendente descrever como é, de fato, o transcorrer desta atividade experimental. O experimento deve, em princípio, começar como um *experimento tradicional*, de grau 1, cujo percurso é bastante simples, bastando aos alunos alguma discussão sobre o roteiro e o que será efetuado com o docente. Contudo, como colocado anteriormente, o roteiro possui um *erro*, o qual impede que os alunos finalizem o experimento. Quando todos os grupos alcançam o momento em que o erro lhes impede de prosseguir, o docente deve anunciar que há um erro no roteiro. A partir de então, os alunos devem investigar e debater entre si, com base em seus próprios conhecimentos e, de acordo com uma literatura disponibilizada, realizar um levantamento de hipóteses resolutivas, delinear o erro e propor um protocolo experimental retificado. Em mãos do protocolo experimental retificado, eles levam ao docente ou seus auxiliares (monitores, estagiários docentes etc.) a proposta, a qual será verificada para fins de factibilidade e segurança. É muito importante que a intervenção do docente seja limitada a estes aspectos, não interferindo nos processos criativos dos alunos, mesmo que a proposição esteja equivocada. Passado pelo crivo do corpo responsável pela atividade experimental, os alunos prosseguem para a aplicação do procedimento retificado. Se o experimento é bem-sucedido, os alunos finalizam a atividade; do contrário, eles retornam para a etapa de levantamento de hipóteses propõem um novo

procedimento experimental, e tais etapas devem ser repetidas até os grupos conseguirem solucionar o problema.

Explicado o transcurso da atividade, justificamos o preenchimento da coluna do grau 3½ no Quadro 2. O primeiro quesito, o *background*, é do tipo P e A. Isto se explica pelo fato de que, apesar da parcela majoritária do conteúdo trabalhado é ensinada previamente, a partir do anúncio do erro os alunos se tornam em alguma medida responsáveis pela busca e alocação dos conteúdos envolvidos no experimento. O segundo quesito, o *problema*, é do tipo A e P. Tipificamos assim, pois, apesar do professor desenhar o problema (que, em nosso caso, se trata de um erro intencional), o problema não é explicitamente anunciado; cabe aos alunos discernirem, ao longo da atividade, o que é o erro e, então, solucioná-lo. Em razão disso, pensamos que o problema é, uma proposição dos alunos, e não necessariamente do docente. O terceiro quesito, as hipóteses e objetivos da atividade, para este grau, são do tipo A. Isso significa que é responsabilidade integral dos alunos todos os procedimentos que eles venham elencar para compor suas hipóteses resolutivas (e.g. busca de informações na literatura, discussões e debates entre sujeitos de um mesmo grupo) bem como esboços protocolares preliminares para a parte experimental. Idealmente, a atuação do professor neste caso estaria limitada ao oferecimento de boas fontes de informação aos alunos e ocasionalmente algum material de auxílio para eles utilizarem nas discussões e esboços iniciais. Finalizamos assim a descrição do grau 3½ e partimos para a última coluna do Quadro 2, o grau 4.

O grau 4, para nós, foi entendido como uma representação do limite superior do que pensamos ser uma atividade investigativa no contexto experimental de uma disciplina. Os alunos, nessa situação, deveriam em tese se responsabilizar por todos os quesitos do Quadro 2, com o docente adotando um papel de mentor da pesquisa dos alunos, auxiliando no delineamento e delimitação do problema de pesquisa, orientações sobre procedimentos e protocolos e a já assentada avaliação de factibilidade e segurança. Esse grau, de certa forma, mimetiza o que seria uma pesquisa científica genuína, o que em nosso entendimento seria incompatível com o teor de uma disciplina experimental de graduação. Além disso, temos uma grande incompatibilidade em relação ao tempo que uma proposta desse grau demandaria. Por ser algo de plena autoria dos discentes, o problema pode assumir uma infinidade de formas, precisando passar pelo crivo do docente em relação à factibilidade,

relevância e tempo demandado para ser resolvido. Atividades com esse grau estariam mais relacionadas a experiências extracurriculares, como, por exemplo, iniciações científicas, trabalhos de conclusão de curso, dentre outras.

Finalizada a exposição de como os graus de abertura propostos afetam a liberdade intelectual dos alunos e podem influenciar a modulação da atuação docente, encerramos a seção de aspectos basilares da SEI comentando sobre um último elemento importante: a questão do tempo e manejo/diagramação das atividades experimentais. A disciplina experimental de escolha desta pesquisa, por exemplo, dispense de 4 horas semanais tanto para exposições teóricas como as atividades experimentais em si. O tempo disponibilizado finda por ser um constritor bastante significativo para a realização de atividades investigativas. Além disso, temos o detalhe um pouco mais particular do laboratório profissional de química: poucos experimentos podem ser interrompidos para futura retomada na aula posterior, sem prejuízo ao resultado. Assim sendo, foi de nosso entendimento que um princípio de design das atividades experimentais desenhadas seria que tais atividades fossem circunscritas ao tempo máximo de uma aula, ou seja, 4 horas de atividades para os alunos.

Encerrada a discussão sobre a nossa proposta, na próxima seção partimos para a descrição de como a SEI se comporta com respeito aos pilares que serviram de referência para a concepção do nosso *design*, que foram: Natureza da Ciência, Aprendizagem dos Conteúdos Químicos e o afastamento da Experiência Comum.

4.4 *Ensino por Investigação no Ensino Superior: o trabalho científico*

4.4.1 Aportes iniciais: a Natureza da Ciência

Segundo Lederman (2006), é bastante comum – e de certa forma até corriqueiro na literatura acadêmica – a alegação de que a metodologia do Ensino por Investigação pode promover noções de NdC mais adequadas nos alunos. É também recorrente a preocupação da cidadela acadêmica com a formação do estudante para a tomada de decisões pautadas cientificamente no ambiente escolar/universitário e decisões pessoais/sociais. Tais alegações e preocupações são, porém, tão frequentes quanto a falta de progresso significativo em tais áreas em termos de esforços reformistas, tanto curriculares quanto da prática docente cotidiana (Lederman, 2006).

Lederman (2006) coloca que apesar das grandes movimentações ocorridas na década de 1960 nos EUA (cuja finalidade era adequar a visão do trabalho científico pelos estudantes e propiciar a eles um entendimento acerca de como se dá uma investigação científica), as reformas curriculares não surtiram o efeito desejado. Para o autor, não há um concerto com o fim de definir com algum rigor o que é NdC ou o que é uma investigação científica para os estudantes. Lederman afirma que situar a instrução acerca de NdC dentro de um contexto investigativo pode provocar um progresso significativo, mas que deve haver uma *sintaxe* da NdC dentro do contexto da investigação, tal movimento sendo crítico. Para Lederman, a falta do desenvolvimento profissional relacionado com NdC e a investigação científica é em grande parte devido ao fato das noções serem mal compreendidas. No caso, Lederman (2006) coloca que, apesar da aprendizagem sobre NdC e investigação científica ser um processo cognitivo, a maneira que tal percurso é aplicado evidencia um aspecto afetivo e processual.

Não é nem um pouco difícil argumentar que um professor que não possui concepções adequadas de NdC e da investigação científica, e uma compreensão funcional de como ensinar tais aspectos valiosos da ciência, não pode orquestrar os diferentes tipos de atividades instrucionais e seu contexto, ou avaliar o progresso dos estudantes, como especificados nos vários esforços reformistas da educação em ciência (Lederman, 2006, p. 303, tradução livre)²⁸.

Para começar a lide desta seção, uma pergunta se faz pertinente: o que é a Natureza da Ciência? Lederman (2006) diz que tal termo tipicamente se refere à epistemologia da ciência, ou seja, enquanto instrumento para conhecer, ou os valores e crenças inerentes ao conhecimento científico ou a seu desenvolvimento. O posicionamento amplo do autor é explicado por conta de que a prática científica e da ciência em si é mui complexa e multifacetada, e as noções de NdC são dependentes do contexto histórico, ou seja, dependentes do tempo. Lederman levanta no texto os três questionamentos motrizes de seu grupo de pesquisa:

1. O conhecimento das noções de NdC são acessíveis por todos os estudantes (ou seja, eles podem aprender e compreender tais noções)?
2. Existe um consenso acerca das noções de NdC?
3. É útil para os cidadãos que eles aprendam noções de NdC?

²⁸ No original em inglês: It is not at all difficult to argue that a teacher who lacks adequate conceptions of NOS and scientific inquiry, and a functional understanding of how to teach these valued aspects of science cannot orchestrate the types of instructional activities and atmosphere, or assess students' progress, as specified in the various reform efforts in science education.

Com base nos três questionamentos acima, Lederman propôs sete aspectos de NdC que seriam importantes enquanto componentes da instrução e currículo de disciplinas científicas, dos quais nos debruçamos sobre cinco deles²⁹: o caráter *tentativo* do conhecimento científico; o caráter *empírico* (ou seja, é produto direto ou indireto de observações do mundo natural); o caráter *subjetivo* (dependente de uma teoria, envolve interpretação individual ou de um grupo); a *imaginação e criatividade* como elementos indispensáveis à prática científica; a *dependência sociocultural* do conhecimento científico e *vice-versa*.

Nos parágrafos seguintes discutimos esses cinco pontos levantados por Lederman (2006), para posteriormente empregá-los e demonstrar como o Ensino por Investigação pode dialogar com tais premissas sobre NdC.

Um primeiro aspecto da NdC é que o conhecimento científico, apesar de ser no mínimo parcialmente dependente de observações do mundo³⁰, inevitavelmente envolve a imaginação e a criatividade humana. A composição popular de NdC diz que o desenvolvimento do conhecimento científico é um processo inerte, isento de subjetividade, puramente racional e ordenado (Gil-Pérez *et al.*, 2001; Lederman, 2006), enquanto o processo é, em verdade, largamente influenciado pela criatividade e abstração dos cientistas. Na visão de Lederman, a maioria dos estudantes consegue aceitar com relativa facilidade a ideia de que os cientistas utilizam a criatividade no desenho das investigações científicas. Porém, a aceitação de que o processo de análise de dados ou até mesmo da concepção de teorias científicas também envolve processos criativos é menos favorecida (Lederman, 2006).

Um segundo ponto trata de que o conhecimento científico é necessariamente subjetivo ou dependente de uma teoria. Na visão de Lederman, o compêndio teórico, as crenças, os conhecimentos precedentes, o treinamento e afins que fazem parte do *mindset* de um cientista influenciam diretamente seu trabalho (Lederman, 2006). Todas essas sutilezas influenciam a resolução dos problemas investigados pelos cientistas ao afetar a maneira com que abordam, criticam, racionalizam ou interpretam a questão de interesse. A ciência nunca parte de uma hipótese neutra; as ideias, as

²⁹Os dois aspectos ausentados discutem sobre a diferença entre Leis e Teorias Científicas. Entendemos que tal discussão excedia os limites do nosso trabalho.

³⁰A colocação do autor é discutida mais a frente, pois ela não é necessariamente obrigatória para todo o corpo do conhecimento científico.

fagulhas que propiciam a insurgência de problemas convenientes provêm de uma arque estrutura subjetiva do cientista³¹. Lederman faz um ressaltado importante sobre esse aspecto: não ocorre necessariamente uma defesa da subjetividade aqui na fala do autor, mas sim a necessidade crítica de se compreender que a subjetividade é inevitável e pode confluír interpretações produtivas de variados problemas. Em resumo, Lederman diz que nossos paradigmas, expectativas, parcialidades fornecem pontos de referência para refinar o significado dos dados obtidos durante a pesquisa. O problema da subjetividade, em ampla concordância com a fala de Bachelard (1996) sobre a matéria, é quando ela é tão dominante ao ponto de fazer o cientista ignorar a evidência concreta se esta é contrária às expectativas primevas (Lederman, 2006).

O terceiro aspecto de NdC que trazemos trata de que a ciência, enquanto construção humana, é praticada dentro de um contexto cultural e os cientistas fazem parte de tal cultura, estando sujeitos a ela (Lederman, 2006). Assim sendo, os construtos sociais possuem impacto direto ou indireto na atividade científica. O exemplo trazido pelo autor é bastante contemporâneo: a teoria da evolução do *homo sapiens* teve um caráter largamente androcêntrico, com o “homem caçador” tendo um papel crucial na evolução dos seres humanos. Tal papel era consistente com o *status quo* do homem enquanto ser dominante na sociedade, tanto política quanto cientificamente por muito tempo, até décadas recentes. No entanto, conforme movimentos feministas foram crescendo, adquirindo força e espaço nas patentes científicas, a hipótese androcêntrica foi perdendo espaço para uma hipótese ginocentrista. Em tal hipótese a “mulher coletora” teria um papel muito mais relevante na evolução humana. Apesar de ambas as teorias terem respaldo científico e teórico, uma delas apenas veio obter significância após haver uma comoção sociocultural em um contexto muito mais amplo do que o meio científico, mas que gerou repercussões por todo um sistema social.

O quarto elemento de NdC trazido por nós surge quando muitas explicações são possíveis para um fenômeno particular (Lederman, 2006). Contudo, nem toda explicação para um fenômeno deve ser aceita e tampouco explicações aceitas necessariamente devem possuir credibilidade equivalente; uma consistência entre evidências e conclusões é crucial para o meio científico (Lederman, 2006). Na visão

³¹Esta ideia se aproxima do conceito de kuhniano de paradigma.

do autor, o conhecimento científico deve fazer referência ou ser passível de ser referenciado ao mundo natural sempre que puder, e essa seria a *característica empírica* da NdC, fato que a distinguiria de outras áreas, como a filosofia.

Abrimos aqui um parêntese nas proposições do autor para efeito de consistência contextual: no âmbito de diversas ciências, especialmente da Química e da Física, a conexão entre a empiria e a teoria que lhe explica nem sempre é direta ou observável. Em diversos ramos dessas disciplinas, na verdade, não existe a possibilidade de haver correlação entre um dado empírico e o mundo natural, como por exemplo a física quântica. E não precisamos ir tão longe: um simples fenômeno de mudança de cor de um indicador ácido-base não precisa ser reconhecido enquanto manifestação natural para que lhe seja dado o devido crédito e relevância científica. Outros conteúdos, como o de densidade de carga em células galvânicas, têm um impacto muito maior por sua aplicação cotidiana em diversos equipamentos eletroeletrônicos. Mas, apesar do pragmatismo, ainda assim a própria célula eletroquímica não é pertencente ao mundo natural, e sim ao mundo construído. Assim ressaltamos que o aspecto empírico da NdC deve ser entendido com cautela em nosso contexto.

Por fim, temos o caráter tentativo ou *falho* da ciência (Gil-Pérez *et al.*, 2001; Lederman, 2006). Das discussões que antecedem, é uma extensão bem-vinda entendermos que o conhecimento científico não é absoluto. Tal conhecimento, seja ele fato, teoria ou lei, é tentativo e sujeito a mudanças (Lederman, 2006)³². É importante frisar que tal caráter do conhecimento científico não se trata de mera hesitação ou processo de “tentativa-e-erro”, e sim do fato de que tal conhecimento é *inferencial, criativo, subjetivo e situado histórica e culturalmente*. De fato, nenhuma construção científica, de qualquer natureza, dificilmente será absolutamente provada ao ponto de que ninguém em algum momento venha a questioná-la. Existem sim, ideias, leis e teorias que possuem grande robustez, e a possibilidade de que algum dia seja posta uma contradição contundente contra elas é improvável. Mas não existe nada que lhes conceda imunidade. Isso, porém, não implica na ausência de uma estabilidade ou de segurança em tais construtos. O que temos é que a natureza deles não permite um adjetivo pétreo, como o são os dogmas religiosos, por exemplo.

³² É importante notar que esta discussão não se vincula à nossa fala anterior sobre a ligação nem sempre direta entre a empiria e a teoria. O caráter tentativo e falho da ciência discursa sobre o caráter de impermanência do conhecimento científico, uma discussão bastante diversa do breve hiato posto no parágrafo antecedente.

Findada a listagem, o autor prossegue para uma discussão sobre o que é a “investigação científica” (Lederman, 2006). Tal discussão, pensamos nós, é, em verdade, uma continuação dos itens comentados anteriormente, mas que dá amplo detalhamento para definir o que seria a tal investigação científica, bem como a maneira com que ela se distingue da NdC. O autor se debruça em uma discussão que, para o contexto deste trabalho, finda por ser muito atrativa: a suposta existência de um único *método científico*. Portanto, nos parágrafos seguintes fazemos um breve comentário sobre o que o autor entende como “investigação científica” e como esta se relaciona com a NdC, seguida da discussão feita por Lederman acerca do “método científico”.

Para Lederman (2006), a investigação científica pode ser definida como sendo o processo no qual o conhecimento científico é desenvolvido. Em virtude das convenções e assunções típicas desse processo, tal conhecimento produzido inevitavelmente possui características peculiares como a NdC (Lederman, 2006). O autor indica que a investigação científica se estende além do simples desenvolvimento de habilidades processuais como inferir, observar, classificar, prever, questionar, interpretar ou analisar dados. De acordo com Lederman (2006), além de todas essas habilidades, a investigação científica necessariamente envolve a racionalização e o pensamento crítico para culminar no desenvolvimento de conhecimento científico. Logo, a investigação científica refere-se às abordagens sistemáticas utilizadas pelos cientistas em um esforço para responder suas questões de interesse.

No entanto, o autor comenta que existe uma visão distorcida de como tal investigação se desdobra no meio popular, acometendo estudantes e o público, em geral. Tal visão é criada em decorrência da maneira com que os avanços científicos são reportados pela mídia, como os próprios relatórios científicos que vão a público são expostos e como se ensina o suposto percurso da ciência na escola. Tal visão deformada da investigação científica é intitulada “método científico”: um inventário de noções e ideias que têm em comum a assunção de que existe uma sequência de procedimentos rígida e lógica que todos os cientistas empregam quando tentam resolver problemas científicos. Assim, o tal “método científico” seria um algoritmo que os estudantes deveriam memorizar e seguir, uma espécie de receita para uma investigação científica bem-sucedida. Gil-Pérez e colaboradores (2001), em trabalho anterior, trazem posicionamentos que se alinham com a fala de Lederman:

Apresenta-se o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente. Por outro lado, destaca-se o que se supõe ser um tratamento quantitativo, controle rigoroso etc., esquecendo - ou, inclusive, recusando - tudo o que se refere à criatividade, ao carácter tentativo, à dúvida, ... Tal põe-se particularmente em evidência no que respeita a avaliação [...] a preocupação, quase obsessiva, em evitar a ambiguidade e em assegurar a fiabilidade das avaliações, distorce a natureza do trabalho científico, essencialmente incerto e também com algo de intuitivo e, por certo, reflexivo (Gil-Pérez *et al.*, 2001, p. 130).

A suposta existência do tal “método científico” não é algo que se restringe aos alunos e ao público leigo; em outro trabalho (Schwartz; Lederman, 2008), no qual os autores investigam exclusivamente as visões de NdC de cientistas ativos nos mais diversos campos das ciências exatas e biológicas, a menção da existência de um “método científico” como meio de minimizar a subjetividade, aumentar a objetividade e garantir um processo científico adequado é reiterada por uma série de sujeitos. Observe o extrato da resposta de um dos cientistas para uma das questões do questionário de NdC aplicado na pesquisa:

A ciência reflete valores sociais... qual ciência recebe financiamento. No entanto, uma vez que um problema é identificado, o uso apropriado do método científico deveria levar a resultados imparciais. De qualquer forma, porém, a interpretação desses resultados quando em determinadas circunstâncias refletem opiniões pessoais e.g. parcialidade de gênero ou racial que podem influenciar interpretações acerca do tamanho do cérebro de indivíduos (Schwartz; Lederman, 2008, p. 753)³³.

A noção de “método científico”, para Lederman, é largamente creditada à imagem consagrada ao longo das décadas do arranjo experimental clássico o qual supostamente diversas descobertas científicas possuem em comum. Contudo, nem toda pesquisa científica é experimental, logo tal formato não é representativo de toda investigação científica (Lederman, 2006). As discussões contemporâneas sobre a investigação científica destoam no sentido de concordar que as questões de pesquisa influenciam diretamente na abordagem do problema e que tais abordagens também variam largamente entre os diversos campos de estudo da ciência.

É, portanto, importantíssimo romper com tal noção deformada, pois a admissão da pluralidade de percursos resolutivos que podem ser empregadas para uma mesma pesquisa é uma qualidade imprescindível para o químico em formação. A investigação, enquanto protocolo científico, pode ser interpretada como um conjunto

³³ No original, em inglês: Science reflects social values ... what science receives funding. However, once a problem is identified, proper use of the scientific method should lead to unbiased results. Nevertheless, interpretation of these results may under some circumstances reflect personal biases e.g. gender and racial bias that colored interpretations of brain sizes.

de habilidades que devem ser aprendidas e combinadas entre si para a realização de investigações científicas (Lederman, 2006). A investigação também se torna um meio de desenvolvimento poderoso para os alunos, pois temos pelo menos dois processos diferentes ocorrendo: o que os alunos conseguem fazer durante um processo experimental investigativo (ou seja, um desenvolvimento de habilidades práticas) e o que os alunos entendem sobre a investigação em si (ou seja, uma capacidade reflexiva/crítica do que está sendo realizado). Para Lederman (2006), a melhor maneira de ensinar os alunos a como aprender tais aspectos da ciência é por intermédio da abordagem investigativa. Para tal, o autor propõe que seja concebida uma sintaxe instrucional e de desenvolvimento para proporcionar uma compreensão funcional sobre NdC. Vejamos como o autor defende essa proposta nos parágrafos seguintes.

No entendimento de Lederman (2006), as reformas educacionais antecedentes não lidaram com os problemas relacionados à NdC de maneira adequada. Ao assumir que os professores entendem a NdC (bem como sabem como conceber uma investigação), pouco se discute sobre a temática na formação de docentes. Apesar de entender sobre NdC ser necessário, não é suficiente para promover um ensino adequado em relação aos preceitos da NdC (Lederman, 2006). Nesse tocante, o autor coloca que os documentos das reformas deveriam trazer consigo uma posição muito mais robusta nos termos da necessidade de uma orientação profissional específica para essa finalidade.

Lederman (2006) diz que, ao longo das últimas décadas, duas principais abordagens foram largamente empregadas no contexto de documentos oficiais e literatura acadêmica, no tocante à melhoria da compreensão dos alunos e professores sobre NdC e à investigação científica. Discutimos tais abordagens como segue.

A primeira abordagem, chamada pelo autor de *implícita*, sugere que o “fazer ciência” implica na compreensão sobre a NdC e a investigação científica (Lawson, 1982). Tal abordagem trouxe consigo a ênfase em atividades do tipo *hands-on*, investigativas ou de desenvolvimento de habilidades processuais. No entanto, Lederman (2006) aponta que a literatura já tem diversos indícios de que tal abordagem é ineficaz quando se trata especificamente da aprendizagem sobre a NdC e a investigação científica.

Há duas assunções inter-relacionadas que subjazem à abordagem implícita as quais comprometeram sua efetividade. A primeira se refere que a apropriação de um conhecimento sobre NdC é análogo à apropriação de uma aprendizagem afetiva [...] não é incomum encontrar as ideias de investigação científica e NdC colapsadas sobre o nome “atitude científica”. Essa primeira assunção envolve diretamente a segunda assunção; a assunção que a aprendizagem sobre NdC se dá como um subproduto de “fazer ciência” (Lederman, 2006, p. 311, tradução livre).³⁴

A segunda abordagem, que o autor chama de abordagem *histórica*, a qual é largamente recomendada pelo *National Science Education Standards* (NSES), sugere que incorporar aspectos da *história da ciência* nos prospectos do ensino de ciências auxilia na compreensão dos alunos sobre NdC. Tal proposta, conforme Lederman (2006) comenta, não é nova e, em verdade, é advogada desde que pesquisas sistemáticas acerca de NdC começaram a ser desenvolvidas. No entanto, ao realizar uma revisão da literatura que intentou avaliar a influência de tal incorporação no ensino de ciências, o autor diz que elas revelam que a eficácia de tal abordagem é, na melhor das hipóteses, *inconclusiva*. Lederman (2006) reforça que ele não abomina o uso de aspectos históricos da ciência no ensino de ciências; mas sim que não há evidência empírica de que tal uso possua eficácia na promoção de um entendimento sobre NdC.

Lederman (2006) coloca que existe uma alternativa bem mais promissora do que as mencionadas anteriormente. Tal abordagem reconhece que, para melhorar as noções de NdC dos alunos, a prática científica deve ser planejada com tal fim, e não que tal melhoramento seja um subproduto ou consequência do processo. Tal abordagem é nomeada por Lederman (2006) como *explícita*, tendo como base uma instrução especificamente pautada nos variados aspectos de NdC com o fim proporcionar uma visão mais adequada aos estudantes. Os estudantes necessitam um engajamento em experiências que possibilitem um movimento reflexivo de tal forma que, a partir de uma atividade investigativa, eles possam tirar conclusões acerca da atividade científica em si (Lederman, 2006).

Um entendimento funcional sobre NdC ou sobre a investigação científica é mais fácil por meio de uma abordagem reflexiva e explícita. É impossível enfatizar excessivamente a importância de tirar tempo, após a conclusão de qualquer atividade, para *explicitamente* apontar para os alunos os aspectos de NdC e investigação científica que estão em evidência. Para promover a

³⁴ There are two interrelated assumptions that underlie the implicit approach and have compromised its effectiveness. The first depicts attaining an understanding of the NOS as analogous to the attainment of an “affective” (as compared to a cognitive) learning outcomes [...] it is not uncommon to find scientific inquiry and NOS collapsed under the label of “scientific attitude.” This first assumption entails the second assumption; the assumption that learning about the NOS will result as a by-product of “doing science.”

reflexão, os professores devem discutir com os estudantes as implicações que tais aspectos de NdC e da investigação científica têm para a maneira com que eles enxergam cientistas, o conhecimento científico e a prática da ciência (Lederman, 2006, p. 312, tradução livre, grifo do autor).³⁵

Para Lederman (2006), a NdC pode ser feita *explícita* em uma atividade ao fazer com que os estudantes reflitam sobre os procedimentos realizados, e quais implicações tais procedimentos possuem na produção do conhecimento. No caso, ele dá como exemplo o professor perguntar se existem outras maneiras de explicar os dados coletados, ou porque diferentes grupos chegaram a diferentes conclusões mesmo tendo o mesmo conjunto inicial de dados. Se uma atividade for mais aberta, ou seja, for de grau de abertura elevado, os estudantes podem ser questionados acerca das suas escolhas de questões de interesse e discutirem como a criatividade e conhecimentos precedentes individuais influenciaram na coleta e interpretação de dados. Encerrar apropriadamente as experiências deveria possibilitar aos estudantes notarem exatamente os aspectos conceituais e de NdC trabalhados; apesar de não ser uma atividade científica literal, isso é um *fac-símile* razoável para o autor (Lederman, 2006).

Na opinião de Lederman (2006), é crucial que seja explicitado aos estudantes que os feitos em laboratório são parecidos com o que os pesquisadores e cientistas de fato fazem pois, muitas vezes, cria-se uma impressão de que as atividades didáticas não têm nada a ver com a prática científica *de facto*. Na melhor das hipóteses, a NdC e a investigação científica podem se tornar como elementos unificadores de maneira a promover um contexto significativo para a aprendizagem de conteúdos.

Em resumo, a ausência de contexto (*no âmbito da aprendizagem*) é equivalente a jogar uma partida de xadrez sem entender as regras do jogo. A menos que os estudantes possam derivar significados para o conhecimento científico que eles adquirem, há pouca esperança de que eles possam usar seus conhecimentos para tomar decisões informadas (Lederman, 2006, p. 314, tradução livre)³⁶.

³⁵ No original, em inglês: A functional understanding of NOS and/or scientific inquiry is best facilitated through an explicit reflective approach. I cannot over emphasize the importance of taking time, at the conclusion of any activity, to explicitly point out to students the aspects of NOS and scientific inquiry that are highlighted. To encourage reflection, teachers must discuss with students the implications such aspects of NOS and scientific inquiry have for the way they view scientists, scientific knowledge, and the practice of science.

³⁶ No original, em inglês: in short, lack of context is the equivalent to playing a game of chess without knowing the rules of the game. Unless students can derive meaning for the scientific knowledge they acquire, there is little hope that they can use their knowledge to make informed decisions.

Em movimento de desfecho, Lederman (2006) reforça que o “fazer ciência” é um começo, mas o movimento reflexivo dos estudantes é necessário; eles precisam entender o porquê de algumas investigações científicas possuírem determinados *designs* e outras não. Porque um determinado elenco de fatores implícitos subjaz uma experiência, e quais repercussões tais fatores possuem na atividade em si. Para Lederman uma criticidade e consciência da parte dos estudantes é fundamental para que haja uma atividade experimental seja bem-sucedida do ponto de vista da aprendizagem de NdC.

4.4.2 Os avanços de Lederman e seu grupo de pesquisa: A Natureza da Investigação Científica. Os questionários VOSI e VASI

Lederman e seu grupo de pesquisa (que é baseado no Instituto de Tecnologia de Illinois da Universidade de Oregon), no período que o artigo no qual a discussão antecedente se baseia (Lederman, 2006), já encaminhavam algumas outras discussões as quais culminaram na produção de uma nova linha epistemológica de visões sobre ciência:

Para ser letrado cientificamente, não apenas o saber conceitual sobre ciência importa, mas também sólidas visões epistemológicas sobre ciência que sejam consistentes com as perspectivas atuais. Visões epistemológicas da ciência envolvem a *visão do sujeito do conhecimento científico enquanto maneira de aprender e explicar o mundo natural* (natureza da ciência, NdC) e a *visão do sujeito sobre a natureza e racionalidade dos processos pelos quais o conhecimento é construído é justificado* (natureza da investigação científica, NiC) (Schwartz; Lederman; Lederman, Judith, 2008, p. 1, grifos nossos)³⁷.

Nesse texto, os autores comentam sobre a existência de uma linha diferente da NdC no ramo da epistemologia de visões de ciência, chamada de Natureza da Investigação Científica (NiC³⁸). Tal termo faz sua primeira aparição entre as publicações do grupo alguns anos antes (Schwartz *et al.*, 2004). Contudo, uma defesa e descrição sólida sobre o que seria a tal NiC somente é publicada 4 anos depois (Schwartz *et al.*, 2008). Para fundamentar o termo recém-criado, os autores utilizaram-se da seguinte fala posta pelo NSES (Council, 1996, p. 23):

[A investigação] envolve realizar observações; fazer questionamentos; examinar livros e outras fontes de informação para verificar o que já é sabido;

³⁷ No original, em inglês: To be scientifically literate, individuals not only need conceptual knowledge of science subject matter, but also sound epistemological views about science that are consistent with current perspectives. Epistemological views of science involve one's view of scientific knowledge as a way of knowing and explaining the natural world (nature of science, NOS) and one's view of the nature and rationale of the processes through which that knowledge is constructed and justified (nature of scientific inquiry, NOSI).

³⁸ Esta sigla é uma proposta feita pelo autor desta tese.

planejar investigações; rever o que já é sabido à luz de evidências experimentais; utilizar ferramentas para coletar, analisar e interpretar dados; propor respostas, explicações e previsões; e comunicar resultados. A investigação requer a identificação de assunções, o uso do pensamento crítico e lógico, bem como considerar a possibilidade de explicações alternativas³⁹.

Schwartz e colaboradores (2008) comentam que o trabalho realizado por eles não era tratava, de fato, a uma criação factual de uma nova linha epistemológica. Segundo os autores, até a época da publicação, os conceitos de NiC e NdC eram todos colocados debaixo de um mesmo guarda-chuva conceitual intitulado *entendimentos sobre ciência* (Schwartz *et al.*, 2008) e, apesar dos aspectos de NdC serem muito bem definidos (Lederman, 2006), não havia um entendimento equivalente sobre quais seriam os aspectos que definiam a NiC. Como ensinar, então, a NiC para alunos, docentes e cientistas sem sequer saber do que está sendo tratado?

Em vista desse questionamento, os autores trouxeram uma primeira proposta para diferenciar o que seria NdC e o que seria NiC, que segue:

Nós fazemos uma distinção entre NdC e NiC, porém reconhecemos que tal distinção é ainda incompleta, ainda com áreas conexas e sobrepostas. Os aspectos de NdC são aqueles que pertencem, em maior medida, aos *produtos* de uma investigação, o conhecimento científico. Os aspectos de NiC são aqueles que pertencem, em maior medida, aos *processos* investigativos, ou seja, “como” o conhecimento é produzido e aceito (Schwartz; Lederman; Lederman, 2008, p. 3).

A separação que os autores realizam seria, segundo eles, suportada também pelo texto oficial do NSES (NRC, 1996), pois existem padrões diferentes de conteúdo para “Ciência como Investigação” e para “História e Natureza da Ciência”. Em seguida, Schwartz e colegas propõem um entendimento inicial também para o que seria *investigação científica*, “[a investigação científica] se refere às características dos processos pelos quais o conhecimento científico é desenvolvido, incluindo as convenções para o desenvolvimento, aceitação e utilidade do conhecimento científico” (Schwartz *et al.*, 2008, p. 3).

Fazemos aqui um hiato para justificar o porquê decidimos explorar e trabalhar os aspectos de NiC nesta tese em lugar dos aspectos de NdC. Dentro do conceito de abordagem explícita defendido por Lederman (2006), bem como seu grupo de

³⁹ No original, em inglês: [Inquiry] involves making observations; posing questions; examining books and other sources of information to see what is already known; planning investigations; reviewing what is already known in light of experimental evidence; using tools to gather, analyze, and interpret data; proposing answers, explanations, and predictions; and communicating the results. Inquiry requires identification of assumptions, use of critical and logical thinking, and consideration of alternative explanations.

pesquisa como um todo, entendemos a NiC como sendo uma região mais contemporânea do rol de entendimentos sobre ciência (Schwartz *et al.*, 2008), sendo um avanço importante sobre uma região acinzentada ou quiçá não sabida dessa epistemologia. Além disso, entendemos que a NiC, visando o nosso contexto de pesquisa, seria mais produtiva para os processos de ensino e aprendizagem pois, dentro do entendimento de *abordagem explícita* defendido por Lederman (2006), a NiC teria um caráter mais produtivo, útil para os estudantes do que a NdC. Em resumo, concluímos que o entendimento sobre os *processos* envolvidos no trabalho científico seria mais interessante para nossos sujeitos enquanto futuros docentes, pesquisadores e profissionais da área de Química.

Em mãos dessa definição, o grupo decidiu basear-se em documentos oficiais, bem como artigos na temática que, por exemplo, descrevem o trabalho científico de cientistas em sua atuação profissional para levantar as estruturas que sustentariam os aspectos de NiC. Eles são de um total de sete⁴⁰, (Schwartz *et al.*, 2008, p. 5–6):

1. Questões científicas guiam as investigações;
2. Multiplicidade de metodologias para investigações científicas;
3. Multiplicidade de propósitos para as investigações científicas;
4. Justificação do conhecimento científico;
5. Reconhecimento e manejo de dados anômalos;
6. Distinção entre dado e evidência;
7. Papel da comunidade científica.

Com base nesses sete aspectos, os autores (Lederman *et al.*, 2002) elaboraram um *questionário* com os mesmos padrões do *questionário VNOS* (*Views of Nature of Science*, em português Visões sobre Natureza da Ciência), o qual foi utilizado no trabalho de mestrado que antecede esta tese (Zytkuewicz, 2018). Tal questionário foi chamado de VOSI (*Views of Scientific Inquiry*, em português, Visões sobre Investigação Científica) e trazemos o documento original, em inglês, na Figura 3.

⁴⁰ Apesar de trazer os aspectos, decidimos por não discutir cada um deles em detalhe pois, adiante no texto, eles são criticados pelos autores e uma nova listagem com aspectos de NiC é apresentada e, por se tratar da listagem de aspectos que utilizamos nesta tese, esta sim foi descrita em detalhe. Para a leitura da discussão omitida, Cf. Schwartz, Lederman e Lederman, 2008, p. 5-6).

Figura 3: O Questionário VOSI para coleta de dados sobre Natureza da Investigação Científica.

Views of Scientific Inquiry (VOSI) Questionnaire

1. What types of activities do scientists do to learn about the natural world? Discuss how scientists do their work.
2. How do scientists decide what and how to investigate? Describe all the factors you think influence the work of scientists. Be as specific as possible.
3. A person interested in birds looked at hundreds of different types of birds who eat different types of food. He noticed that birds who eat similar types of food, tended to have similar shaped beaks. For example, birds who eat hard shelled nuts have short beaks, and birds that eat insects from tide pools have long, slim beaks. He concluded that there is a relationship between beak shape and the type of food birds eat.
 - A. Do you consider this person's investigation to be scientific?
 - B. Do you consider this person's investigation to be an experiment?
 - C. Do you think that scientific investigations can follow more than one method?
4.
 - A. If several scientists, working independently, ask the same question and follow the same procedures to collect data, will they necessarily come to the same conclusions? Why or why not?
 - B. If several scientists, working independently, ask the same question and follow different procedures to collect data, will they necessarily come to the same conclusions? Explain why or why not?
 - C. Does your response to A change if the scientists are working together?
 - D. Does your response to B change if the scientists are working together?
5.
 - A. What does the word "data" mean in science?
 - B. What is involved in data analysis?
 - C. Is "data" the same or different from "evidence"?

Fonte: Adaptado de Lederman e colaboradores (2014, material suplementar).

O questionário VOSI se tornou o instrumento de coleta de dados padrão do grupo de pesquisa nos anos seguintes. Ao longo do tempo, porém, os membros do grupo de pesquisa teceram reflexões e concluíram que o VOSI, apesar de trazer nuances válidas sobre as visões de NiC de seus respondentes, falhava em avaliar todos os sete aspectos em sua completude e profundidade (Lederman *et al.*, 2014). Além disso, eles entenderam que algumas questões do questionário poderiam ser removidas ou modificadas significativamente. Um exemplo para ilustrar a insatisfação dos membros do grupo de pesquisa com o VOSI ocorreu com as questões 1 e 2, as quais foram compostas com a ideia de serem questões para “quebrar o gelo”, segundo os próprios autores (Lederman *et al.*, 2014, p. 74).

Com o intuito de analisar o questionário e propor um instrumento mais adequado, o grupo de pesquisa se organizou em uma equipe de *experts* para guiar o desenvolvimento da proposta, além de contarem com a participação de 10 estudantes

de doutorado cujo foco de pesquisa era o Ensino de Ciências. O primeiro movimento da equipe de trabalho foi a *revisão* dos aspectos de NiC que foram elencados quando da proposição do questionário VOSI (Schwartz *et al.*, 2008). Após revisar tais aspectos, bem como adicionar ao *corpus* de documentos de referência novos artigos e documentos oficiais, os autores chegaram a uma nova listagem e descrição dos aspectos de NiC, com diferenças significativas tanto na apresentação escrita dos aspectos quanto os conceitos e elementos constituintes de cada um. Apresentamos no Quadro 3 os aspectos revisitados e comentamos brevemente como os autores caracterizaram cada um deles (Lederman *et al.*, 2014, p. 68-71):

Quadro 3: Aspectos de Natureza da Investigação Científica propostos por Lederman e colaboradores (2014).

Aspecto de NiC	Descrição Sucinta do Aspecto
<i>Aspecto 1</i> <i>Todas as investigações científicas se iniciam com uma questão e não necessariamente testam uma hipótese</i>	Lederman e colaboradores (2014) comentam que é válido pensar que observações despertam o interesse de cientistas, antes mesmo de pensarem em uma questão ou problema de pesquisa e isso faz parte dos meandros da ciência no entendimento dos autores. Contudo, é necessário <i>distinguir a prática científica com o simples perambular pelo mundo observando coisas</i>. É necessário atrelar um conhecimento já existente aos padrões e observações curiosas, pois “as investigações científicas envolvem perguntar e responder perguntas comparando as respostas com aquilo que já é sabido sobre o mundo” (NRC, 2000 apud Lederman <i>et al.</i>, 2014, p. 69). Para que investigações científicas tenham um início, é necessário que haja uma questão, uma insatisfação a ser sanada. Então é importante o entendimento pelos alunos que, de maneira geral, os processos científicos começam com questões e as investigações científicas não necessariamente possuem uma hipótese inicial a ser testada (embora nada impeça que tal hipótese seja levantada).
<i>Aspecto 2</i> <i>Não existe um conjunto único de passos a serem seguidos em todas as investigações (e.g. não há um método científico).</i>	Lederman e colaboradores (2014) comentam que a ciência, da maneira com que costuma ser divulgada no ambiente escolar, mas não se limitando a tal contexto, ensina uma visão de que há um método científico, principalmente por conta da sobrecarga de ênfase colocada no <i>design</i> experimental. Contudo, diversas outras áreas da ciência desenvolvem investigações científicas com pouca ou até nenhuma etapa tipicamente experimental, como por exemplo em trabalhos teóricos, pesquisas correlacionais ou descritivas. <i>É importante que os alunos entendam que há uma grande variedade de metodologias empregadas dentro de determinadas áreas da ciência e uma variedade ainda maior ao contemplarmos a ciência como um todo</i>, e avaliar se eles conseguem entender que <i>não existe um método científico</i> após explicitamente trabalharmos tais concepções é consoante com tal aspecto de NiC.
<i>Aspecto 3</i> <i>Os procedimentos investigativos são guiados pela questão proposta</i>	<i>Apesar dos cientistas poderem conceber diferentes procedimentos de pesquisa para responder uma mesma questão, tais procedimentos necessariamente precisam responder à questão</i>. Os protocolos típicos do “método científico” não são válidos para todos os tipos de questões, como por exemplo no estudo de estrelas no campo da astronomia (no qual o controle das condições contextuais pode não ser prático), ou no estudo de contextos com seres humanos (onde tal controle pode não ser ético).

<i>Aspecto 4</i> <i>Cientistas realizando os mesmos procedimentos podem não obter os mesmos resultados</i>	É importante que os alunos entendam que os dados científicos não falam por si só; eles podem ser interpretados de diversas maneiras e os cientistas podem chegar a diferentes interpretações sobre um mesmo conjunto de dados, sendo elas completamente legítimas. Isso é possível pois os cientistas, enquanto seres humanos, estão sujeitos a seus entendimentos particulares sobre determinados aspectos (e.g. o que é considerado evidência ou como dados anômalos são tratados). <i>É importante que, quando do engajamento dos alunos em rotinas de análise e interpretação de dados, que eles sejam levados explicitamente a notar como aspectos subjetivos influenciam tais processos.</i>
<i>Aspecto 5</i> <i>Os procedimentos investigativos podem influenciar os resultados</i>	Pensando no leque de procedimentos que são realizados na prática científica, a maneira com que cada um deles é desempenhado inevitavelmente influenciará nas conclusões que o(s) pesquisador(es) conceberá(ão) ao término de tal pesquisa. A maneira com que as variáveis são trabalhadas, a metodologia de coleta de dados, a mensuração e análise dos dados coletados, todas essas etapas podem ser contempladas de maneiras diferentes, gerando discussões diferentes e plenamente válidas. Sendo assim, <i>é necessário que os alunos entendam que existe uma conexão lógica entre a metodologia de investigação, os seus procedimentos específicos, os dados coletados e as conclusões obtidas, bem como o entendimento que variações de tais aspectos são possíveis, válidas e podem afetar diretamente as conclusões da pesquisa.</i>
<i>Aspecto 6</i> <i>As conclusões de uma pesquisa devem ser consistentes com os dados coletados</i>	Lederman e colaboradores (2014) enfatizam que as conclusões de pesquisas científicas devem se originar de <i>evidências</i> oriundas dos dados coletados, e que a força de uma alegação é diretamente proporcional a força da evidência que lhe suporta. <i>É importante que os alunos entendam que a construção de explicações e argumentações acerca de um problema de pesquisa deve ser consistente e, em certa medida, função dos dados coletados.</i>
<i>Aspecto 7</i> <i>Dado científico e evidência científica são conceitos distintos</i>	Os autores pontuam que dado científico e evidência científica não somente são conceitos diferentes, como também servem diferentes propósitos em uma investigação científica. Os dados são entendidos como <i>observações coletadas pelo cientista ao longo de uma investigação, os quais podem possuir diferentes formatos</i> (e.g. números, descrições, fotografias, áudio etc.). Evidências, por sua vez, são o <i>produto do procedimento de análise de dados e sua subsequente interpretação</i>, sendo diretamente relacionadas a uma questão e alegação específica. É necessário que os alunos sejam capazes de entender tal diferenciação, bem como o <i>uso de dados como evidência científica</i> sendo uma possível fonte de <i>imparcialidade</i>.
<i>Aspecto 8</i> <i>Explicações são desenvolvidas a partir de uma combinação de dados coletados e o que já é sabido</i>	As investigações científicas são necessariamente guiadas pelo conhecimento já estabelecido, e suas conclusões, enquanto produto de dados empíricos, são fortalecidas por investigações anteriores e outros conhecimentos já desenvolvidos na temática da área investigada. Além disso, <i>é importante que os alunos sejam capazes de entender em quais condições as investigações científica discordantes do conhecimento científico assentado devem ser reconhecidas.</i>

Fonte: Adaptado de Lederman e colaboradores (2014).

Em mãos do conjunto reformulado de aspectos sobre NiC, o grupo de trabalho realizou uma análise cruzada do questionário VOSI com os aspectos revisitados, para verificar quais questões atendiam a quais aspectos, e se havia algum aspecto não contemplado. O resultado dessa análise se encontra no Quadro 4.

Quadro 4. Aspectos de NiC reformulados e correlacionados com as questões do questionário VOSI.

Aspecto de Natureza da Investigação Científica	Questão Relacionada
1. Todas as investigações científicas se iniciam com uma questão e não necessariamente testam uma hipótese;	3A
2. Não existe um conjunto único de passos a serem seguidos em todas as investigações (e.g. não há o método científico);	3C
3. Os procedimentos investigativos são guiados pela questão proposta;	
4. Cientistas realizando os mesmos procedimentos podem não obter os mesmos resultados;	4A
5. Os procedimentos investigativos podem influenciar os resultados;	4B
6. As conclusões de uma pesquisa devem ser consistentes com os dados coletados;	
7. Dado científico e evidência científica são conceitos distintos;	7
8. Explicações são desenvolvidas a partir de uma combinação de dados coletados e o que já é sabido.	

Fonte: Adaptado de Schwartz e colaboradores (2014, p. 75).

Em mãos dessa análise, o grupo de trabalho realizou uma série de modificações no questionário, sendo elas: remoção das duas questões iniciais (por motivos de extensão do questionário); remoção das questões 4c e 4d (por motivos idênticos); reescrita e simplificação da questão 5; adição de quatro novas questões (uma questão para cada um dos aspectos não contemplados pelo VOSI e uma questão específica sobre o aspecto 1 com maior profundidade do que a originalmente proposta). Com tais modificações, um novo questionário foi proposto, recebendo o nome de *Views About Scientific Inquiry* (VASI) (Lederman *et al.*, 2014). O questionário VASI (Anexo A) inicialmente foi verificado e validado pelo grupo de trabalho da pesquisa para certificar que houvesse concordância plena entre os componentes acerca do que cada uma das questões postas estava tratando. Em seguida, o questionário foi aplicado em dois contextos diferentes para verificar a fidelidade do instrumento. O primeiro teste foi feito com um grupo de alunos (n=60) de uma escola de ensino fundamental, e o segundo teste foi realizado com dois grupos de alunos (n= 111, n'=160) da 8ª série do fundamental ao longo de dois anos. Após essas etapas, as questões do questionário VASI foram cruzadas com os aspectos de NiC atualizados, sendo eles atribuídos de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5. Aspectos de NiC reformulados e sua relação com as questões do questionário VASI.

Aspecto de Natureza da Investigação Científica	Questão(ões) Relacionada(s)
1. Todas as investigações científicas se iniciam com uma questão e não necessariamente testam uma hipótese;	1A, 1B, 2
2. Não existe um conjunto único de passos a serem seguidos em todas as investigações (e.g. não há o método científico);	1B, 1C
3. Os procedimentos investigativos são guiados pela questão proposta;	5
4. Cientistas realizando os mesmos procedimentos podem não obter os mesmos resultados;	3A
5. Os procedimentos investigativos podem influenciar os resultados;	3B
6. As conclusões de uma pesquisa devem ser consistentes com os dados coletados;	6
7. Dado científico e evidência científica são conceitos distintos;	4
8. Explicações são desenvolvidas a partir de uma combinação de dados coletados e o que já é sabido.	7

Fonte: Adaptado de Lederman e colaboradores, 2014, p. 76.

De maneira similar ao questionário VNOS (Lederman *et al.*, 2002) e ao questionário VOSI (Schwartz *et al.*, 2008), o questionário VASI também possui suas respostas categorizadas em três aspectos: *noções menos informadas, mistas ou mais informadas*.

Em nossa pesquisa, aderimos à proposta feita por Lederman de abordar *explicitamente* os conceitos de NiC nas SEIs selecionadas para modificação em nosso *design*. Com esse fim, optamos por interpor diversos questionamentos sobre NiC ao longo da implementação do *design*, de duas maneiras distintas. Uma parte foi realizada verbalmente em laboratório e um segundo conjunto de questionamentos foram inseridos nos roteiros experimentais. Tais perguntas constantes nos roteiros foram pensadas de maneira a contemplar aspectos de NiC específicos e foram inspiradas nos questionamentos do questionário VASI (Anexo A), bem como nas falas e orientações constantes no artigo que as contém (Lederman *et al.*, 2014). Para efeito de consistência com os aspectos de NiC propostos, tais questões elaboradas por nós foram, em procedimento similar ao realizado pelo próprio grupo de pesquisa do Lederman, avaliadas internamente pelo grupo de trabalho⁴¹ que atuou ao longo desta

⁴¹ Detalhamentos sobre o grupo de trabalho da pesquisa se encontram adiante, na seção 5.2.6.

tese. Momentos de culminância e fechamento de cada SEI também foram dotados de discussões focalizadas nos aspectos de NiC trabalhados com a turma ou separadamente em cada grupo. As questões são descritas e comentadas sucintamente na seção “Descrição do *design*”, e podem ser encontradas em sua completude nos Apêndices desta tese, ao final de cada um dos roteiros utilizados em nosso *design*.

Finalizamos esta seção, e proferimos, em síntese, qual é o *elemento de design* que foi suportado e descrito aqui: *os aprendizados sobre as características do Trabalho Científico não podem ter caráter indireto, de subproduto ou consequência impensada. A atividade experimental investigativa, bem como a SEI na qual ela está inserida, exige que, para que haja a possibilidade de estabelecermos visões mais adequadas de Natureza da Investigação Científica, tais visões a serem trabalhadas sejam contempladas de maneira explícita e pensada. Isso somente ocorre se a atividade foi construída, nos maiores ou menores aspectos de seu processo de design, com o fim de melhorar as noções de Natureza da Investigação Científica dos alunos.*

4.5 Investigação no Ensino Superior e Bachelard: rompendo com a Experiência Comum

Bachelard (1996), no discurso de abertura, esclarece-nos que o seu intento no livro não é definir o que é o espírito científico, como já provamos em capítulo anterior deste trabalho. Também não se trata – e este é um ponto polêmico – de definir quais são e o que são os obstáculos epistemológicos, apesar do autor dedicar grande parte da obra à descrição e ao detalhamento de tal conceito. Bachelard (1996, p. 8), logo no começo do livro, afirma que sua verdadeira intenção é “mostrar o grandioso destino do pensamento científico abstrato”. O carro-chefe de todo o livro se trata de direta ou indiretamente evidenciar como o pensamento abstrato possui um papel fulcral no desenvolvimento do conhecimento científico. O papel basilar da abstração, para o filósofo, vem do estudo do *novo mover* da ciência: a matemática, de caráter primariamente descritivo até então, ascende para um viés *formador*, que questiona fatos e constrói mundos; o real não tem sentido por si só, e a mera descrição de fatos está em processo tardio de obsolescência. Em vez do *como* fenomenológico, o *porquê* matemático faz sua insurgência (Bachelard, 1996). Nesse sentido, Bachelard (1996, p. 8 – 9, grifos nossos) comenta:

Será preciso provar que a *abstração desobstrui o espírito*, que ela o torna mais leve e mais dinâmico. Forneceremos essas provas *ao estudar mais de perto as dificuldades das abstrações corretas, ao assinalar a insuficiência dos primeiros esboços, o peso dos primeiros esquemas, ao sublinhar também o caráter discursivo da coerência abstrata e essencial, que nunca alcança seu objetivo de um só golpe*. E, para mostrar que o processo de abstração não é uniforme, chegaremos até a usar um tom polêmico ao insistir sobre o caráter de *obstáculo* que tem toda experiência que se pretende concreta e real, natural e imediata.

Bachelard, ao fim de sua fala, chega a afirmar que toda experiência *concreta, real, natural e imediata* é um *obstáculo*. Ele deixa em aberto o que tal experiência obstrui, porém do teor de seu discurso é direto entender que ele se refere ao progresso científico. Se uma experiência que possua tais qualidades configura um obstáculo ao conhecimento científico, uma experiência que caminhe na contramão, ou seja, uma experiência *abstrata, construída, fenomenotécnica*⁴² e *indireta* seria a primazia, a excelência a ser buscada na prática científica.

Já temos aqui, portanto, o nosso princípio de design. Bastará compor experiências que contemplem tais aspectos que formaremos futuros cientistas bem embasados epistemológico e conceitualmente.

É um pesar, porém, não possuir o benefício da ignorância e saber que a afirmação anterior é tão vazia como a tal *experiência obstáculo* que Bachelard comenta. Para alçarmos o princípio de *design* referente ao rompimento com a *experiência obstáculo*, ou a *experiência comum*, precisaremos necessariamente decifrar esse críptico. Entender com profundidade o que é tal experiência, extensivamente resumida nas palavras de Bachelard. Só assim poderemos traçar um plano de *design* para compor a experiência *abstrata, construída, fenomenotécnica e indireta: a experiência científica*.

4.5.1 Caracterização da Experiência Comum

A experiência comum possui uma série de características elencadas por Bachelard (1996) ao longo do começo do livro. A primeira delas vem na forma de uma contraposição *versus* a experiência científica, em que Bachelard afirma que a “experiência científica é, portanto, uma experiência que *contradiz* a experiência comum” (Bachelard, 1996, p. 14, grifo do autor). Em seguida, Bachelard lança mão de uma primeira característica que julgamos ser fundamental para uma experiência ser

⁴²O conceito de fenomenotécnica não é explicado aqui por questões de espaço. Caso o leitor se interesse, sugerimos a leitura de Sisson, N.; Winograd, M. Bachelard e Freud: fenomenotécnica e psicanálise. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, v. 64, n. 3, p. 146-162, 2012.

considerada comum: ela possui um caráter *tautológico*. Ou seja, uma experiência comum é necessariamente uma *repetição*, uma revisita que não possui intenções críticas. É apenas um procedimento *redundante*, que pouco ou nada agrega ao pensamento científico.

Aqui já podemos observar uma correlação entre o que Bachelard entende como experiência comum e atividades experimentais verificativas, tradicionais (Laburú, 2006). Esse caráter tautológico é essencial em tais atividades, que, por vezes, simplesmente repetem um conteúdo previamente exposto em sala de aula no contexto laboratorial. Tal repetição tem o intuito de *verificar* na prática uma informação ou conceito teórico, processo tal que, de maneira subjacente, confere à experiência um caráter legitimador do conhecimento científico (Gil-Pérez *et al.*, 2001).

Uma segunda característica da experiência comum elencada por Bachelard é seu caráter *justaposto*. Procedimentos impensados, sequências de passos que não se entendem seus motivos de existir, mas são feitos mesmo assim, pois os passos pouco importam frente ao *resultado*, *único* e acima de qualquer discussão ou dúvida. Se queremos confirmar, atestar um fato, pouco interessa os meios, contanto que o processo finde aonde fora previamente *determinado*. Em sua tautologia, a experiência comum não deixa de ser, de certa forma, uma *leitura*, ou melhor dizendo, uma *releitura* de palavras e definições, não mais em códigos, mas em observações empíricas. Logo, se a experiência comum é uma *releitura*, ela não possui maior serventia além de repetir conhecimentos já sabidos! E Bachelard possui uma fala especialmente útil para criticar esse tipo de procedimento:

Já foi dito muitas vezes que *uma hipótese científica que não esbarra em nenhuma contradição tem tudo para ser uma hipótese inútil*. Do mesmo modo, *a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotonamente verdadeira, sem discussão, para que serve?* (Bachelard, 1996, p. 14–15, grifos nossos).

Bachelard diz que toda e qualquer experiência que não possua em algum momento um processo de retificação de erros é uma experiência inútil para o conhecimento científico. Aqui temos mais um importante elemento caracterizador para a experiência comum: ela não produz conhecimento científico pois não retifica erros nela contidos. Da mesma maneira, uma experiência comum também não incorre em discussões, nem contradições, por conta de seu caráter tautológico. Chegamos aqui em um ponto nevrálgico da epistemologia bachelardiana, e que vale a pena ser mais

extensamente discutido: *o erro e o questionamento como elementos construtores do conhecimento científico*.

O papel e o entendimento do erro, para Bachelard, é bastante distinto da acepção cotidiana. O filósofo entende o erro como um elemento *necessário, inseparável* do progresso científico: sem o delineamento e retificação deles, estamos fadados a um circunlóquio cognitivo. No entanto, o próprio significado de erro, para ele, também difere do comum: um erro não é necessariamente uma falha, ou um equívoco. O erro pode ter um caráter de *imprevisto*, no sentido literal da palavra: algo que, à época, seria impossível de prever, que é inesperado.

Ao entender que Bachelard possui tal acepção do termo, temos uma gama de erros muito mais abrangente e sem o peso que a palavra costumeiramente carrega. Vale lembrar que o filósofo defende com veemência a *dependência temporal do progresso científico* e a *historicidade do objeto*. Bachelard não condena Dalton por seu modelo atômico obsoleto; no entanto, Thomson seria condenado se, na ocasião de suas pesquisas e informações colhidas, não fizesse a tarefa de *questionar* a validade do átomo como uma esfera indivisível.

Neste ponto, um outro elemento muito importante faz sua aparição como auxiliar na lide científica: *o questionamento*, cuja importância para o Espírito Científico já foi apontada antes. Se o erro fornece o subsídio, a pergunta movimentada as fileiras científicas em busca de sua retificação. E é exatamente aqui que repousa a ilustração metafórica anterior: se Thomson, em mãos de dados críticos acerca de um possível elemento subatômico, decidisse simplesmente “engavetar” tais dados, por estarem em desacordo com os entendimentos da época, ou por qualquer outro motivo, quantos anos ou décadas teríamos que percorrer até que outro cientista viesse a obter evidências similares, mas que levasse tais evidências para discussão e contraponto na cidadela científica? O não questionamento é tão grave quanto a não percepção de um erro. Na fala de Bachelard:

Não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, *lentidões e conflitos*. É aí que mostraremos *causas de estagnação e até de regressão*, detectaremos *causas de inércia* às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996, p. 17, grifos nossos).

Bachelard nesse trecho defende nossa hipótese inicial de que o *erro* não é um elemento condenatório. O jugo vem somente para aqueles que atrasam, impedem o progresso científico! A estagnação intencional, a imobilidade deliberada, isso sim é o verdadeiro crime científico na ótica bachelardiana.

Em primeiro lugar, *é preciso saber formular problemas*. E, digam o que disserem, *na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo*. É justamente esse sentido do problema que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído (Bachelard, 1996, p. 18, grifos nossos e do autor).⁴³

Bachelard entende que, tão importante quanto retificar erros, fazer as perguntas convenientes é essencial. Existe um certo esforço conservativo na academia, e o cientista eventualmente chega a um ponto em que está mais interessado em ouvir respostas do que fazer perguntas (Bachelard, 1996). No entanto, a resposta que Bachelard se refere não necessariamente possui uma *pergunta* - muitas vezes se respondem coisas que não foram perguntadas. É *no conhecimento não questionado que os obstáculos epistemológicos são afixados*; é no acúmulo de penduricalhos, analogias e metáforas que o conhecimento científico, recoberto por uma crosta *concreta*, tem seu fio abstrato ocultado.

Na ideia de Bachelard, o ser humano é uma espécie *mutante* – não na acepção cotidiana do termo – mas pela sua *necessidade* de mudar. Tal necessidade de mudar finda por repercutir em suas ações. O espírito científico *varia* as condições do problema, sai de um caso revisitado em busca do desconhecido; ele *dialetiza* a experiência. Foi assim, por exemplo, na química, com as séries homólogas dos elementos. O caráter *inquieto, desconfiado* do espírito científico o leva a questionar aquilo que é apresentado com pouca clareza, exigindo cada vez mais precisão, mais possibilidades de *distinguir*, de dialetizar a experiência. Daqui vem a célebre frase de Gaston Bachelard em seu livro, quiçá a mais impactante: “[o ser humano] movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar” (Bachelard, 1996, p. 21).

Por fim, como um último elemento componente da experiência comum, *temos a ausência de questionamentos e/ou retificação de erros*. E pensamos que aqui, em

⁴³ É interessante notar como essa fala de Bachelard apresenta grande ressonância com os aspectos de Natureza da Investigação Científica (NiC) propostos por Lederman e colaboradores (2014), sobretudo o que o filósofo fala sobre a formulação de problemas e a natureza não espontânea deles.

vista da discussão antecedente, fica bastante claro o porquê Bachelard vai chamar a experiência comum de *experiência obstáculo*: basta observar a gritante atuação dos mais diversos obstáculos epistemológicos quando elementos que compõem uma experiência comum estão em atuação.

4.5.2 A Experiência Científica

“A experiência científica é, portanto, uma experiência que *contradiz* a experiência *comum*” (Bachelard, 1996, p. 14). Retomamos aqui essa fala, já posta em seção anterior, pois se trata da primeira fala que Gaston Bachelard traz acerca do conceito de experiência científica. Tal fala evidentemente coloca a experiência científica como uma antítese da experiência comum – como uma espécie de função inversa. Aqui, remontamos aos elementos que elencamos na seção antecedente que caracterizam a experiência comum para que, assim, possamos caracterizar sua contraparte.

O primeiro elemento que caracterizamos como típico da experiência comum é o seu *caráter tautológico, redundante, repetitivo*. Por se fundamentar no domínio das palavras, definições e conceitos, uma experiência comum não pode trazer algo de novo, não permite o *contraditório*. Se este é o primeiro elemento da experiência comum, parece-nos adequado que o primeiro elemento da experiência científica seja justamente seu caráter *polemizador*, de crítica. Ela permite ao experimentando a *contradita*. Se há a possibilidade de *contradita*, já não se torna possível estabelecer uma tautologia. A experiência científica confere a possibilidade – ou melhor dizendo, a *necessidade* – do experimentando *resistir* ao que está posto, que está estabelecido. Caso sua *resistência* seja bem-sucedida, o processo de *retificação de erros* deve ser iniciado.

É só com as *luzes atuais* que podemos julgar com plenitude os *erros do passado espiritual*. Aliás, mesmo nas ciências experimentais é sempre a interpretação racional que põe os fatos em seu devido lugar. É no eixo experiência-razão e no sentido da racionalização que se encontram ao mesmo tempo o risco e o êxito (Bachelard, 1996, p. 21 – 22, grifos nossos).

Pensamos nós que a palavra *resistência*, que possui um entendimento bem definido na física, cabe muito bem aqui para fazer uma primeira aproximação da experiência científica: ela é um ato de *resistência*, de *vigilância* ao que está estabelecido ou que se dispõe diante de nós. O sentido da experiência científica é tal que há uma familiaridade entre suas características e seu produto, que é o conhecimento científico. A natureza *fecunda, indireta* de tal conhecimento demanda um esforço racional, uma vigilância do cientista. A transição da experiência comum

para a experiência científica é, para Bachelard, não uma *aquisição* de uma nova cultura experimental, mas sim uma *mudança* de cultura experimental.

A segunda característica que elencamos para a experiência comum é seu caráter *justaposto*. Por ser uma repetição, os procedimentos são *impensados*, as etapas não são *compreendidas*, e o resultado é sempre um – e idêntico ao previsto teoricamente – pois, afinal de contas, a experiência comum é apenas uma releitura empírica. Nesse tocante, a seguinte fala do filósofo se faz conveniente (Bachelard, 1996, p. 51, grifos do autor):

Sem o equacionamento racional da experiência determinado pela formulação de um problema, sem o constante recurso a uma construção racional bem explícita, pode acabar surgindo uma espécie de *inconsciente do espírito científico* que, mais tarde, vai exigir uma lenta e difícil psicanálise para ser exorcizado.

Na contramão, a segunda característica da experiência científica é justamente a permissão ao contraditório salvaguardado pela mente *racional* e *consciente*. O experimentando necessita saber o que está fazendo, e ainda mais importante, saber o porquê de estar fazendo. Apenas ter uma razão não basta: para *variar* a experiência, ele precisa *revirar* os problemas, *unir dissidências* umas às outras. Mas ainda não é suficiente. É necessária uma convicção íntima ainda mais forte para poder suportar tamanha racionalização, largamente complexa. É necessário que haja um *descontentamento* com as *convicções primeiras*! Afinal, como contraditar aquilo que se acredita? Questionar e criticar: esses verbos parecem sempre estar intimamente atrelados ao ofício científico em sua primazia.

Retornamos agora ao papel fundamental do *erro* e do *questionamento* na *construção do conhecimento científico*, que já era, de certa forma, esperado: se a ausência do *questionamento* ou *retificação de erros* é característica da experiência comum, é imediato que a experiência científica tenha tais elementos como essência. Se todo conhecimento é resposta de uma questão, nada mais lógico assumir que todo movimento *resistivo* e *consciente* tenha como ponto de partida um descontentamento. Esta é a terceira e última característica da experiência científica: ela envolve um problema e incorre em um processo de retificação de erros nele contidos.

Com esse breve exposto, temos em nossas mãos as características que definem uma experiência comum e uma experiência científica. A primeira possui um caráter tautológico/repetitivo; exhibe uma justaposição de elementos e ausência de criticidade;

e não ocorre um problema ou uma polêmica a ser sanada. A experiência científica, por sua vez permite a contradição, possibilitando a produção ou retificação de conhecimentos; é dotada de procedimento racional, crítico e consciente; parte de um questionamento ou polêmica inicial e se desdobra em um processo de retificação de erros.

Na pesquisa de doutorado aqui descrita procuramos criar experiências científicas para os sujeitos de pesquisa, totalizando 9 atividades experimentais que foram modificadas parcial ou totalmente para tal fim e os demais fins ensejados em nossos problemas de pesquisa. No caso específico da composição de experiências científicas, fomos norteados pelos princípios elencados anteriormente, ou seja, procuramos compor atividades experimentais que envolvessem a racionalidade, um comportamento crítico dos alunos e uma tomada de consciência deles com respeito aos procedimentos experimentais e a retificação dos possíveis erros que porventura ocorressem ao longo do percurso investigativo.

Com isso, finalizamos esta seção resumando o *elemento de design* da nossa proposta que decorre das contribuições de Bachelard: *quando da experimentação, é fulcral que haja uma mudança de cultura experimental. Não é possível permitir que a atividade experimental seja um procedimento impensado ou repetitivo. É necessário que, em máxima capacidade, a experiência perca seu caráter validador, complementar da teoria e se torne instrumento independente para a construção dos conteúdos disciplinares pelos próprios alunos. Tal transição somente é possível se a atividade experimental for pensada e desenhada de maneira tal que se aproxime das características de uma experiência científica, ou seja, se afastando dos elementos pouco proveitosos da experiência comum.*

4.6 Atividades Investigativas no Ensino Superior de Química: aprendizagem dos conteúdos químicos

Para esse último elemento ponderamos como seria possível, ao longo de um protocolo de aplicação das SEIs, estipular um *conjunto básico* de parâmetros e ideias que viessem a refletir o que os alunos apropriaram do conteúdo de cada SEI. Nesse sentido, em um primeiro momento analisamos em que medida as contribuições que a professora Anna Maria Pessoa de Carvalho poderiam nos auxiliar neste quesito, uma vez que tais contributos forneceram alicerce para uma porção considerável de nossa proposta até então. No entanto, como já posto previamente, a proposta da professora

Anna (no que se refere às produções citadas nesta tese) não contempla o Ensino Superior, e as contribuições que entendemos como sendo generalizáveis (e.g. os objetivos do Ensino por Investigação) não seriam suficientes para suportar esse pilar tão importante do nosso trabalho. Tão importante quanto propiciar a formação do Espírito Científico de Bachelard (1996) ou a construção e retificação de noções sobre NiC, a aprendizagem dos conteúdos químicos seria, em verdade, de um ponto de vista pragmatista, o elemento mais importante da nossa proposta.

Nesse sentido, foi realizada uma revisão narrativa, na base de dados *Google Scholar*, com o fim de encontrar, na literatura recente (até 10 anos atrás), publicações que discutissem sobre conteúdos químicos e currículos para o ensino superior, enfatizando o conteúdo de uma disciplina de primeiro ano de um curso de Química. Ao cabo dessa revisão, encontramos o interessante trabalho de Holme, Luxford e Murphy (2015), no qual os autores elencam os conteúdos essenciais para uma disciplina de Química Geral. Tais conteúdos são organizados em temas principais (e.g. átomo e matéria), subtemas (e.g. constituintes do átomo) e aspectos específicos (e.g. Símbolos atômicos e número atômico). Após profunda imersão e análise desse trabalho, concordamos que ele poderia ser a nossa principal referência para a aprendizagem de conteúdos químicos da disciplina. Contudo, esse trabalho se refere a uma disciplina *mista* de Química Geral, ou seja, que possui os componentes teórico e experimental. Tal característica do texto nos impede de utilizá-lo em sua integralidade, pois uma parcela significativa dos conteúdos elencados no texto não é ministrada na disciplina experimental que foi o contexto de implementação de nosso *design*.

Dessa forma, decidimos *cruzar* o trabalho de Holme, Luxford e Murphy (2015) com a ementa da disciplina, separando os conteúdos que apresentam relação direta com o nosso contexto de pesquisa daqueles que não são pertinentes. Na eventualidade de algum conteúdo da ementa não apresentar um assentamento adequado e atualizado no trabalho dos autores, ou ainda não ter sido relacionado pelos autores no artigo, nós empregamos como fundamento para tais casos as produções bibliográficas de referência na Química da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Utilizamos principalmente o *Compendium of Chemical Terminology* (IUPAC, 2014), mais conhecido como *Gold Book*. Contudo, na ocasião de não encontrarmos a informação ou a informação contida no *Gold Book* ser

insuficiente ou inadequada para nossos interesses, o *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry* (IUPAC, 1993), mais conhecido como *Green Book*, foi utilizado. Tal cruzamento de dados posteriormente foi utilizado como referência de o que os alunos deveriam ter aprendido ao longo da implementação do *design*, servindo também como conjunto de categorias analíticas para avaliar a aprendizagem dos sujeitos participantes na pesquisa.

Com base no referido cruzamento dos documentos, chegamos a três conjuntos de conteúdos químicos, cada um versando sobre os temas abordados em nossas SEIs. Assim sendo, nos Quadros 6, 7 e 8 dispomos dos conteúdos químicos que julgamos serem adequados para a proposta e implementação do *design*.

Quadro 6. Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de termoquímica do nosso *design*.

Conteúdo	Tema	Categorias	Definições
A Termoquímica	A1 - Endotermia e Exotermia	<u>A1.1: Calor e temperatura</u>	Trocas de calor são mensuradas pela variação da temperatura do sistema. Calor é a energia transferida de um corpo mais quente para outro mais frio devido a diferença de temperatura. Temperatura é uma propriedade termodinâmica que expressa a magnitude da movimentação (energia cinética e velocidade) dos átomos ou moléculas contidos em um dado sistema termodinâmico em estudo. Um processo que envolva a absorção de calor, ou seja, calor adentrando o sistema em estudo, é chamado de endotérmico. Em contraste, um processo que envolva a liberação de calor, ou seja, calor saindo do sistema em estudo, é chamado de exotérmico. De maneira geral, do ponto de vista fenomenológico, processos endotérmicos podem ser <i>percebidos</i> pelo resfriamento do sistema, e os processos exotérmicos exibem um aquecimento do sistema.
	A2 - Calores e Entalpia	<u>A2.1: Propriedades termodinâmicas e Entalpia</u>	Propriedades termodinâmicas são todas as propriedades que dependem apenas do estado atual do sistema em estudo. Exemplos de propriedades termodinâmicas são pressão, temperatura, volume, energia interna e entalpia. A entalpia é uma propriedade termodinâmica que soma a energia interna do sistema ao produto da pressão e do volume (PV). Sua alteração no sistema é igual ao calor absorvido ou liberado à pressão constante.

Conteúdo	Tema	Categorias	Definições
		<u>A2.2: Calores envolvidos em transformações químicas e físicas</u>	O calor envolvido em reações químicas que ocorrem à pressão constante é denominado de calor de reação. O calor envolvido na formação de uma substância a partir de seus elementos constituintes é denominado calor de formação. A lei de Hess é uma consequência da Primeira Lei da Termodinâmica que nos permite calcular o calor das reações químicas com base nos calores de formação ou combustão das espécies envolvidas. O calor envolvido na mistura de qualquer substância solúvel (ou pouco solúvel) em água é chamado de calor de solução. Calores de solução são um dos fatores críticos na produção de uma solução. O calor de solução de substâncias pode ser exotérmico ou endotérmico. A endotermia ou exotermia manifestadas em um processo de dissolução de substâncias são relacionadas às energias envolvidas na solvatação das espécies produzidas em solução, e as energias envolvidas no rompimento das interações entre as moléculas (ou átomos) da substância.

Fonte: Adaptado de Holme, Luxford e Murphy, 2015.

Quadro 7. Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de cinética química do nosso *design*.

Conteúdo	Tema	Categorias	Definições
B <i>Cinética Química</i>	B1 - Aspectos Qualitativos	<u>B1.1: Teoria de colisões</u>	Segundo a teoria de colisões, dois parâmetros são importantes para entender reações químicas do ponto de vista da cinética de reação: a energia de ativação e a orientação espacial dos reagentes no momento da colisão. Assim sendo, para uma colisão ser bem-sucedida (ou seja, resultar em produtos), é necessário que ela possua a energia necessária para iniciar a reação, ou seja, energia igual ou maior que a energia de ativação, como também que a orientação espacial entre os reagentes seja adequada. Colisões entre reagentes sem a energia necessária para iniciar a reação (energia de ativação) ou sem orientação espacial adequada não resultam em produtos, ou seja, a reação não procede.
		<u>B2.1.: Definições iniciais</u>	Diversos parâmetros experimentais podem ser utilizados para determinar a velocidade com que uma reação química ocorre, dentre os quais podemos elencar a variação da <i>concentração</i>, do <i>volume</i>, dentre outros. A taxa de reação pode ser definida como a variação de um determinado parâmetro escolhido em relação ao tempo. A ordem de uma reação exprime a relação existente entre as concentrações dos reagentes envolvidos e a taxa de reação.
	B2 - Taxa de reação	<u>B2.2:Relação entre estequiometria e taxa de reação</u>	A expressão matemática da taxa de reação envolve os reagentes e produtos formados. A estequiometria dos reagentes afeta a taxa de reação no sentido de que o coeficiente estequiométrico é um fator exponencial atrelado ao reagente ou produto especificado.
		<u>B3.1: Concentração</u>	Para uma parcela significativa de reações químicas, um aumento da concentração dos reagentes implica no aumento da taxa de reação. Contudo, nem todas as reações são aceleradas ou retardadas da mesma maneira; a ordem de reação altera como diferentes concentrações dos reagentes afetam a taxa de reação.
		<u>B3.2: Temperatura</u>	Para a maioria das reações químicas, um aumento da temperatura reflete em um aumento da taxa de reação. O aumento na temperatura produz um aumento da energia cinética dos átomos e moléculas, e isso geralmente é cineticamente favorável.
		<u>B3.3: Superfície de Contato</u>	Quando uma reação envolve um ou mais reagente no estado sólido, a superfície de contato se torna um importante fator para a taxa de reação. Um reagente sólido com maior superfície de contato reagirá com maior velocidade do que o mesmo reagente com uma superfície de contato menor. Reagentes sólidos podem ter sua superfície de contato aumentada por meio de processos mecânicos que resultem na fragmentação ou pulverização do reagente.
		<u>B3.4: Catalisadores</u>	Catalisadores são definidos como agentes (intermediários) que elevam a taxa de reação de uma reação sem serem consumidos no processo. Isso implica que os catalisadores podem ou não participar de nenhuma reação química envolvida, ou participarem e serem

			reconstituídos ao fim da reação química catalisada. A ação de um catalisador de dá por intermédio da viabilização de um mecanismo de reação alternativo cuja energia de ativação é menor do que a energia do mecanismo de reação não catalisado. Por conta disso, o catalisador afeta a reação química tanto no sentido da formação dos produtos quanto da formação de reagentes.

Fonte: Adaptado de Holme, Luxford e Murphy, 2015.

Quadro 8. Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de Eletroquímica do nosso *design*.

Conteúdo	Tema	Categorias	Definições
C <i>Eletroquímica</i>	C1 - Reações de oxidação e redução	C.1.1: Número de oxidação	O número de oxidação (nox) é uma quantia referente a carga elétrica que um átomo possui. Os átomos em seu estado fundamental possuem nox igual a zero, porém em moléculas os átomos mudam seu nox e diversas espécies atômicas podem assumir diferentes valores de nox de acordo com a molécula que ele participa. Reações que envolvem alteração do nox das entidades envolvidas são chamadas de reações de oxirredução. Reações eletroquímicas ou de combustão são exemplos comuns de reações de oxirredução.
	C2 - Sistemas Eletroquímicos	C2.1: Componentes de sistemas eletroquímicos	Uma célula eletroquímica é qualquer reator o qual produz energia elétrica a partir de uma reação química ou consome energia elétrica para forçar uma reação química. Células eletroquímicas costumam possuir pelo menos dois compartimentos distintos fisicamente separados entre si, porém conectados por um condutor elétrico e um condutor iônico. Tais compartimentos são nomeados compartimento anódico e compartimento catódico. As células eletroquímicas possuem alguns componentes essenciais, sendo eles: eletrodo, eletrólito e compartimentos eletroquímicos, condutor elétrico e condutor iônico. O eletrodo é um condutor metálico que estabelece contato com a fase líquida de um compartimento (o eletrólito). Na interface eletrodo/eletrólito temos reações que ocorrem em fase heterogênea. Quando o sistema eletroquímico está em funcionamento, o eletrodo em que a reação majoritária é a oxidação é chamado de Anodo. O eletrodo em que a reação majoritária é a redução é chamado de Catodo. O condutor iônico é uma solução eletrolítica a qual é capaz de conduzir eletricidade por intermédio do deslocamento dos íons em solução. O acoplamento entre um eletrodo e eletrólito em um sistema eletroquímico define um compartimento eletroquímico. Um condutor elétrico é um meio físico, geralmente um fio metálico, que permite a transferência de elétrons de um compartimento para o outro. Uma ponte salina é uma junção líquida que permite equilibrar a carga elétrica oriunda das espécies iônicas contidas no eletrólito. Tal equilíbrio permite que os eletrodos da pilha não sejam polarizados e ocasionem o seu não funcionamento.
		C2.2: Células Galvânicas e Células Eletrolíticas	A energia elétrica pode ser obtida a partir de sistemas eletroquímicos operando em modo galvânico. Em contrapartida, outros sistemas eletroquímicos necessitam receber energia elétrica para operar, sendo tais sistemas chamados de eletrolíticos. Sistemas galvânicos são aqueles cuja reação principal da célula eletroquímica ocorre sem a necessidade de uma alimentação externa, ou seja, a reação da célula é dita espontânea. No caso de um sistema eletrolítico, temos que a reação principal da célula requer a

			aplicação de uma corrente externa ao sistema. Tal reação, neste caso, é dita não-espontânea (ou forçada).
		C2.3: Sistemas Eletroquímicos	A célula de Daniel é um sistema eletroquímico cuja configuração se trata de dois compartimentos fisicamente separados, porém conectados entre si por um fio metálico condutor e uma ponte salina. Os eletrodos geralmente utilizados na célula de Daniel são Cobre e Zinco, os quais estão imersos em uma solução de eletrólito contendo Sulfato de Cobre. A pilha de Volta, por sua vez, é um sistema eletroquímico no qual temos um empilhamento de placas metálicas, separadas entre si por uma membrana semipermeável embebida em solução eletrolítica. Assim como na célula de Daniel, os metais geralmente utilizados são Cobre e Zinco, e o eletrólito sendo Sulfato de Cobre.
		C2.4: Potencial de Eletrodo e Potencial Padrão de Eletrodo	O potencial de um eletrodo exprime a magnitude do trabalho elétrico que pode ser obtido de um eletrodo. Quanto mais positivo o potencial do eletrodo, mais facilmente é possível obter trabalho elétrico dele. O potencial de eletrodo é sempre uma medida relativa. Não existe um potencial absoluto. Para a IUPAC, o eletrodo de referência para mensuração de potenciais de eletrodo é o de Eletrodo Padrão de Hidrogênio (EPH ou SHE em inglês). Potenciais de eletrodo medidos <i>versus</i> EPH recebem o nome especial de Potencial Padrão de Eletrodo (E^0).
	C3 - Fenômenos Eletroquímicos	C3.1: Corrosão metálica	Reações de corrosão envolvem um metal ou liga metálica e um fluido em suas redondezas. Todos os metais e ligas são suscetíveis a corrosão por fluidos existentes no meio-ambiente ou produzidos pelo homem. Tais reações podem causar uma perda uniforme de metal com a consequente perda de força coesiva ou simplesmente uma mudança inaceitável das características físicas de um metal, como por exemplo o escurecimento (oxidação) do ouro ou da prata. O controle da taxa de corrosão pode acontecer sumariamente de três maneiras: redução da tendência oxidativa do metal em questão, redução da agressividade do fluido corrosivo, ou isolamento físico do metal. Especificamente no último caso, procedimentos de recobrimento de superfícies com camadas finas de um outro agente resistente à corrosão podem ser realizados. Contudo, tal camada pode vir a se degradar com o tempo, ao ser submetida a temperaturas elevadas ou degradação mecânica (choques físicos).
		C3.2.: Proteção de metais: a galvanoplastia	A galvanoplastia é um procedimento empregado para a proteção de metais contra a corrosão, a qual se baseia no processo de eletrodeposição. A eletrodeposição é um processo que produz um recobrimento (<i>coating</i>), geralmente de natureza metálica, em uma superfície por meio da ação de uma corrente elétrica. O objeto a ser coberto é carregado negativamente e imerso em uma solução salina do metal a ser depositado, ou seja: o objeto atua neste processo.

			Os íons metálicos dissolvidos possuem carga formal positiva e, assim, são atraídos até a superfície do objeto a ser recoberto. Ao entrar em contato físico com o objeto, os íons metálicos recebem elétrons e então se depositam na superfície, formando finas camadas metálicas que protegem o objeto da ação corrosiva. Para esta proteção, geralmente se empregam metais mais baratos para proteger metais, ligas ou outros materiais que sejam mais caros e suscetíveis a corrosão. Desta forma a camada externa (recobrimento) oxida no lugar do objeto protegido.

Fonte: Adaptado de Holme, Luxford e Murphy, 2015.

5. Procedimentos metodológicos

5.1 Tipo de Pesquisa

De acordo com as definições de Moreira (2004) para delineamentos de pesquisa, há a necessidade de assumirmos um entendimento de contexto acerca do verbete *experimental*, de maneira que signifique, para nós, *condições controladas de pesquisa*. Assim, segundo o autor, temos uma graduação de delineamentos de pesquisa:

- ✓ Não-experimental;
- ✓ Experimental;
- ✓ Quase-experimental.

Tal graduação reflete como o pesquisador controla e manipula as diversas *variáveis* que atuam no seu contexto de trabalho. Assim sendo, Moreira (2004) define que uma pesquisa é *experimental* se e somente se tal pesquisa é realizada sob *condições controladas*. Seguindo a linha de raciocínio do autor, uma pesquisa para ser delineada como sendo *experimental* exige que o pesquisador possua a capacidade de controlar todas as *variáveis* envolvidas, ou que seja capaz de ao menos levá-las em conta (Moreira, 2004). No outro extremo, o delineamento de pesquisa com características plenamente *contrárias*, ou seja, que não possui nenhum controle das *variáveis* pertinentes para análise, é o que o autor denomina como sendo uma pesquisa *não-experimental*. Pesquisas *quase-experimentais* são aquelas que se encontram em uma região acinzentada entre os dois delineamentos anteriores: elas podem oferecer algum grau de controle de *variáveis*, ou seja, sem ser nulo como no caso da pesquisa não-experimental, contudo também não será um controle total como no caso da pesquisa experimental.

No caso particular desta pesquisa, o ensejo primário é que as *variáveis* envolvidas em nosso contexto não deveriam, de maneira alguma, serem controladas; em vez disso, elas deveriam possuir plena liberdade para manifestar suas propriedades e reverberações no contexto de pesquisa. Além disso, existe a questão ética que envolve os alunos, os quais no caso foram os sujeitos desta pesquisa. A ideia de trabalhar com um controle de *variáveis* – como no caso do estabelecimento de um grupo experimental e um grupo de controle – e tratar os alunos como *variáveis*

não é uma prática aceita do ponto de vista ético. Assim sendo, optamos pelo delineamento de *pesquisa não-experimental* para esta tese.

Justificado o delineamento de pesquisa, precisamos justificar o porquê de termos utilizado uma perspectiva de *pesquisa mista* para a confecção deste trabalho. No contexto do ensino de ciências temos três principais abordagens para pesquisas (Flick, 2009; Johnson e Onwuegbuzie, 2007) sendo elas três: a pesquisa *qualitativa*, a pesquisa *quantitativa* e a pesquisa *mista*. Descrevemos sucintamente cada uma delas a seguir.

Flick (2009) nos fornece um arcabouço teórico bastante sólido para descrever a primeira abordagem, ou seja, quais seriam as características que definem uma pesquisa como sendo *qualitativa*. Em seu entendimento, as características essenciais e distintivas de uma pesquisa qualitativa seriam as seguintes:

- ✓ *Centralidade das perspectivas dos sujeitos participantes e sua diversidade.* Uma pesquisa *qualitativa* quer obter nuances holísticas acerca dos pensamentos e entendimentos particulares de cada sujeito, sendo sua visão de mundo sobre determinado aspecto o dado a ser coletado. Por não possuir uma movimentação no sentido de um dado geral ou obter diretivas do que fora estudado, perspectivas antagônicas entre si não somente são aceitáveis como enriquecem a discussão ao revelar diversos pontos de vista sobre o objeto em análise.
- ✓ *Caráter reflexivo da pesquisa e do pesquisador.* Para Flick (2009), a *subjetividade* do pesquisador e dos sujeitos estudados são componentes da pesquisa. As reflexões do pesquisador acerca de suas ações, observações, dados coletados, impressões e sentimentos se tornam dados, os quais são então impressionados e documentados no texto.
- ✓ *Ampla variedade de abordagens e métodos.* A pesquisa qualitativa não se trata de um corpo teórico e metodológico modificado. Diversas abordagens advêm da ideia de ponto de partida que Flick (2009) se baseia, sendo eles três: *pontos de vista subjetivos; análise da produção e curso das interações contextuais;* e por fim, *reconstrução de estruturas sociais do contexto e seus significados práticos latentes.*

Flick (2009) afirma que a pesquisa qualitativa seria orientada para a análise de casos concretos dentro de suas próprias particularidades temporais e locais, analisando as expressões e ações pessoais dos sujeitos dentro de seu contexto. A pesquisa qualitativa preza pela *compreensão como princípio do conhecimento* (Günther, 2006), estudando a complexidade do seu objeto de pesquisa em sua totalidade. Ainda, a pesquisa qualitativa possui a ideia de *construção de realidades*, de maneira que a investigação do objeto estudado se dá por meio do concerto entre *interpretação* e *construção* de teorias que lhe descrevam e delimitem de acordo com a técnica e subjetividade do pesquisador.

Comentado brevemente o entendimento de Flick (2009) sobre a pesquisa qualitativa, passemos para a pesquisa quantitativa. De acordo com (Creswell, 2002), a pesquisa quantitativa traz uma descrição quantificada ou numérica de *tendências*, *atitudes* ou *opiniões* de uma população da qual geralmente uma *amostra* dela é estudada (apesar de, em menor proporção, também ocorrerem estudos que se utilizam da população de interesse como um todo). Dos resultados da amostra, o pesquisador produz generalizações ou afirmações sobre a população envolvida no estudo. Esse fator da amostra é um dos grandes traços caracterizadores da pesquisa quantitativa. Contudo, tal traço não implica que todas as pesquisas quantitativas sejam realizadas com amostras; apesar de menos comum, pesquisas que envolvam dados de toda a população estudada são possíveis e válidas.

Uma outra característica da pesquisa quantitativa é a produção *padronizada* de dados (Günther, 2006). Os instrumentos que são empregados em uma pesquisa quantitativa são, por vezes, reproduzíveis e passíveis de aplicação não somente no contexto de pesquisa ensinado, mas também outros contextos similares sem maiores necessidades adaptativas.

Passando, então, para a última abordagem de pesquisa, temos a *pesquisa mista*. Halcomb e Hickman (2015) consideram que, de um ponto de vista largamente simplificado, a pesquisa quantitativa envolve a compilação e análise de dados numéricos, enquanto a pesquisa qualitativa considera dados narrativos ou descritivos sobre um objeto de estudo. O termo pesquisa mista, na acepção dos autores e que é consoante com a proposta de Creswell (2002) e Flick (2009), é que tal pesquisa possui como característica a *mistura* de componentes qualitativos e quantitativos em um mesmo estudo. A palavra *mistura*, nesse caso, possui a ideia de interrelacionar

elementos quantitativos e qualitativos com o fim de obter um panorama mais completo sobre o problema de pesquisa. No entanto, Halcomb e Hickman (2015) destacam que a pesquisa mista é muito mais do que a simples coleta e uso de dados qualitativos e quantitativos em um estudo. Os autores consideram a existência de 8 princípios para o uso da pesquisa mista, dos quais comentamos aqui os principais, que são:

- ✓ Entender com acurácia o raciocínio existente que suporta o uso da pesquisa mista;
- ✓ Planejar e justificar a integração dos aspectos qualitativos e quantitativos;
- ✓ Compreender os variados desenhos para a pesquisa mista;
- ✓ Rever as especificidades de gestão do projeto.

Em relação ao primeiro princípio, a ideia principal se trata de entender que uma situação-problema pode permitir a coleta de dados numéricos e narrativos não implica que a pesquisa mista é a escolha mais adequada. É importante que o pesquisador considere que tipo de dado melhor se adequa para responder as especificidades de seu problema de pesquisa. De maneira geral, os problemas de pesquisa que possuem maior alinhamento com a pesquisa mista são aqueles em que múltiplas perspectivas sobre um problema existente podem prover uma maior compreensão sobre ele do que se apenas um caso particular fosse estudado.

O segundo elemento do nosso destaque, que talvez seja o mais relevante, se refere justamente à necessidade de refletir e compreender profundamente qual dado está sendo coletado, qual é a natureza deste dado e como este dado se relaciona, ou não, com os demais dados coletados. (Zhang e Creswell, 2013) identificam três modelos distintos para misturar os dados coletados:

1. *Integração*. Nesse modelo, dados qualitativos e quantitativos são obtidos concomitantemente e analisados separadamente. A integração dos dados ocorre na etapa de interpretação;
2. *Conexão*. Para esse modelo, uma abordagem (qualitativa ou quantitativa) é construída para atender aos entendimentos obtidos em etapa antecedente, de maneira que os dados coletados, bem como sua natureza, dependem da avaliação das necessidades emergentes da etapa imediatamente anterior;

3. *Incorporação*. A etapa de análise de cada tipo de dado é incorporada uma à outra. Geralmente, esse tipo de análise ocorre quando elementos qualitativos secundários são adicionados em um estudo quantitativo maior.

Apesar da distinção que os autores realizam nos três modelos propostos, eles não são excludentes entre si; é possível, por exemplo, combiná-los de acordo com a necessidade que a pesquisa realizada possui.

Em terceiro lugar, temos a necessidade de entender as mais diversas tipologias existentes para a pesquisa mista. Tais tipologias podem, em princípio, ser organizadas com base em quatro características principais que definem um determinado tipo de pesquisa mista, sendo elas: *tipo de processo* (com respeito ao ordenamento do tipo de dado coletado); o *propósito da pesquisa*; o *nível de interação entre os dados coletados* e, por fim, a *prioridade* que um tipo de dado irá possuir sobre o outro. Algumas tipologias seguem no Quadro 9.

Quadro 9. Algumas tipologias para a pesquisa mista.

Tipologia	Processo	Propósito	Interação	Prioridade
Convergente e paralela (concorrente)	Qualitativo E Quantitativo	Obter dados diferentes, porém complementares para responder uma questão de pesquisa específica.	Dados coletados e analisados de maneira independente.	Igualdade
Sequencial Explanatória	Quantitativo → Qualitativo	Os dados qualitativos são coletados com o fim de explicar os achados quantificados.	Os dados quantitativos moldam os dados qualitativos.	Dominância Quantitativa
Sequência Exploratória	Qualitativo → Quantitativo	Os dados quantitativos são acumulados junto às evidências qualitativas para possibilitar uma generalização.	Os dados qualitativos moldam os dados quantitativos.	Dominância Qualitativa
Incorporativa	Qualitativo → Quantitativo OU Quantitativo → Qualitativo	Obter diferentes tipos de dados com o fim de responder uma questão de pesquisa complementar.	O conjunto de dados incorporado produz as respostas da questão cotejada.	A dominância varia de acordo com a necessidade da questão a ser respondida.

Fonte: Adaptado de Halcomb e Hickman (2015).

Por fim, o quarto elemento que consideramos importante para ser discutido aqui é com respeito às questões que envolvem a gestão do projeto a ser executado. Halcomb e Hickman (2015) elencam pelo menos três considerações para a execução de um projeto baseado na pesquisa mista: recursos e custos demandados, tempo e a gestão dos dados coletados.

Dada a diferença entre os procedimentos para coleta de dados quantitativos e qualitativos, a quantidade de recursos a serem utilizados muito provavelmente será maior do que em uma pesquisa puramente qualitativa ou quantitativa (Halcomb e Hickman, 2015). Sendo assim, *softwares* para auxiliar na análise e cruzamento dos dados obtidos podem ser necessários, bem como instrumentos para a coleta de dados diferentes; tudo isso acarreta um custo potencial que deve ser considerado.

O tempo é outro fator bastante importante, ainda mais em pesquisas acadêmicas de grau elevado. A alocação de tempo adequado e suficiente para a execução de todas as etapas é essencial para a boa condução do projeto desenhado. Por fim, ao coletar dados mistos é inevitável a composição de um conjunto de dados grande e complexo, principalmente se ocorre a integração dos dados durante a etapa de análise. Tais considerações devem ser levadas em conta na ocasião do planejamento da análise de dados, as habilidades analíticas requeridas, bem como os recursos necessários para o armazenamento e manejo dos dados.

Comentados brevemente os três grandes tipos de pesquisa mais comuns, determinamos que uma abordagem *mista*, do tipo *incorporativa* seria a mais adequada para esta investigação. As razões pelas quais escolhemos a abordagem mista se deve pelo fato de que as questões de pesquisa foram respondidas por um *corpus* de documentos os quais tiveram dados qualitativos e quantitativos coletados. Por exemplo, para responder à questão de pesquisa referente ao rompimento com a Experiência Comum, foram utilizados inicialmente dados qualitativos os quais, em um movimento posterior, passaram por um processo de quantificação, análise frequencial e codificação com o auxílio do programa NVivo, para fins de suporte ao grande volume de dados obtidos a serem analisados.

Após discutir brevemente os três principais tipos de pesquisa, decidimos que uma abordagem mista, dentro da tipologia incorporativa seria a mais apropriada para esta investigação. Essa escolha se deve ao fato de que as questões de pesquisa foram respondidas por meio de um *corpus* de documentos que continha dados

qualitativos e quantitativos. Por exemplo, para responder à questão sobre o rompimento com a Experiência Comum, utilizamos dados qualitativos que foram posteriormente codificados, analisados e quantificados com o auxílio do programa NVivo. Por outro lado, os dados relacionados à compreensão dos conteúdos químicos pelos grupos foram coletados integralmente de forma quantitativa e posteriormente analisados por meio de técnicas estatísticas, que são discutidas em detalhes posteriormente.

A tipologia incorporativa foi escolhida devido à natureza dos dados e a forma como cada dado foi analisado em relação às questões de pesquisa. Em resumo, as questões de pesquisa desta investigação envolvem três objetos distintos:

1. Natureza da Investigação Científica;
2. Compreensão de Conteúdos Químicos;
3. Aproximação da Experiência Científica (ou Afastamento da Experiência Comum).

Cada uma dessas questões exigiu uma maneira específica de coletar dados (as quais por vezes apresentou superposição) e, além disso, a análise desses dados tem uma finalidade específica. Por exemplo, entendemos que o melhor caminho para responder à questão 2 seria por meio de uma abordagem quantitativa, com análise técnica estatística. Por outro lado, as questões 1 e 3, relacionada a conceitos e entendimentos, exigiu uma análise inicialmente qualitativa a qual depois foi quantificada dentro dos conformes que Bardin (1977) estabelece. Dentre as tipologias citadas no Quadro 9, a que melhor se adequou ao caráter diverso de nossa análise foi a abordagem mista incorporativa, e, portanto, optamos por seguir suas especificidades.

5.2 Desenho de Pesquisa: O Design Based Research ou Pesquisa Baseada em Design

Um desafio recorrente da área de educação é o de implementar e utilizar resultados das pesquisas educacionais para modificar e melhorar as atividades pedagógicas em seus mais diversos contextos, sendo uma dificuldade notória registrada na literatura acadêmica (Juuti *et al.*, 2016). Nesse contexto, Kneubil e Pietrocola (2017) comentam que a DBR, uma metodologia de pesquisa intervencionista, vem como uma proposta a qual pretende sanar tais dificuldades. Ao

propor uma abordagem que considera o contexto em estudo de maneira diferenciada, a DBR permite aliar aspectos teóricos e práticos com a finalidade de conceber um *produto educacional*. Sendo assim, a metodologia é primariamente utilizada com a finalidade de planejar, implementar, avaliar e analisar inovações curriculares com o fim de um melhoramento das dificuldades particulares de um determinado contexto de interesse. Trazemos a seguir um breve panorama sobre a origem desta metodologia de pesquisa, bem como detalhamentos sobre os procedimentos envolvidos.

A DBR teve sua primeira aparição nos trabalhos seminais de Brown (1992) e Collins (1992) e, a partir destes, outros autores passaram a utilizar terminologias similares para seus próprios tipos de pesquisa, como por exemplo *design experiment* (Brown, 1992). Tal movimento, alguns anos depois, culminou em um texto unificado que finalmente introduziu o termo *Design Based Research*, adotado na literatura da área até os dias de hoje (Collective, 2003). O grande anseio previamente mencionado que a DBR possui é o de minimizar a distância que existe entre as proposições teóricas sobre o ensino (e.g. como ensinar, por que ensinar) e a realidade factual do docente em sua prática cotidiana. A solução apresentada pela DBR para este problema foi justamente ter como elemento fulcral do *design* o contexto de aplicação, ou seja: o contexto real de ensino em que o *design* será aplicado é levado em consideração (Kneubil; Pietrocola, 2017).

A metodologia DBR consiste numa espécie de gerenciamento de controle do processo de produção e implementação de uma inovação educacional em contextos escolares reais. Assim, a DBR pode ser considerada numa espécie de teoria sobre a metodologia e organiza de maneira coerente o processo de levar à sala de aula uma inovação curricular e/ou pedagógica (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017, p. 2).

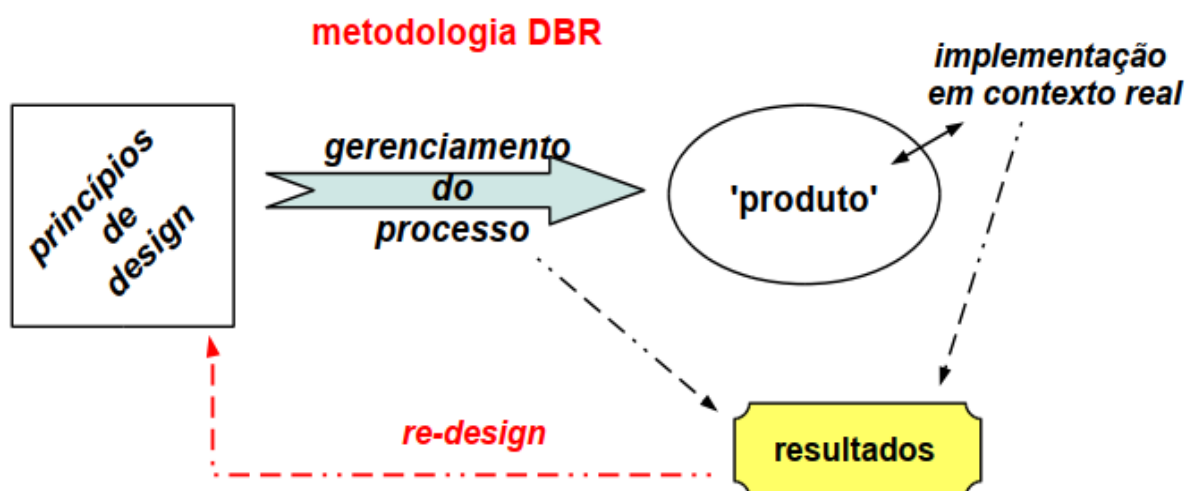
Com base nesse excerto de Kneubil e Pietrocola (2017), podemos entender que a DBR é, resumidamente, uma maneira padronizada de gerenciamento para intervenções longitudinais, tendo como finalidade o aprimoramento de uma realidade educacional. Para alçar tal aprimoramento, a DBR trabalha em um esquema *cíclico* de melhoramento, em que um primeiro *design*, ao ser aplicado e analisado, fornece subsídio para o aperfeiçoamento de um próximo *design*, e assim ocorre com os demais *designs* até que o *produto educacional* seja finalmente acabado. Tal protocolo adotado na DBR permite que os produtos e os aprendizados oriundos da implementação do *design* possuam uma relação bastante próxima do contexto

intervindo. Os processos reflexivos pelos quais o desenho passa, ao cabo de cada ciclo, permitem que os pesquisadores compreendam como e por que determinados elementos e componentes do *design* funcionam ou não em situações reais. A possibilidade de movimentos reflexivos e modificações na DBR é tamanha que até mesmo os alicerces do *design* podem ser discutidos e criticados com base nos dados obtidos em decorrência de uma implementação. Anderson e Shattuck (2012) afirmam que, com base em uma vasta revisão de literatura, as intervenções baseadas na DBR, de maneira geral, resultam em um melhor desempenho dos alunos ou melhores atitudes deles, bem como possibilitam a coleta de diversos indícios que corroboram a relação entre o *design* implementado e o contexto aplicado. Os autores ainda colocam que, em consonância com outros artigos da área, a DBR oferece uma abordagem de primeira linha para contextos complexos em razão de suas características.

5.2.1 Preceitos para a implementação de pesquisas baseadas na DBR

Kneubil e Pietrocola (2017) colocam que, por ser uma teoria sobre a metodologia, a DBR entende que tanto os processos quanto os produtos da pesquisa devem ser analisados nas pesquisas. Assim sendo, o conhecimento produzido ao longo da aplicação de um *design* é o resultado da aprendizagem do pesquisador e/ou equipe de trabalho com os processos planejados e suas posteriores repercussões no contexto de implementação. Tal aprendizagem deve, por sua vez, ser incorporada ao *design* e refletir em mudanças que aperfeiçoem o próximo ciclo da pesquisa. Os autores ilustram como um *design* nos moldes da DBR deve ser realizada na Figura 4.

Figura 4: A DBR de acordo com Kneubil e Pietrocola.



Fonte: Kneubil, Pietrocola, 2017, p. 3.

Kneubil e Pietrocola (2017), contudo, não comentam quais seriam os preceitos ou passos que devem ser seguidos ao longo de uma pesquisa DBR. Em razão disso, foi necessário que visitássemos a literatura da área para poder entender e assentar qual conjunto de preceitos seria mais adequado para nossa pesquisa. Iniciamos com a proposta de Collins (1992), que propôs uma sequência de 10 passos, os quais descritos de maneira sintética seriam:

1. Identificação de uma necessidade;
2. Busca e avaliação de possíveis soluções;
3. Compreensão do contexto a ser trabalhado;
4. Determinação do contexto específico no qual a solução será desenvolvida;
5. Produção do *design*;
6. Aplicação das práticas comuns com metade da amostra;
7. Aplicação da solução (*design*) com a segunda metade;
8. Comparar os resultados;
9. Análise e produção de ajustes para reimplementação do *design*;
10. Reunião periódica dos demais membros do grupo de pesquisa para discussões sobre aspectos específicos da solução.

A proposta de Collins (1992), possui forte pendor empirista, procedimental, típico de pesquisas na área dura das ciências. Tal pendor é especialmente evidente nos itens 6 e 7, nos quais a autora apontam para uma abordagem que emprega um esquema do tipo grupo experimental *versus* grupo de controle, um protocolo que não é considerado ético para uso com seres humanos. Brown (1992), por sua vez, indica que a DBR pode ser implementada se atender a outros 5 passos, que exibem alguma similitude com a proposta de Collins (1992):

1. Seleção de princípios teóricos pelo pesquisador para fundamentar o *design*;
2. O *design*, antes de ser aplicado com muitos sujeitos, deve ser testado com um grupo menor (balão de ensaio);
3. O *design* deve ser aplicado no contexto de escolha com diversos alunos e turmas;
4. Testes recorrentes e o refinamento da intervenção são necessários;

5. O *design* deve ser testado com populações minoritárias.

Apesar de mais simples – quiçá mais vaga – a proposta de Brown (1992) também apresenta um teor empirista bastante marcado, apesar das divergências com a proposta de Brown (1992). A proposta que mais se adequou com as nossas expectativas com este trabalho é, porém, uma mais recente defendida por Christensen e West (2018). Os autores, neste capítulo de livro, analisando várias propostas de preceitos fundantes para uma DBR (tal análise incluindo as duas propostas comentadas aqui anteriormente), desenvolveram uma lista de preceitos da DBR os quais entenderam como sendo gerais. São eles:

1. O *design* da pesquisa deve apresentar uma evolução ao longo do tempo;
2. Deve ter um contexto de aplicação bem definido;
3. Deve ocorrer de maneira iterativa, com vários ciclos de aplicação, revisão, reflexão e reaplicação do *design*;
4. É colaborativa, ou seja, vários pesquisadores com papéis e proficiências diferentes devem participar;
5. Deve contribuir em alguma medida no avanço e aperfeiçoamento das teorias educacionais;
6. Deve ter caráter prático, no sentido de propiciar um aumento dos conhecimentos instrucionais e metodológicos que não se limitem à uma realidade específica;
7. Deve ser produtiva, gerando resultados positivos que suportem o bom aproveitamento do *design* proposto.

Em nossa pesquisa nos baseamos nos preceitos da DBR defendidos por Christensen e West (2018) mas não os contemplamos inteiramente, de maneira que a nossa pesquisa não pode ser, de fato, caracterizada como uma pesquisa DBR, mas sim uma pesquisa *do tipo DBR*. Desde os primórdios desta tese, a DBR se demonstrou como uma metodologia de pesquisa capaz de abarcar a amplitude de nossa proposta. Porém, ainda faltavam inconsistências a serem sanadas. Uma delas – a qual só veio a ser resolvida aos derredores do início da aplicação do *design* – foi entender e sedimentar o que consideraríamos como sendo um *ciclo de aplicação* e o que seriam seus *produtos*. O ciclo seria a aplicação do *design* como um todo? Ou um ciclo seria cada um dos tópicos a serem abordados?

Com isso, temos também um primeiro rompimento da nossa pesquisa com um dos preceitos da DBR, que é justamente o item 3 que trata do caráter cíclico e iterativo do desenho, pois o *design* foi aplicado apenas uma vez. Apesar de seus componentes (SEIs) serem acompanhados de um movimento reflexivo e crítico ao término, isso não foi, em nosso entendimento, suficiente para significar que houve a concepção de um *produto*. Sendo assim, não houve de fato um *redesign* da proposta a cada SEI trabalhada; nos limitamos a modificações e ajustes menores – que são bem aceitos dentro da perspectiva da DBR. Um exemplo de ajuste muito importante realizado logo no primeiro ciclo (termoquímica) foi quando, em uma das atividades experimentais, os sujeitos poderiam vir a manipular uma vidraria incomum⁴⁴. Em um primeiro momento, isso não foi visto como um problema pela equipe de trabalho, mas ao longo da atividade alguns grupos que selecionaram a vidraria a manusearam de maneira inadequada. Isso findou por influenciar na coleta dos dados desses grupos e repercutiu nas discussões e produções consequentes deles. Os professores orientaram esses grupos a reportar tal fato no relatório e as avaliações levaram em consideração o problema. Porém, o mais importante foi o ajuste realizado com base nesse *feedback*. O grupo de trabalho decidiu, com base no imprevisto relatado, que os próximos roteiros com alguma vidraria ou equipamento novo seria compulsório aos professores ensinarem aos alunos o correto manuseio, sem interferir. Porém, em como ou para que o grupo desejava utilizar o equipamento ou vidraria em questão.

As possibilidades de *redesign* da nossa proposta, bem como as críticas e reflexões levantadas ao longo da aplicação do *design* que possibilitam a sua reimplementação e iteração são materializadas nesta tese, na seção de resultados e discussão. A seguir, começamos a discutir os aspectos específicos da DBR para com esta pesquisa, iniciando pelos princípios de *design* que nortearam a nossa pesquisa.

5.2.2 Princípios de *design*

Esta pesquisa de doutorado sempre se colocou como um grande desafio em virtude da grande variedade de alicerces que fundamentaram sua concepção. Trazemos na Figura 5 uma pequena ilustração de como procuramos articular todos esses alicerces em nosso *design*.

⁴⁴ A vidraria em questão era uma camisa térmica.

Figura 5: Alicerces do *design* aplicado nesta pesquisa de doutorado.



Fonte: Elaboração Própria.

Aliar aspectos de NiC (Lederman *et al.*, 2014), que por si só já são bastante complexos e variados, conceitos da epistemologia bachelardiana (Bachelard, 1996) que são, por natureza, de elevada sofisticação, os preceitos do Ensino por Investigação (Carvalho, 2018) com a finalidade de promover uma melhora da compreensão de conceitos químicos, bem como uma formação científica mais adequada de nossos sujeitos de pesquisa. Nossa proposta sempre teve a intenção de ser ousada, inovadora, provocativa e, definitivamente, nosso ponto de partida estava mais do que apto para produzir um desenho muito elegante e robusto. Contudo, como aliar tantos aspectos diversos entre si em um único produto em uma única aplicação do *design*?

Para que tal tarefa pudesse ser realizada, a ideia de princípios de *design* vem não como um preceito ou ferramenta da metodologia, mas como uma necessidade, um elemento fundamental de uma boa pesquisa. Para Kneubil e Pietrocola (2017), os princípios de *design* se associam a uma dimensão teórica do conhecimento, sendo tais princípios multifacetados. Por exemplo, uma intervenção educacional pode ter como princípio teorias da aprendizagem e premissas epistemológicas sobre o conteúdo a ser ensinado. Podemos ainda ter como princípios de *design* os próprios entendimentos sobre o currículo, uma vez que os temas a serem ensinados podem ser abordados de maneiras diversas. Assim sendo, os princípios de *design* se tornam os pilares que sustentam a intervenção que será realizada, e tais pilares podem ter naturezas diversificadas, atuando em suas peculiaridades, porém com o fim único de suportar o todo que compreende o *design*.

Os princípios de *design* funcionam como os pilares de uma pesquisa, uma espécie de alicerce da DBR sob os quais o *design* é suportado. Com base nos princípios de *design*, os diversos elementos que compõem uma pesquisa com base na DBR são alinhados, definidos e orientados para a finalidade a qual a pesquisa se desenvolveu. Dada a relevância dos princípios de *design*, é importante ressaltar que o processo de concepção e escolha de tais princípios é altamente reflexivo e crítico, e que tais princípios possuem diversas naturezas – as quais podem ser amalgamadas entre si em alguns casos– das quais citamos aquelas destacadas na Figura 5 na forma de: Compromissos Epistemológicos, Compromissos Curriculares e Compromissos Metodológicos. Discutimos a seguir o que são tais compromissos e como eles foram fundamentais na concepção dos princípios de *design* desta pesquisa.

5.2.3 Compromissos metodológicos: o Ensino por Investigação e SEIs no Ensino Superior

A ideia de trabalhar com uma estrutura baseada na ideia de Sequências Didáticas (Cabral, 2017), para auxiliar no desenho dos componentes do *design*, foi inicialmente levantada pelo grupo de trabalho e, nos primeiros passos do percurso desta pesquisa, foi entendida como suficiente. Contudo, conforme as discussões do grupo de trabalho foram progredindo, novos entendimentos e reflexões foram acumulados e, dentre eles, a proposta de SEI (Carvalho, 2018) foi introduzida e acabou se revelando como sendo mais adequada, sobretudo por se alinhar com nossa ideia de trabalhar com uma *gradação* dos graus de liberdade intelectual das atividades investigativas. Tal proposta foi pivô de uma discussão crucial: iríamos trabalhar com uma gradação ao longo da aplicação do *design* como um todo (ou seja, as atividades do primeiro conteúdo trabalhado teriam grau de liberdade intelectual baixo, enquanto o último conteúdo trabalhado todas as atividades experimentais teriam de grau de liberdade intelectual elevado)? Ou seria mais adequado trabalharmos com graus de liberdade intelectual que progredissem *internamente* e que depois fossem reiniciados ao cabo de cada conteúdo trabalhado?

Foi com base nesse dilema que assentamos um dos nossos primeiros *princípios de design* que nortearam o nosso desenho, o qual muito provavelmente também é o mais impactante em termos da estrutura do *design*: decidimos que, ao longo da aplicação do *design*, cada conteúdo abordado iria ser escalonado em termos dos graus de liberdade intelectual de maneira independente. Assim, cada um dos

conteúdos abordados iniciaria com uma atividade experimental de grau de liberdade intelectual 1, ocorrendo, então, uma progressão dos graus ao longo da SEI, sendo tal progressão assentada no *feedback* da turma sobre as atividades. Existia um plano inicial para cada uma das SEIs, mas tal plano era passível de mudanças e foi, de fato, mudado diversas vezes ao longo da implementação do *design* para atender os mais diversos problemas e solicitações dos alunos. Tal ideia de gradação, de escalonamento repercutiu por diversos aspectos do *design* proposto nesta tese, como será evidenciado oportunamente nas falas adiante.

A ideia de SEI original de Carvalho (2018), apesar de riquíssima em detalhes e consistente do ponto de vista teórico, apresentou algumas problemáticas quando a trazemos para o Ensino Superior. Tais problemáticas já foram bastante discutidas e a nossa proposta de adequação para a SEI já foi apresentada em capítulo anterior e não pretendemos repetir aqui. Cabe, porém, lembrar que a proposta da autora é voltada para o Ensino Fundamental ou Médio, possuindo forte pendor piagetiano. Tal pendor, que reflete as bases teóricas da SEI, ao ser discutido e analisado pelo grupo de trabalho, foi criticado, sobretudo acerca do que se fala sobre separação entre a *ação manipulativa* e *ação intelectual* (Carvalho, 2018). Nossas discussões com enfoque nesse aspecto culminaram na produção do que viria a ser o nosso segundo princípio de *design*: *permitir e promover uma aproximação entre ação manipulativa e ação intelectual ao longo da aplicação do design*.

Ao se basear em uma perspectiva largamente piagetiana da construção do conhecimento, a autora entende que os alunos, ao resolverem o problema e serem posteriormente provocados pelo professor, tomariam consciência do que foi feito e, analisando suas próprias respostas, passariam de uma ação manipulativa para uma ação intelectualizada do que foi realizado (Carvalho, 2018). Nas discussões do grupo de trabalho, porém, entendemos que no contexto do Ensino Superior uma ação manipulativa pura não é desejável e, em certa medida, é quase improvável de acontecer. Grande parte das ações dos alunos no laboratório quando realizam atividades tradicionais é de teor manipulativo, um esforço mecânico. Porém, em atividades investigativas, que requerem dos alunos que pensem e reflitam sobre o contexto e problemas colocados, se torna bastante difícil separar o que é ação manipulativa e o que é ação intelectual. A ideia aqui não é uma crítica da ação manipulativa, mesmo porque ela é essencial para todos os indivíduos; nossa intenção

foi propiciar que os alunos estivessem a maior parte do tempo possível mentalmente engajados na atividade, sem se deixar levar por seduções mecânicas (e.g. tentativa e erro) ou realizarem ações pouco refletidas no laboratório.

Assim, a ideia geral foi que as SEIs deveriam iniciar com um grau de ação manipulativa maior, com aspectos mais diretivos e momentos de reflexão (ação intelectual) específicos e planejados. Conforme a SEI fosse progredindo, tal separação entre a ação intelectual e manipulativa deveria ser gradativamente reduzida até que, na última atividade de cada SEI, a separação fosse teoricamente inexistente, com a ação intelectual sendo o elemento primário na atividade investigativa a ser desempenhada pelos grupos. É importante notar aqui também que, conforme comentamos no capítulo específico sobre Ensino por Investigação, o papel do docente também muda ao longo da SEI. O docente no início da SEI possui um papel de facilitador, mais ativo e diretivo, oferecendo maior suporte aos alunos ao longo da atividade experimental. Tal atuação é *modulada* ao longo da SEI, de maneira que na última atividade investigativa o docente essencialmente não impacta nas decisões ou escolhas dos alunos, apenas verificando se as suas propostas e rascunhos são factíveis e seguros.

Expostos brevemente estes dois princípios de *design* oriundos do Ensino por Investigação, mais especificamente da proposta de SEI (Carvalho, 2018), prosseguimos para o próximo vértice da nossa pesquisa, que são os elementos epistemológicos embasados nas discussões do filósofo Gaston Bachelard e do grupo de trabalho do professor Norman G. Lederman.

5.2.4 Compromissos Epistemológicos: o rompimento com a Experiência Comum e a Natureza da Investigação Científica

A intenção desta proposta, assim como na proposta anterior que compreendeu o trabalho de mestrado (Zytkuewicz, 2018) sob o qual esta tese se inspira parcialmente, era fornecer alguma espécie de fulcro para a formação do Espírito Científico proposto por Bachelard (1996). Para isso, após as contribuições da banca de defesa do mestrado e das diversas leituras e discussões, notamos que a tarefa – como o próprio filósofo já antecipara no livro – não seria algo a ser completado “de primeira”. Um fato que nos surpreendeu foi que os dados coletados no mestrado indicavam que alguns alunos já chegavam ao curso de licenciatura em química com noções e abordagens tipicamente distantes do Espírito Científico, apesar do pouco

contato com o contexto típico em que a atividade científica é praticada (Zytkuewicz; Bego e Martins de Godoi, 2023). A nossa ideia inicial precisava de uma reformulação, de uma mudança de paradigma. Um dos procedimentos realizados com o fim de embasar tais modificações foi justamente revisitar e determinar o que são de fato as características do Espírito Científico, o que o configura e, sobretudo, de onde ele vem, ou seja, qual é a sua origem. Ao eviscerar a ideia de Espírito Científico, as questões de pesquisa desta tese surgiram e, conseqüentemente, os *princípios de design* que sustentaram sua aplicação, os quais pretendiam respondê-las, foram sendo pouco a pouco concebidos.

O primeiro dos nossos compromissos dialogou com a Experiência Comum, no sentido de afastamento dela. Como comentado na seção específica desta tese sobre a Experiência Comum, a real intenção do filósofo em seu livro (Bachelard, 1996) não foi definir os obstáculos epistemológicos, tampouco realizar uma descrição acurada do Espírito Científico; Bachelard desejava demonstrar que a grande ferramenta de todo cientista é sua capacidade de *abstração*. Quanto maior for tal capacidade, quanto mais desembaraçado for o pensamento do cientista (Bachelard, 1996), mais afastado ele estará da possibilidade de realizar Experiências Comuns. Mas como possibilitar aos alunos que executem procedimentos abstratos enquanto estamos atados aos diversos condicionantes de um curso introdutório ao laboratório de Química?

Para responder essa pergunta foi necessário delinear quais eram as características de uma Experiência Comum, as quais foram discutidas no mesmo capítulo supracitado e reiteramos aqui para fins de praticidade:

- ❖ Ela é tautológica, ou seja, *repetitiva*;
- ❖ Ela é justaposta, ou seja, *impensada*;
- ❖ Ela não permite o contraditório, ou seja, *não há questionamentos*;
- ❖ Em consequência das características anteriores, ela se torna fundamentalmente incapaz de conciliar uma *retificação de erros*.

Em mãos dessas características, nosso *princípio de design* relacionado à Experiência Comum foi justamente conceber atividades experimentais que se afastassem dessas características. Evitar todas as características simultaneamente seria uma tarefa árdua, mas, depois de assentarmos o conceito de *gradação* dos graus de liberdade intelectual ao longo de cada SEI, percebemos que, em verdade,

nem era de nosso interesse que isso acontecesse em todas as atividades. A premissa fundamental para o desenho das atividades experimentais propostas nesta tese foi de que, em alguma medida, tais características fossem sendo *progressivamente* reduzidas, afastadas das situações e contextos que planejamos para os alunos aprendessem. Mesmo na primeira atividade experimental do nosso *design*, que nem investigativa era (de acordo com a proposta de graus de liberdade intelectual defendida nesta tese), o experimento (Apêndice A) e as perguntas feitas aos alunos sobre o experimento tinham como principal intento propiciar aos alunos a possibilidade de se mobilizarem intelectualmente e questionarem suas observações, ou seja, que a atividade não fosse *impensada ou não questionada*.

O outro *princípio de design*, relacionado aos aspectos de NiC (Lederman *et al.*, 2014), não exigiu grande concerto racional, pois a ideia já era bem assentada na literatura pelo próprio Lederman e seu grupo de pesquisa, os quais em outros textos já mencionavam a importância de se trabalhar explicitamente os conteúdos sobre NdC (Lederman *et al.*, 2002; 2006) e, posteriormente, também os conceitos de NiC (Lederman *et al.*, 2014). Para o grupo de pesquisa do Lederman, não é possível aprender sobre o trabalho científico de maneira indireta ou, pelo menos, não é razoável esperar que haja uma aprendizagem adequada sobre o tema. A ideia de que se aprende sobre a epistemologia da ciência fazendo ciência é fundamentalmente distorcida (Hodson, 2005) e se baseia em uma noção deformada largamente empirista do ofício científico. O aprendizado sobre a epistemologia da ciência não pode ser um subproduto ou uma consequência da empiria.

Tal discussão que Lederman e seu grupo de pesquisa realiza também encontra amparo na epistemologia bachelardiana; para Bachelard (1996), toda ação *impensada* é em verdade um possível alicerce para a fundamentação de obstáculos epistemológicos. Da mesma maneira que um ensino de conteúdos químicos, que não integra processos reflexivos, fornece subsídio para a formação de obstáculos epistemológicos, conceitos de NiC *subjacentes* que não são evidenciados e refletidos também estão sujeitos à formação de obstáculos epistemológicos. O mais crítico sobre a aprendizagem sobre NiC é que, diferentemente do conteúdo químico, seus aspectos são inerentemente *implícitos*. Tal característica proporciona que os obstáculos epistemológicos relacionados à formação de noções deformadas de NiC são ainda mais difíceis de serem desconstruídos posteriormente por estarem

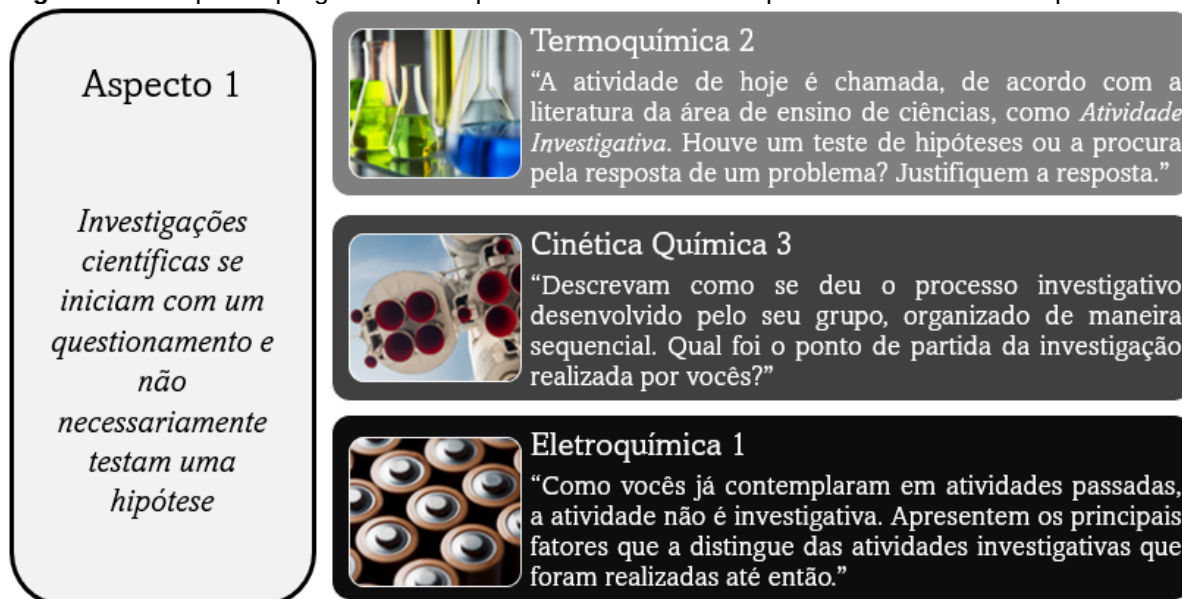
arraigadas em processos mentais não racionalizados. Sendo assim, se torna crucial que tais aspectos sejam trabalhados ativamente e tal prática é bem assentada em ambos os paradigmas dos nossos compromissos epistemológicos.

Com base nessas premissas, o grupo de trabalho decidiu que era necessário atuar de maneira *ativa* para que os alunos viessem a aprender sobre NiC. Com isso, procuramos trabalhar os diversos aspectos de NiC de maneira explícita e pensada, dedicando a primeira aula da implementação do *design* a expor e discutir com os alunos sobre os aspectos de NiC e, posteriormente, seções específicas de cada uma das atividades experimentais foram desenhadas com o fim de trabalhar ativamente todos os aspectos de maneira gradual. O nosso ponto de partida, que vale para todos os outros aspectos e não somente este em particular, foi o trabalho realizado alguns anos atrás em território nacional resultado de uma parceria do grupo do Lederman e uma pesquisadora brasileira (Andrade *et al.*, 2020). Porém, optamos por não utilizar o questionário VASI, e explicamos as motivações a seguir.

Como comentamos reiteradamente ao longo desta tese, a nossa intenção era permitir aos alunos que aprendessem de maneira *explícita* sobre os aspectos de NiC. Contudo, em razão do nosso protocolo gradual e cíclico (que engloba também os aspectos de NiC), a aplicação do questionário VASI se demonstrou problemática. Um primeiro e grande problema foi chegar em um acordo sobre quais seriam os momentos para aplicá-lo. O procedimento aparentemente mais apropriado, baseado na ideia de pré-teste e pós-teste, não se adequava bem com nossas ideias do *design*. Aplicar o questionário ao fim de cada SEI, além de provavelmente se tornar enfadonho para os alunos, nos sujeitaria à possibilidade de os alunos responderem as questões mecanicamente ou memorizarem as “respostas corretas”, o que reduziria o grau de confiabilidade da nossa avaliação. Depois de diversas discussões, uma ideia ousada foi colocada em pauta e, posteriormente, foi aceita pelo grupo de trabalho: produzirmos nossas próprias questões sobre NiC, com base nas descrições sobre os aspectos de NiC postulados por Lederman e colaboradores (2014) e no formato das perguntas do próprio questionário VASI. Dessa maneira, foi possível compor um conjunto de perguntas mais voltado para o nosso contexto específico, e que também poderia ser ajustado para ser colocado reiteradamente sem as problemáticas que o questionário original teria.

Apresentamos na Figura 6 em maneira esquematizada como foi feita a progressão dos questionamentos sobre NiC ao longo dos roteiros e, no Apêndice B, trazemos o texto adaptado e traduzido de Lederman e colaboradores (2014) que foi utilizado na primeira aula da aplicação do *design* com a finalidade de propiciar aos alunos uma primeira aproximação e reflexão sobre os aspectos de NiC.

Figura 6: Exemplo da progressão dos questionamentos de NiC para um determinado aspecto.



Fonte: Elaboração Própria.

Observando o aspecto trabalhado e as questões propostas aos alunos que o contemplaram, evidenciamos brevemente quais foram os raciocínios que fundamentaram a colocação dessas questões. A primeira questão sobre o aspecto 1, proposta na Atividade de Termoquímica 2, é bastante simples e direta; essa atividade foi a primeira atividade investigativa do nosso *design*, a primeira a trazer um problema para os grupos. Assim sendo, nossa expectativa era endossar que uma característica fundamental da investigação é resolver uma questão, um problema, e que eles discutissem isso como quisessem para justificar sua escolha.

Já na segunda iteração, que se deu em Cinética Química 3, uma atividade com grau de liberdade intelectual 3, a ideia primeira não foi reforçar mais o aspecto 1. Em vez disso, solicitamos que os grupos elencassem todos os procedimentos realizados na atividade, de maneira ordeira e lógica. Somente então que eles deveriam pensar qual foi o ponto de partida para a investigação deles. Fazer esse movimento – trabalhar no sentido contrário – teve a intenção de ajudar os alunos a assentarem a resposta da segunda parte da pergunta nos registros anteriores.

Por fim, na terceira e última iteração, a pergunta muda significativamente de perspectiva; nas ocasiões anteriores, a atividade experimental associada à pergunta de NiC contemplando o aspecto 1 eram investigativas. Porém, nesse caso, a atividade de eletroquímica 1 não é investigativa. A nossa curiosidade aqui era verificar se, nesse ponto da implementação do *design*, eles já seriam capazes de distinguir e comentar o que difere a atividade que eles acabaram de realizar das outras 4 atividades investigativas realizadas anteriormente. A intenção essencial da última pergunta sobre o aspecto 1 foi incitar um movimento reflexivo e crítico pelos alunos acerca daquilo que fizeram no decorrer da aplicação do *design*, o qual já caminhava para seu fechamento.

Comentado sobre os aspectos de NiC, finalizamos a seção de compromissos epistemológicos. A seguir discutimos o último dos três compromissos assentados em nossa pesquisa, que são os compromissos curriculares, referentes aos conteúdos químicos abordados.

5.2.5 Compromissos Disciplinares: os conteúdos químicos

Os compromissos curriculares, em contramão sobretudo aos compromissos epistemológicos, possuem um caráter bem mais simples, apesar de terem sido provavelmente os mais trabalhosos para serem concebidos. Resgatando as discussões de Bachelard postas anteriormente, o filósofo comenta que a cultura científica deve “passar por uma *catarse intelectual e afetiva* (...) substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico” (Bachelard, 1996, p.24 grifo nosso). Assim sendo, o nosso dever enquanto educadores com a intenção de aperfeiçoar os processos de ensino dentro de um contexto bastante específico é de possibilitar, de fato, que os alunos passem por tais momentos catárticos, que entendam toda a amplitude que o conhecimento químico impacta a qual por vezes é obscurecida em razão da maneira com que os conteúdos costumam ser lecionados.

Com essa visão, uma primeira decisão do grupo de trabalho se referiu a um dos aspectos mais clássicos de qualquer disciplina experimental de um curso de química: o colóquio pré-experimento. Tal decisão também possui uma sobreposição com o nosso referencial metodológico, SEIs propostas por Carvalho (2018). Por muito tempo se debateu sobre o que fazer com o colóquio, uma vez que, na perspectiva da autora, em certa medida, ele não devia existir. Contudo, conforme comentamos em capítulo antecedente, é impossível transpor todas as características da SEI original para o

nosso contexto; uma abordagem equilibrada, mais condizente com os condicionantes do Ensino Superior e com algum alinhamento com os preceitos do Ensino por Investigação era necessária.

Visando tal equilíbrio, em nossa proposta optamos por não abolir a ideia de colóquio, mas modificar sua função e duração. Nesta disciplina em particular, o colóquio tinha como principal intenção ter uma breve exposição teórica dos conteúdos trabalhados na atividade experimental, bem como realizar uma leitura do roteiro da atividade com os alunos com a finalidade de explicar a atividade e salientar dúvidas. Na nossa proposta, porém, propusemos mudanças significativas. A ideia central das nossas mudanças foi entender que o colóquio não deveria ser uma “aula teórica” que antecede a parte experimental, numa espécie de tentativa de criar uma tautologia entre o que é observado e praticado no laboratório com o que foi apresentado e comentado em sala de aula. Em vez disso, o colóquio deveria munir os alunos dos conhecimentos teóricos – agregando ao modelo atômico-molecular deles – de maneira que eles fossem capazes de realizar todas as atividades da SEI. Isso não implicava em falar exaustivamente sobre todos os conteúdos abordados; em vez disso, apenas os conceitos mais primordiais eram trabalhados em detalhe, e os demais conceitos eram construídos junto aos alunos ao longo das investigações.

Neste sentido, uma das mudanças realizadas foi que o colóquio tivesse sua duração reduzida de maneira geral. Tal redução se deve sobretudo a dois aspectos. A primeira modificação foi remover o comentário e leitura do roteiro experimental em classe; tal leitura passou a ser destinada apenas aos alunos – o roteiro era entregue somente no laboratório, não mais disponibilizado antes da aula – e os professores após a leitura conversaram com os grupos para prestar eventuais esclarecimentos e verificar se as ideias primárias da atividade tinham sido compreendidas. A segunda modificação foi introduzir uma diminuição crescente do tempo dedicado ao colóquio e alterar a maneira com que os conteúdos químicos eram trabalhados. O primeiro colóquio de cada SEI deveria ser mais denso, prolongado com a finalidade de fornecer aos alunos os alicerces adequados para prosseguirem nas próximas duas atividades. O segundo, por sua vez, deveria ser mais enxuto e tratar apenas de eventuais conceitos específicos ou informações indispensáveis sobre a atividade – alertas específicos de segurança em laboratório por exemplo. Por fim, a última iteração das nossas SEIs simplesmente não tinha colóquio; os alunos prosseguiam direto ao

laboratório e, após a leitura das instruções, os professores passavam pelos grupos com o intuito de supervisionar os andamentos e primeiros esboços para a realização da atividade investigativa.

Em relação aos conteúdos químicos em si, a nossa modificação principal foi procurar adequar o arrazoadado feito nos Quadros 6 a 8 aos conteúdos registrados na ementa da disciplina. Era necessário, por questões institucionais, que os conteúdos descritos em tal documento fossem trabalhados. Porém, a literatura que baseava tais conteúdos, as bibliografias recomendadas e a maneira de introduzir e ministrar tais conteúdos foram completamente modificadas. Todas estas modificações foram realizadas com o intuito de permitir e favorecer que os alunos *mobilizassem* intelectualmente os conteúdos abordados; memorizar um conceito era algo insuficiente para realizar as atividades planejadas por nós. Era necessário saber refletir, aplicar, relacionar o que foi colocado nos primeiros colóquios para conseguir realizar as atividades investigativas – as quais por vezes traziam elementos não trabalhados no colóquio.

Um exemplo disso pode ser trazido com base na Atividade Investigativa 3, na SEI de eletroquímica. Os alunos precisavam revestir uma peça metálica com um outro metal, com a finalidade de torná-lo mais resistente à corrosão. Porém, nada sobre processos corrosivos ou procedimentos de proteção anódica (que são inclusive temas voltados para disciplinas com seriação mais avançada) foi ensinado anteriormente aos alunos. Os alunos sabiam como pilhas funcionavam (Atividade 1 da SEI de eletroquímica) e como era possível forçar a oxidação metálica com sistemas eletroquímicos (Atividade 2 da SEI de eletroquímica). Como evitar processos corrosivos, por outro lado, não foi tratado em nenhum momento anterior; isso foi algo que os alunos, munidos de livros e as informações postas no roteiro, precisaram discutir e conversar entre si para conseguir completar a atividade investigativa.

5.2.6 Apresentação do grupo de *design* e preparativos pré-aplicação

O grupo responsável pela aplicação do *design* foi pensado e composto com a finalidade de atender alguns dos princípios da DBR (Kneubil; Pietrocola, 2017), em específico a necessidade de que uma pluralidade de especialistas participasse ativamente em uma dada implementação de um *design*. Além disso, a metodologia postula que tais indivíduos devem possuir maestrias diversificadas, contribuindo e enriquecendo os processos de *design* com seus conhecimentos específicos. Visando

tais aspectos, antecedendo até mesmo as produções que culminaram nesta tese, foram elencados quatro membros para o grupo de *design*, ao qual posteriormente foi adicionado um quinto membro no ano de aplicação do *design* (2022), sendo este o professor responsável pela disciplina na qual aplicamos o *design*. Os cinco membros que formaram o grupo de *design* são os que seguem:

1. Um professor doutor em Ensino de Ciências. A função primária desse membro era organizar os procedimentos do grupo, as tomadas de decisões e fornecer orientações gerais para os demais membros;
2. Um professor doutor em Físico-Química. A função primária desse membro era balizar e reger as discussões específicas da Química, sendo responsável pelo rigor conceitual, técnico e procedimental das mais diversas propostas realizadas no grupo;
3. Um doutorando em Química, o qual é o autor desta tese. Esse membro teve como responsabilidade a concepção do *design* e dos mais diversos detalhamentos que o compuseram;
4. Um mestrando em Química, cuja pesquisa de mestrado se trata de uma ramificação dessa tese de doutorado. Além de realizar os procedimentos atrelados a sua dissertação, esse membro também auxiliou nas discussões de *design* e planejamento das atividades experimentais produzidas;
5. Um professor doutor em Ensino de Química, o qual foi o docente atuante na disciplina na qual o *design* foi aplicado. O papel desse membro era de alinhar as demandas da sala e disciplina com nossos propósitos específicos de pesquisa, além de participar no planejamento e desenho das atividades experimentais produzidas.

Apesar de cada membro do grupo ter sua especificidade, bem como suas próprias designações e atividades particulares para com o *design*, o grupo se reuniu com frequência mensal desde junho do ano de 2021. Tais reuniões tiveram como pauta desde aspectos iniciais (e.g. o ensino de ciências no Brasil, o contexto universitário) até tópicos mais sofisticados (e.g. especificidades do ensino experimental de química na universidade). As motivações para tais reuniões eram tanto a aprendizagem dos próprios membros do grupo acerca dos diversos elementos que embasaram o *design* quanto o alinhamento de tais saberes. Tal alinhamento era

especialmente necessário, pois o grupo possuía grande heterogeneidade formativa, como é notável a partir da descrição dos seus componentes feita anteriormente. As discussões mais relevantes, nesse sentido, são justamente as que concerniram à confecção, análise e crítica do capítulo de fundamentação sobre o Ensino por Investigação. Tal capítulo foi o assunto central em diversas reuniões até que o rigor conceitual e textual do capítulo fosse considerado satisfatório pelo grupo de *design*.

Uma das principais contribuições pragmáticas realizadas pelo grupo de trabalho foi um entendimento mútuo sobre o momento em que o doutorando e o mestrando deveriam adentrar o contexto físico e social da disciplina. Decidimos que, junto ao docente responsável pela disciplina, o doutorando e o mestrando seriam apresentados como docentes auxiliares, e não como pesquisadores intervencionistas. Também foi decidido que ambos deveriam participar do contexto da aplicação do *design* desde o começo das aulas, de maneira que os três participaram da disciplina, que é anual, desde o primeiro semestre. Tais ações foram realizadas com o fim de harmonizar e tornar cotidiana a presença do doutorando e do mestrando para os alunos. Tal movimento teve como interesse familiarizar os sujeitos de pesquisa com os pesquisadores e não provocar rupturas no cotidiano da disciplina.

5.3 Contexto da pesquisa

O Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *campus* de Araraquara (IQ/CAr), oferece cursos de graduação para o Bacharelado em Química, Bacharelado em Química Tecnológica, Licenciatura em Química e Bacharelado em Engenharia Química. Os cursos de Bacharelado são conduzidos em regime integral e o curso de licenciatura é conduzido em regime noturno. Em 2015, o curso de Licenciatura em Química do IQ/CAr passou por uma reestruturação curricular significativa assentada nas novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores (Brasil, 2015). Ocorreu o manejo, realocação e remoção da sobrecarga de disciplinas específicas de química, enquanto disciplinas de teor didático-pedagógico foram inseridas organicamente ao longo do curso. Disponho no Quadro 10 a estrutura curricular do curso de Licenciatura em Química.

Quadro 10. Matriz curricular do curso de Licenciatura em Química em 2019.

Matrícula por Disciplina – Sequência Aconselhada – Licenciatura em Química (2019)					
A	M	CÓDIGO	CR	DISCIPLINA	REQUISITO (S)
1º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (16)					
		FQ26214	02	Geometria Analítica	Pré: Não há
		CE26005	02	História da Educação Brasileira	Pré: Não há
		FQ26215	02	Pré-Cálculo	Pré: Não há
		QI26064	04	Laboratório de Ensino de Química Geral (anual)	Pré: Não há
		QI26065	04	Química Geral (anual)	Pré: Não há
		IQ26037	02	Redação e Produção de Textos	Pré: Não há
1º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)					
		FQ26216	04	Cálculo Diferencial e Integral I	Pré: Pré-Cálculo
		BT26047	04	Biologia	Pré Não há
		CE26006	04	Fundamentos da Educação	Pré: Não há
		QI26064	04	Laboratório de Ensino de Química Geral (anual)	Pré: Não há
		QI26065	04	Química Geral (anual)	Pré: Não há
2º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)					
		FQ26217	04	Cálculo Diferencial e Integral II	Pré: Cálculo Diferencial e Integral I
		FQ26218	02	Equações Diferenciais Ordinárias	Pré: Cálculo Diferencial e Integral I
		FQ26219	04	Física Geral I	Pré: Não há
		QA26035	06	Química Analítica I	Pré: Química Geral
		QI26066	04	Química Inorgânica Descritiva	Pré: Química Geral
2º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)					
		FQ26220	02	Cinética Química	Pré: Cálculo Diferencial e Integral I e II e, Equações Diferenciais Ordinárias Co: Termodinâmica Química
		FQ26221	04	Física Geral II	Pré: Não há
		PE26013	04	Psicologia da Educação	Pré: Não há
		QA26036	06	Química Analítica II	Pré: Química Analítica I
		FQ26222	04	Termodinâmica Química	Pré: Cálculo Diferencial e Integral I e II, Equações Diferenciais Ordinárias e Física Geral I
3º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)					

		BT26048	04	Elementos de Geologia e Mineralogia	Pré: Não há
		FQ26223	04	Equilíbrio entre Fases e Fenômenos de Superfície	Pré: Termodinâmica Química
		FQ26224	04	Física Geral III	Pré: Física Geral I
		FQ26225	02	Física Experimental	Pré: Não há
		DD26099	04	História e Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências	Pré: Não há
		FQ26226	02	Introdução à Estatística Básica	Pré: Não há
3º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)					
		FQ26227	02	Eletroquímica	Pré: Termodinâmica Química e Física Geral II
		FQ26228	04	Físico-Química Experimental	Pré: Termodinâmica Química, Cinética Química e Equilíbrio entre Fases e Fenômenos de Superfície Co: Eletroquímica
		DD26100	04	Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica	Pré: Fundamentos da Educação e História da Educação Brasileira Co: Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica
		DD26102	06	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica	Pré: Não há Co: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica
		QO26051	04	Química Orgânica I	Pré: Química Geral (anual)
Matrícula por Disciplina – Sequência Aconselhada – Licenciatura em Química (2019)					
A	M	CÓDIGO	CR	DISCIPLINA	REQUISITO (S)
4º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)					
		DD26101	04	Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química	Pré: Não há Co: Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Currículo,

					Linguagens e Avaliação no Ensino de Química
		FQ26229	02	Introdução à Química Quântica	Pré: Não há
		DD26104	06	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química	Pré: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica Co: Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química
		QA26037	04	Análise Instrumental, Educação Ambiental e Química Verde	Pré: Química Analítica I e II
		QO26052	04	Química Orgânica II	Pré: Química Orgânica I
4º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)					
		DD26103	04	Didática das Ciências	Pré: Laboratório de Ensino de Química Geral
		BT26049	06	Fundamentos de Bioquímica	Pré: Química Orgânica I
		DD26105	02	Metodologias para o Ensino de Ciências	Pré: Não há
		QI26067	04	Química Inorgânica	Pré: Química Geral e Introdução à Química Quântica
		QO26053	04	Química Orgânica Experimental	Pré: Química Orgânica I e Química Orgânica II
5º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (24)					
		DD26110	04	Introdução à Pesquisa em Educação em Ciências	Pré: Não há
		QI26068	04	Instrumentação para o Ensino de Química	Pré: Didática das Ciências e Metodologias para o Ensino de Ciências
		DD26106	06	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Didática das Ciências	Pré: Didática das Ciências e Metodologias para o Ensino de Ciências
		QI26069	04	Química Inorgânica Experimental	Pré: Química Inorgânica
		QO26054	02	Química Orgânica III	Pré: Química Orgânica I e II

		IQ22032	04	Desenvolvimento da Pesquisa em Educação em Ciências: Formação do Professor Pesquisador (anual)	Pré: Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica; Currículo Linguagens e Avaliação no Ensino de Química. Co: Introdução à Pesquisa em Educação em Ciências; Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Didática das Ciências; Instrumentação para o Ensino de Química
5º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (25)					
		IQ22032	08	Desenvolvimento da pesquisa em Educação em Ciências: Formação do Professor Pesquisador (anual)	Pré: Não há
		IQ26036	04	Libras, Educação Especial e Inclusiva -EaD	Pré: Não há
		QI26070	06	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Instrumentação para o Ensino de Química	Pré: Instrumentação para o Ensino de Química
		DD26107	03	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Projetos na Escola	Pré: Não há
			04	Optativa	
ATIVIDADES EXTRACLASSE = (14)					
		IQ22038	14	Atividades Teórico Prática de Aprofundamento	

Fonte: Adaptado de <https://www.iq.unesp.br/Home/graduacao/licenciaturaemquimica/estrutura-curricular-lic-2019-para-site.pdf> Acesso em 18 Ago 2022.

Dentre as novas disciplinas didático-pedagógicas incorporadas na nova estrutura curricular do curso, está a disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral. A disciplina é caracterizada por ser majoritariamente experimental, como outras disciplinas de Química Geral Experimental, porém ela possui um viés de discussão pedagógica com os futuros professores acerca da importância da experimentação para o ensino de química. O plano de ensino da disciplina contendo seus objetivos curriculares e conteúdo programático constam no Quadro 11.

Quadro 11. Extrato do plano de ensino da disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral.

UNIDADE UNIVERSITÁRIA: Instituto de Química			
CURSO: Licenciatura em Química			
DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL: Química Geral e Inorgânica			
IDENTIFICAÇÃO:			
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA OU ESTÁGIO	SERIAÇÃO IDEAL	
QI26064	Laboratório de Ensino de Química Geral	1o Ano / 2º Semestre	
TIPO	PRÉ-REQUISITOS	CO-REQUISITOS	
Obrigatória	Não há		
CRÉDITOS	CARGA HORÁRIA TOTAL	DISTRIBUIÇÃO DA CARGA HORÁRIA	
		TEÓRICA	PRÁTICA
8	120		120
NÚMERO MÁXIMO DE ALUNOS POR TURMA			
AULAS TEÓRICAS		AULAS PRÁTICAS	
		30	
	OBJETIVOS (Ao término da disciplina o aluno deverá ser capaz de:)		
Compreender o papel e a importância da experimentação no processo de construção dos conhecimentos químicos, identificando e relacionando as três dimensões e as orientações teórico-metodológicas empregadas na validação do conhecimento químico. Aplicar os procedimentos de segurança e os princípios teórico-metodológicos das principais técnicas utilizadas em um laboratório didático de química, implementando as regras de segurança, os procedimentos adequados das técnicas de laboratório estudadas, bem como o tratamento das medidas experimentais realizadas. Testar e avaliar experimentos viáveis como estratégia didática de ensino própria dos conteúdos a serem ensinados, considerando o desenvolvimento dos alunos e o ensino de química no nível médio.			
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (Título e discriminação das unidades)			
- As três dimensões do conhecimento Químico. - As orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos científicos e o papel da experimentação. - Regras de segurança e utensílios de laboratório. - Técnicas fundamentais de laboratório.			

- Medidas experimentais: erro, incerteza, precisão e exatidão.
- A experimentação como estratégia didática para o ensino de estequiometria, soluções, gases, equilíbrio químico, termoquímica, velocidade das reações, óxido-redução e radioatividade.

EMENTA (Tópicos que caracterizam as unidades dos programas de ensino)

De natureza teórico-prática, essa disciplina aborda o papel e a importância da experimentação no processo de construção dos conhecimentos químicos, bem como os procedimentos de segurança e os princípios teórico-metodológicos das principais técnicas utilizadas em um laboratório didático de química, de tal modo que os estudantes possam ser capazes de testar e avaliar experimentos viáveis como metodologia de ensino próprias dos conteúdos a serem ensinados, considerando o desenvolvimento dos alunos e o ensino de química no nível médio.

Fonte: Adaptado de <https://www.iq.unesp.br/Home/graduacao/plano-2019-qi26054-19-laboratorio-de-ensino-de-quimica-geral.pdf> Acesso em 18 Ago 2022.

A pesquisa desta tese de doutoramento foi desenvolvida nesta disciplina, sendo ela anual e pertencente ao 1º ano do curso de Licenciatura em Química. O percurso do nosso *design* se deu ao longo de três Sequências de Ensino Investigativas concebidas na forma de ciclos reiterados durante o 2º semestre da disciplina, sendo seus temas:

- ✓ Termoquímica;
- ✓ Cinética Química;
- ✓ Eletroquímica.

Em nosso *design*, cada uma das nossas SEIs foram alteradas com o fim de abarcar três atividades experimentais cada, totalizando nove atividades experimentais modificadas. Tais atividades experimentais, como previamente comentado, são dotadas de graus de liberdade ascendentes, os quais recomeçam no grau 1 a cada nova SEI. Das 9 atividades modificadas, 6 destas atividades são proposições inéditas dentro do contexto do curso, e 3 delas são atividades já estabelecidas, mas que sofreram ajustes e modificações menores com o fim de atender às demandas do *design*.

5.4 Fontes de informação

Yin (2001) sugere que fontes de informação diversificadas não somente enriquecem a investigação delongada, particularmente os estudos de caso, mas

também fornecem suporte para uma análise e argumentação mais consistente. Para o autor, nenhuma fonte de informação possui vantagem absoluta em comparação às outras; em verdade, o emprego de diversas fontes de informação nos permite a obtenção de nuances diversas da problemática estudada, com ângulos e profundidade distintos e complementares entre si.

Entendemos que, para uma pesquisa com as dimensões desta investigação, uma multiplicidade de fontes de informação seria muito bem-vinda para que a imersão no contexto de pesquisa e alcance analítico posterior fossem otimizados. Assim sendo, optamos por trabalhar com *sujeitos* e *documentos*, os quais são descritos a seguir.

➤ SUJEITOS

Os sujeitos de pesquisa foram os alunos devidamente matriculados, cursando a disciplina de Laboratório de Ensino de Química Geral no ano de 2022 e que aceitaram participar da mesma após serem informados acerca de todos os aspectos de sua participação na implementação do *design* ⁴⁵.

➤ DOCUMENTOS

Os documentos analisados em nosso *design* foram produzidos a cada atividade experimental pelos grupos de alunos. Alguns dos documentos não foram produzidos em todas as atividades por serem específicos para determinados graus de liberdade intelectual. Todos os documentos elencados abaixo são produzidos coletivamente (ou seja, a elaboração deles é responsabilidade do grupo de alunos), sendo eles:

1. *“Refletindo” da atividade realizada.* O “refletindo” se trata de um pequeno conjunto de questões que concernem os objetivos de aprendizagem de cada atividade experimental. Tais questões têm naturezas diversas, podendo ser conceituais (teóricas), experimentais (cálculos) ou mistas. O refletindo era entregue na semana posterior à atividade experimental de referência.
2. *Respostas das Questões sobre NiC.* Com a intenção de trabalhar ativo e explicitamente os vários quesitos de NiC elaborados por Lederman (2014), decidimos agregar ao roteiro experimental questionamentos relacionados aos

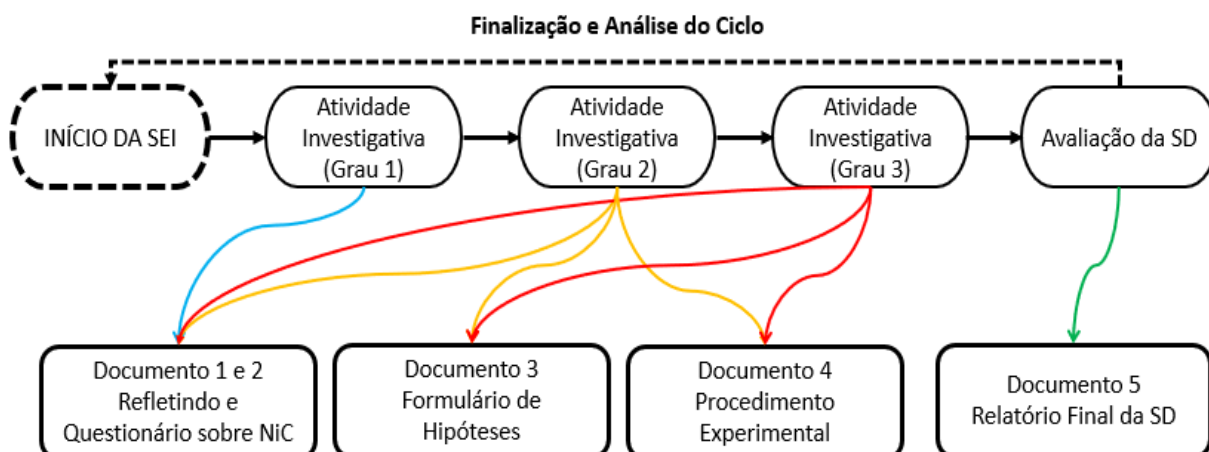
⁴⁵Os procedimentos relacionados às questões éticas desta pesquisa estão descritos na subseção “Primeira aula do semestre: atividade introdutória sobre NiC”, logo adiante.

aspectos de NiC elencados pelo autor. Tais questões eram de natureza dissertativa e de resposta aberta/pessoal, e não necessariamente vinculadas à atividade experimental realizada. Tais questões eram entregues junto ao refletindo.

3. *Formulário de proposição de hipóteses e procedimentos experimentais* (Apêndice C, somente grau 2 e 3). O formulário de proposição de hipóteses foi um documento fornecido aos grupos durante a atividade experimental. Tal documento deveria ser preenchido com todas as informações relevantes que culminaram direta ou indiretamente na proposta de procedimento experimental, que é o documento seguinte da listagem. Esse documento era entregue por cada grupo para o docente ao término de cada atividade experimental.
4. *Proposta de procedimento experimental* (Apêndice D, somente grau 2 e 3). Esse documento era consequência direta do anterior; aqui os alunos deveriam esboçar um protocolo experimental compatível com o problema proposto na atividade investigativa. Tal protocolo era analisado pelo docente responsável para fins de factibilidade e segurança e, então, liberado aos alunos caso aprovado ou devolvido para alterações recomendadas no caso de reprovação por algum dos critérios postos previamente. Esse documento era entregue por cada grupo junto ao formulário de proposição de hipóteses para o docente ao fim da atividade experimental.
5. *Relatório final da SEI*. Ao final de cada SEI, os grupos entregam um relatório de fechamento e culminância sobre o que foi realizado ao longo de todas as atividades, constando informações gerais sobre elas, discussões sobre os aspectos conceituais envolvidos, bem como os resultados e discussão dos resultados obtidos. Tal relatório era entregue ao cabo de cada uma das SEIs do *design*.

Para melhor descrever quais dados foram coletados e em qual momento ao longo de cada ciclo, na Figura 7 trazemos uma representação esquemática correlacionando os documentos produzidos a cada um dos dias de aula para cada ciclo.

Figura 7: Relações entre documentos produzidos e os momentos de coleta ao longo de uma Sequência de Ensino Investigativa genérica.



Fonte: Elaboração Própria.

5.5 Grupos Focais e Lembrança Estimulada

De acordo com Barbour (2009), grupo focal é o nome dado a qualquer discussão em grupo em que as interações que ocorrem entre as partes são promovidas e estimuladas pelo pesquisador. A autora é enfática no que se refere aos cuidados que o pesquisador deve ter ao realizar um grupo focal, sempre norteado para os objetivos que ele quer alcançar com tal instrumento, e a boa escolha dos elementos que comporão a roda de discussão. Barbour (2009) também sugere que os seguintes itens são necessários para a realização e condução apropriados de um grupo focal:

- ✓ Elaboração de um roteiro de condução do grupo focal;
- ✓ Seleção de materiais que auxiliem e incentivem a interação entre as partes;
- ✓ Definição da composição do grupo;
- ✓ Garantir que as partes discutam entre si, e não apenas com o pesquisador.

Segundo a autora, o grupo focal, quando aplicado de maneira rigorosa e apropriada, é capaz de descrever e explicar fenômenos de maneira singular, sendo capaz de prospectar informações em camadas subjetivamente mais profundas que outros instrumentos de pesquisa são incapazes ou dificilmente conseguem penetrar. Assim, o grupo focal, no contexto da pesquisa qualitativa, tem a intenção de captar conceitos, sentimentos, atitudes, crenças, valores, experiências, reações e mudanças sofridas pelos pesquisados por intermédio das trocas ocorridas durante o grupo.

Os grupos focais marcaram o fim da implementação do *design*, sendo realizados antes do final do semestre. Os agendamentos com os grupos foram realizados

individualmente, de maneira a procurar acomodar os grupos da melhor maneira possível e evitar faltas dos participantes. O roteiro para o grupo focal está disponibilizado no Apêndice E.

Para um melhor resultado da coleta de dados realizada com os grupos focais, optamos por utilizar a técnica da lembrança estimulada (Gaier, 1954) com a finalidade de facilitar o processo de retomada de lembranças pelos sujeitos de pesquisa. Gaier (1954) defende que a lembrança estimulada (do inglês *Stimulated Recall*) se desenvolve em dois passos: em um primeiro momento, o pesquisador deve gravar a atividade a qual ele deseja *resgatar* a memória posteriormente; depois, este elabora um protocolo de condução que permita ao sujeito de pesquisa se relembrar oportunamente daquilo que é de interesse do pesquisador. Dessa maneira, o autor sugere que a entrevista com lembrança estimulada é capaz de prover acesso a dados inacessíveis e até privilegiados, e o volume de experiências relembradas é significativamente maior quando comparado com uma entrevista que não emprega nenhuma metodologia.

No caso, a proposta de Gaier (1954) se aplicaria para entrevistas individuais, contudo pensamos que o recurso poderia também ser utilizado para um grupo focal. Apesar de haver claras distinções entre os procedimentos, ambos se referem a uma interação entre pesquisador e sujeito(s) de pesquisa e, sendo responsabilidade do pesquisador em ambos os casos o convite ao estímulo, foi entendido que o uso da lembrança estimulada poderia ser benéfica para os grupos focais. Em verdade, como foi observado em alguns dos transcritos analisados, a camada social e dialógica característica do grupo focal apresentou até mesmo uma sinergia com os registros fornecidos aos sujeitos dos grupos de pesquisa quando o pesquisador solicitava aos mesmos que procurassem relembrar de suas ideias quando da escrita das respostas aos refletidos.

No caso da pesquisa aqui descrita, utilizamos como elemento estimulador para a promoção da lembrança estimulada as respostas dos sujeitos para os refletidos. No caso, um extrato das perguntas e respostas deles foi transposto para um documento a parte e entregue aos sujeitos para que eles lessem e se lembrassem dos procedimentos e raciocínios delongados quando da confecção das respostas. Em média cada grupo teve 30 minutos para se dedicar a leitura e discussão do documento

antes do grupo focal, e durante o grupo focal os integrantes de cada grupo podiam consultar o documento quando quisessem para auxiliá-los no processo de recordação.

5.6 Critérios de Exclusão e Grupos Estudados

Os grupos que foram estudados nesta pesquisa foram completamente anonimizados de maneira a não permitir a identificação de seus componentes. Para cada um dos grupos foi associado um código de três letras que permite a sua identificação, e apenas o pesquisador detém conhecimento da sistemática de codificação utilizada. Para certificarmos uma análise apropriada, critérios de exclusão foram empregados com a intenção de filtrar dados com muito ruído ou dados incompletos que viessem a prejudicar o bom curso da análise de dados. Estabelecemos três critérios, a saber:

- ✓ Primeiro Critério: O grupo deve ter entregado todos os relatórios finais;
- ✓ Segundo Critério: O grupo deve ter entregado pelo menos 80% (7) dos refletidos trabalhados ao longo do semestre;
- ✓ Terceiro Critério: o grupo deve ter participado do grupo focal, com todos os membros do grupo presentes.

Assim sendo, de um total de 10 grupos participantes, 3 foram reprovados por um ou mais critérios de exclusão, e os outros 7 grupos foram separados para a condução dos estudos subsequentes. Os grupos estudados foram os seguintes:

- ❖ Grupo AJV;
- ❖ Grupo AMR;
- ❖ Grupo AMT;
- ❖ Grupo BEJ;
- ❖ Grupo BGJ;
- ❖ Grupo EHN;
- ❖ Grupo JMA.

5.7 Descrição da implementação do design

Na Figura 8 descrevemos sucintamente a sequência cronológica proposta cuja finalidade foi balizar o percurso *a priori* a ser seguido na implementação do *design*, ao longo do segundo semestre de 2022.

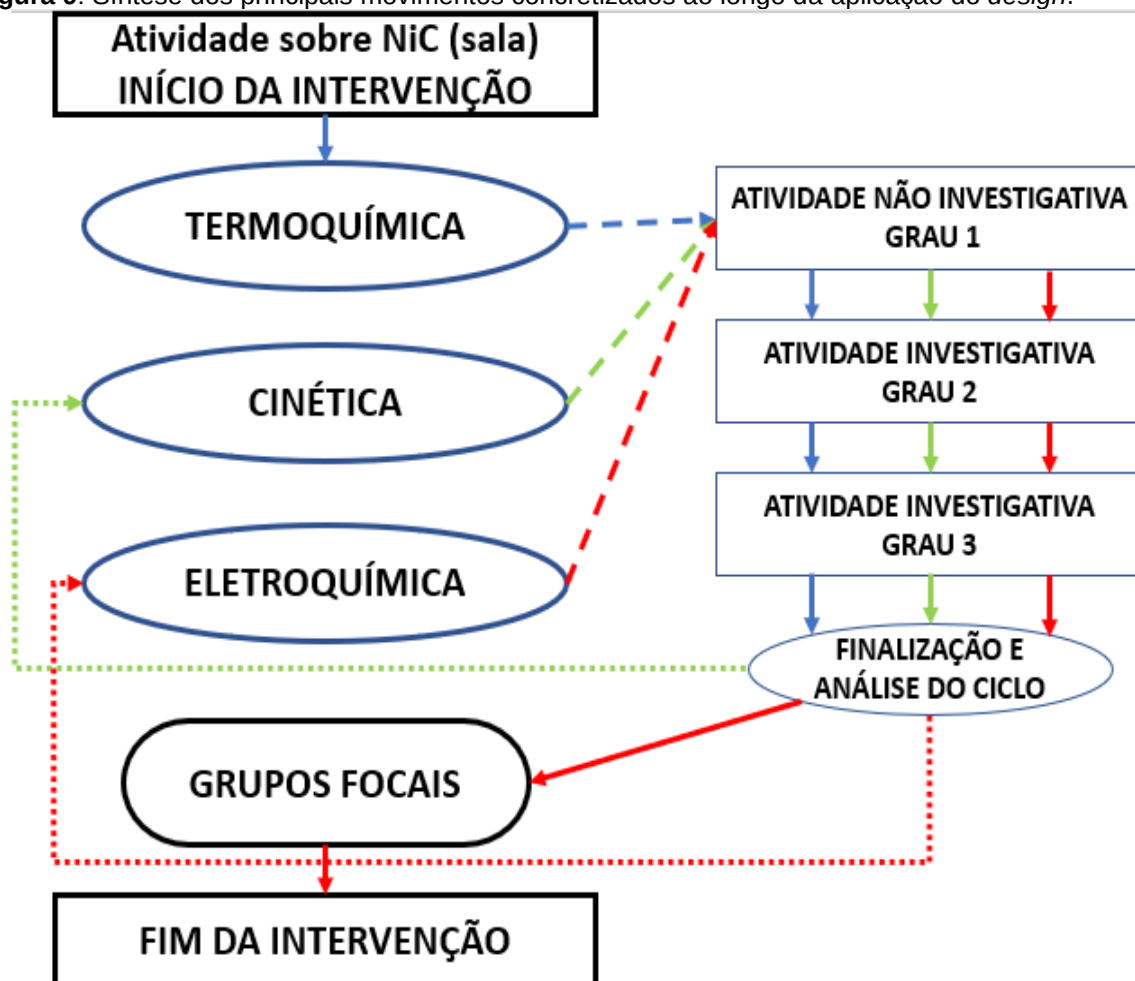
Figura 8: Cronograma de atividades do 2º Semestre de 2022 da disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral.

Sequência Didática	Data	Cronograma	Atividades avaliativas
2º semestre			
-	23/08	Atividades Suspensas- Recepção dos Calouros	
O que é a ciência afinal?	30/08	- Discussão: atividade avaliativa ligações e força intermoleculares; - Apresentação do cronograma para o segundo semestre e novas diretrizes para a disciplina: nova perspectiva sobre as práticas; novo sistema de entrega dos "roteiros"; novo sistema de entrega das atividades; conversa sobre os relatórios; Fluxogramas: Cancelados. - Atividade: A natureza da Ciência.	
Tá calor ou tá quente?	06/09	-Atividade Experimental: Termoquímica 1.	
	13/09	- Atividade Experimental: Termoquímica 2.	
	20/09	- Atividade Experimental: Termoquímica 3.	
	27/09	Avaliação da Sequência Didática de Termoquímica	
Uma questão de energia, orientação e choques-efetivos	04/10	-Atividade Experimental: Cinética Química 1.	Entrega do relatório 3 - Termoquímica
	11/10	-Atividade Experimental: Cinética Química 2.	
	18/10	-Atividade Experimental: Cinética Química 3.	
	25/10	Avaliação da Sequência Didática de Cinética Química	
Como não prender um eletroquímico	01/11	-Atividade Experimental: Eletroquímica 1.	Entrega do relatório 4 – Cinética Química
	08/11	-Atividade Experimental: Eletroquímica 2.	
	15/11	Atividades Suspensas- Proclamação da República	
	22/11	-Atividade Experimental: Eletroquímica 3.	
	29/11	Avaliação da Sequência Didática de Cinética Química	

Fonte: Cortesia do docente responsável pela disciplina.

Na Figura 9 procuramos sintetizar quais foram os principais movimentos que compuseram a implementação do *design*, a partir da aula inicial do semestre. Na sequência iniciamos as descrições de cada uma das atividades descritas, comentando de maneira resumida como se deu cada uma das etapas da implementação do *design*.

Figura 9: Síntese dos principais movimentos concretizados ao longo da aplicação do *design*.



Fonte: Elaboração Própria.

5.7.1 Primeira aula do semestre: atividade introdutória sobre NiC

Na primeira aula do 2º semestre, a qual foi realizada integralmente em sala de aula, informamos aos alunos o cronograma da disciplina, quais seriam os conteúdos abordados, e comentamos as mudanças que ocorreriam na disciplina nas aulas seguintes. Iniciamos falando sobre a mudança significativa no fluxo de trabalho da maioria das atividades experimentais, pois 9 das 12 atividades experimentais que seriam desenvolvidas ao longo do semestre seriam atividades modificadas por uma equipe de especialistas. Comentamos também sobre os roteiros experimentais, os quais eram disponibilizados com antecedência no 1º Semestre, agora seriam entregues aos grupos apenas ao adentrarem o laboratório didático. Tal mudança se viu necessária em virtude de um dos membros do grupo de *design* levantar a possibilidade de os alunos pesquisarem sobre a atividade antes da aula, encontrassem possíveis soluções para elas e espalhassem tais informações para os demais. Mesmo sabendo que eles dificilmente seriam capazes de resolver os problemas propostos em posse apenas do roteiro experimental, tal possibilidade não podia ser descartada, uma vez que um acontecimento do tipo seria largamente prejudicial para a implementação, ferindo diversos aspectos fundamentais do Ensino por Investigação.

Um segundo ponto relevante que foi mudado no 2º semestre se tratou da entrega das atividades; no 1º semestre os alunos podiam realizar a entrega dos documentos avaliativos (documentos de 2 a 5 os quais foram listados na seção antecedente) fisicamente ou digitalmente na plataforma *Google Classroom*. No semestre da implementação da proposta limitamos a entrega ao formato digital. Tal mudança posteriormente foi refinada⁴⁶ ao introduzirmos um *template* padronizado para os alunos preencherem com as respostas das atividades propostas. A motivação para tal mudança foi principalmente para posteriormente facilitar a compilação e organização do *corpus* de documentos analisados, além de operacionalizar o tratamento dos dados posteriormente com o *software* de análise.

Por fim, nesta primeira etapa da aula, o doutorando e o mestrando tomaram turnos esclarecendo que a implementação do *design* fazia parte das suas pesquisas acadêmicas e então instruíram os alunos sobre os aspectos éticos envolvendo a

⁴⁶ Tal *template* foi introduzido ao término da sequência de Termoquímica, sendo utilizado então nas atividades de Cinética Química 2 em diante.

pesquisa. Os preceitos éticos obedeceram a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 1996), e esta etapa somente ocorreu após a aprovação deste projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com seres humanos, cujo Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) possui a numeração 60337622.5.0000.5400. Sendo assim, ambos os pesquisadores apresentaram aos alunos, sucintamente, os temas de suas respectivas pesquisas, evidenciando a importância da participação de cada um dos alunos, porém também esclarecendo a não obrigatoriedade da adesão, sendo esta opção válida e sem impacto nenhum em suas avaliações da disciplina. Após as breves apresentações, os pesquisadores forneceram para cada um dos alunos uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os quais foram então assinados pelos alunos concordantes, rubricados pelos pesquisadores e então arquivados conforme orientações da Plataforma Brasil para pesquisas com seres humanos.

Ao cabo desta etapa inicial, passamos para a segunda parte da aula. A intenção desta etapa foi trazer aos alunos uma introdução sobre os conceitos de NiC, os quais muito provavelmente são parte de todo um tema inédito para eles. Para este fim realizamos uma atividade em classe adaptada da estratégia didática Grupo de Verbalização x Grupo de Observação (GV x GO) (Anastasiou e Alves, 2012). A sala foi segmentada em dois grandes grupos de alunos, e cada aluno recebeu um documento de texto contendo uma versão adaptada do trabalho de Lederman (2014) sobre a Natureza da Investigação Científica. O documento se encontra no Apêndice B ao fim desta tese. Tal produção foi realizada visando nossos objetivos pedagógicos de aprendizagem sobre NiC; entendemos que o texto original possuía dois grandes obstáculos que poderiam ser muito prejudiciais aos alunos. O primeiro obstáculo se trata da barreira linguística, pois o texto é redigido na língua inglesa. O segundo obstáculo se refere ao conteúdo; é muito possível que este fosse um dos primeiros contatos dos alunos com um artigo acadêmico, e o texto do Lederman (2014) especificamente se trata de artigo de teor propositivo com elevada demanda de conhecimentos prévios sobre a temática. Em vista disso, optamos por redigir um texto menos exigente, trazendo apenas as discussões relevantes sobre os aspectos de NiC, alguns fundamentos e explicações breves sobre diversos temas e expressões encontradas ao longo do texto.

Após o comando do docente, os grupos tiveram aproximadamente 30 minutos para ler e debater entre eles uma parte do documento, sendo que um grupo lia a primeira metade e o outro a segunda metade. Depois disso, o grupo responsável pela primeira metade atuou como GV, comentando e explicando a primeira parte do texto, seguido de uma rodada de discussões entre os grupos para o entendimento dos aspectos sobre NiC ponderados. Em seguida, o papel dos grupos foi invertido, com o grupo responsável pela segunda metade se tornando GV e o outro grupo o GO, e ao cabo da exposição uma nova rodada de debate e discussão entre grupos foi realizada. Ao cabo da atividade a aula inaugural do 2º semestre foi finalizada.

5.7.2 Termoquímica 1

A primeira atividade experimental do nosso *design* (Apêndice A) foi uma atividade não-investigativa com grau de liberdade intelectual 1. Os objetivos de aprendizagem envolvidos nessa atividade foram os seguintes:

- ✓ Conteúdos Químicos: Analisar um experimento de ebulição da água, diferenciando os conteúdos de calor e temperatura.
- ✓ Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Lembrar os conceitos de dado e evidência científica, reconhecendo-os na atividade experimental; entender o conceito de explicação científica, interpretando-o por meio dos conceitos de dado e evidência.

Retomando a nossa proposta que caracteriza os graus de liberdade intelectual para atividades investigativas no Ensino Superior (Quadro 2), temos que essa atividade não deveria ser *problemática*, no sentido de que não deveria haver um problema a ser resolvido; em decorrência disso, não temos a produção de hipóteses *a priori* ou procedimentos experimentais pelos grupos, sendo que este último fornecido junto ao roteiro experimental, compondo o *plano de trabalho*. Além disso, toda a obtenção de dados seria responsabilidade integral dos grupos, porém ao longo do processo de análise e tomada de conclusões eles poderiam ser auxiliados pelos docentes ou, ainda, posteriormente discutido em classe. No caso dessa atividade, a equipe optou inicialmente em permitir aos grupos um tempo (aproximadamente 1 hora) para montarem o arranjo experimental, executarem o experimento e então discutirem entre si (no caso, os membros de cada grupo podiam discutir entre eles, mas não com outros grupos) o que estava acontecendo. Ao cabo desse tempo, os

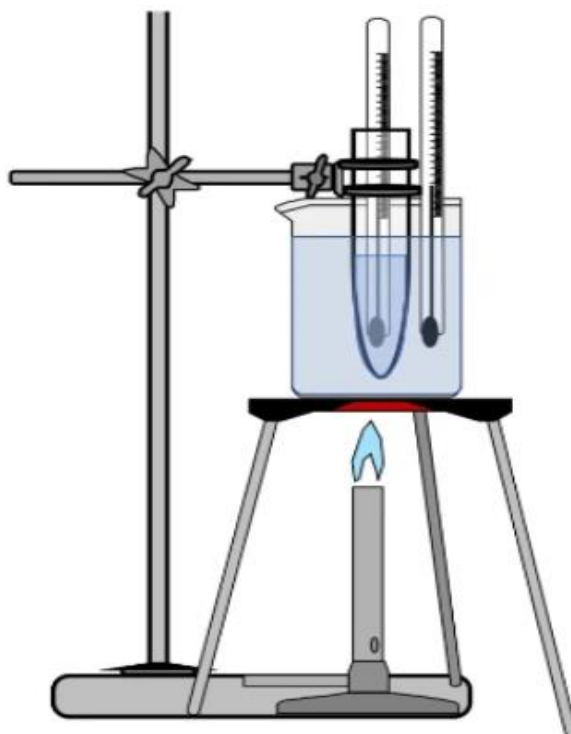
professores passariam pelas bancadas do laboratório com o intuito de auxiliar e direcionar os grupos que estivessem apresentando dificuldades em discernir os aspectos cruciais envolvidos no experimento.

Terminado este breve exposto para situar a atividade com respeito a metodologia empregada, discutimos agora os aspectos conceituais que envolvem esta experiência. A intenção primeva aqui foi a introdução aos alunos dos principais conteúdos a serem aprendidos pelos alunos no âmbito da termoquímica, os quais são calor e temperatura. Calor, de acordo com a nossa proposta de conteúdos químicos para a sequência de Termoquímica (Quadro 6) é a energia transferida de um corpo mais quente para outro mais frio devido a diferença de temperatura, enquanto temperatura se trata de uma medida indireta da movimentação (energia cinética e velocidade) dos átomos ou moléculas contidos em um dado sistema termodinâmico em estudo. Além da diferença explícita de significado, temos a importante diferença no que concerne o tipo de medida envolvida na mensuração de cada um deles: o calor é uma quantidade total e se refere a transição entre estados de um sistema sendo, por definição, uma *função de caminho* cuja somatória nos retorna um valor (q). A temperatura, por sua vez, é uma *função de estado* e depende apenas do sistema a ser medido se encontrar em equilíbrio termodinâmico (Pilla, 2010). Tal diferenciação mais rigorosa não é exigida aos alunos, mas é trazida aqui para fins de clareza.

Um segundo objetivo de aprendizagem *implícito* nesta atividade seria a importante e bastante dificultosa diferenciação pelos alunos entre *calor sensível* e *calor latente*. Segundo Pilla (2010), quando o calor transferido entre dois sistemas se manifesta na forma de uma *diferença de temperatura*, essa quantidade de calor é denominada *calor sensível*. Em outra mão, se o calor transferido for empregado no rompimento de interações intermoleculares e interatômicas em um sistema de fase condensada, tal calor recebe o nome de *calor latente*, pois todo o calor é utilizado para tal fim e não resulta em aumento da temperatura do sistema (Pilla, 2010a).

Com tais conteúdos químicos bem delineados, optamos por nos basear no belíssimo experimento de termoquímica proposto por Mortimer e Amaral (1998), no qual um sistema de aquecimento bastante interessante é projetado com o fim de possibilitar aos alunos a observação de ambos os fenômenos em um *setup* experimental simples e pequeno, como segue na Figura 10:

Figura 10: Esquema simplificado do arranjo experimental da Atividade 1 de termoquímica.



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com Mortimer e Amaral (1998, p. 34),

O objetivo dessa atividade é reforçar a ideia de que só existe transferência de calor quando há uma diferença de temperatura entre dois sistemas. Para isso, deve-se montar um sistema para aquecimento de água num béquer (ver esquema da montagem) e colocar um tubo de ensaio contendo água dentro desse béquer com água, de modo que o tubo de ensaio não encoste nas paredes ou no fundo do béquer, o que caracteriza um 'banho-maria' [...] Nesse caso, não há fluxo de calor entre a água do béquer e a água do tubo de ensaio, pois estando os dois sistemas à mesma temperatura, o valor de ΔT entre eles é igual a zero. Como não há fluxo de calor, não está sendo fornecida a energia necessária para romper as interações intermoleculares (as ligações de hidrogênio) entre as moléculas de água, condição necessária para que a água entre em ebulição.

Dessa maneira, a atividade possibilitaria que os alunos observassem empiricamente que só ocorre transferência de calor se houver diferença de temperatura.

Discursado sobre os conteúdos químicos, comentamos agora sobre os conceitos de NiC trabalhados nesta atividade. Por ser a primeira atividade do nosso *design*, pensamos em trabalhar com ideias que fossem, *a priori*, mais simples e de fácil discussão. Sendo assim, optamos por trabalhar os conceitos de *dado*, *evidência* e *explicação científica*, sendo tais conceitos referentes aos aspectos 7 e 8 dos conceitos de NiC abordados no texto fornecido aos alunos (Apêndice B). Com este intento, trouxemos aos alunos um comentário breve sobre o que seriam os conceitos de dado

e evidência científica. Em seguida, dois questionamentos foram propostos aos grupos: o primeiro questionamento solicitava que os alunos diferenciarem quais foram os *dados coletados* e quais foram as *evidências produzidas* pelo grupo ao longo da atividade experimental e, com base nisso, o grupo responderia ao segundo questionamento, no qual os alunos foram solicitados a propor uma definição para o conceito de *explicação*.

Aos grupos de alunos ficou a responsabilidade de realizar a montagem do sistema de acordo com as instruções constantes no roteiro (Apêndice A), e então observar a evolução do sistema até a ebulição da água. Em um primeiro momento nós permitimos que os grupos tomassem nota por si só do que eles estavam observando; contudo, conforme a equipe de professores foi passeando pelas bancadas para ver o que os grupos comentavam sobre o experimento, foi percebido que muitos grupos falhavam em observar que a água do tubo de ensaio não sofria ebulição.

5.7.3 Termoquímica 2

A primeira atividade investigativa do nosso *design* (Apêndice F) foi concebida como uma atividade com grau de liberdade intelectual 2. Os objetivos de aprendizagem elencados para esta atividade foram os seguintes:

- ✓ Conteúdos Químicos: Analisar duas amostras de substâncias desconhecidas, diferenciando-as em substância pura ou mistura por meio de técnica adequada para caracterização.
- ✓ Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Entender a diferença entre atividades verificativas e investigativas, interpretando ações desenvolvidas em duas atividades experimentais diferentes; entender a relação entre dados empíricos coletados e conclusões teóricas levantadas, explicando proposições e articulações feitas pelo grupo durante a atividade experimental.

Retomando o Quadro 2, temos que esta atividade experimental seria a primeira atividade genuinamente investigativa a ser realizada pelos alunos, uma vez que ela é *problemática*; em virtude da existência de um problema a ser resolvido, os alunos necessitavam levantar hipóteses resolutivas para o problema, além de esboçarem um protocolo experimental para resolvê-lo. Tais procedimentos, sobretudo a proposta experimental, precisavam ser analisados e aprovados por um dos membros da equipe

de docentes da disciplina, além de que os mesmos podiam ajudar os grupos na discussão de hipóteses e na elaboração do plano de trabalho. Da mesma forma que na atividade anterior, toda a coleta de dados ficou sob a responsabilidade do grupo, porém os professores podiam influenciar em menor medida qual tipo de dado os alunos deveriam coletar e analisar para resolver o problema, sendo tal influência permitida e salvaguardada por ser uma atuação modulada do professor no plano de trabalho do grupo.

Partindo para a descrição da atividade experimental em si, comentamos em linhas gerais qual foi o contexto do problema e o problema em si trazido aos grupos (a redação do problema na íntegra está disponível no Apêndice F desta tese). Os alunos assumiriam o papel de funcionários de uma indústria química, especificamente trabalhando com a purificação de solventes orgânicos. Em uma dada ocasião, o grupo se depara com dois frascos não identificados. Em outras circunstâncias, o conteúdo dos frascos teria como destinação o descarte, contudo em vista do grande volume de solvente contido nos frascos, o grupo decide realizar a identificação de seu conteúdo. No caso, é sabido que um frasco possuía uma mistura de duas substâncias, sendo elas álcool terc-butilico e hexano, e no outro uma das substâncias, porém pura. O problema a ser resolvido então era identificar em qual os frascos possuíamos uma mistura de substâncias ou a substância pura. Foram fornecidas algumas informações sobre os dois compostos aos alunos, sendo tais informações a fórmula estrutural e o diagrama de Hommel (ou diamante de risco) de ambas as substâncias. Além disso, os alunos podiam consultar uma bibliografia disponibilizada aos grupos no laboratório na forma de títulos emprestados pela biblioteca da instituição.

Essa atividade teve como conteúdos químicos basilares a serem trabalhados os estados da matéria, entalpia, endotermia e exotermia, bem como o entendimento da construção e uso de *curvas de aquecimento/resfriamento*, sendo este último o conteúdo crítico da investigação. A diferenciação do conteúdo de cada frasco é bastante simples de ser executada se o grupo relacionar o problema com o conteúdo ministrado previamente sobre tais conteúdos de termoquímica. No caso, a curva de aquecimento/resfriamento de uma substância pura apresenta *patamares* em que a mudança de fase ocorre (sendo a entalpia deste processo de mudança de fase um calor latente, conteúdo trabalhado na primeira atividade da sequência de termoquímica). No caso de uma mistura, porém, não ocorrem patamares, mas sim

faixas de aquecimento na curva de aquecimento/resfriamento, e tais faixas ocorrem pois temos tanto calor latente quanto calor sensível envolvidos no processo de aquecimento ou esfriamento da substância (Pilla, 2010).

Comentados os conteúdos químicos abordados na atividade, prosseguimos para comentar sobre os aspectos sobre NiC que foram abordados na atividade. Em virtude de esta ser a primeira atividade investigativa, ensejamos coletar informações sobre as primeiras impressões dos grupos sobre a abordagem, a qual é inédita para os sujeitos. Para tal fim, interpomos um questionamento inicial, escrito de maneira ampla em que os alunos deveriam comentar quais seriam as principais diferenças entre a atividade anterior (Termoquímica 1, não investigativa de grau 1) e a que eles haviam realizado.

A segunda questão de NiC colocada se referiu a um aspecto crítico que envolve o Ensino por Investigação e é um aspecto de NiC: o aspecto 1 (Quadro 3). Em tal questão nós solicitamos aos grupos que comentassem se a atividade se tratava de um teste de hipóteses (no sentido de haver uma hipótese inicial para a atividade) ou se ocorreu a busca pela resposta a um problema. Tal resposta deveria então ser apropriadamente justificada.

A terceira e última pergunta sobre NiC interposta tratou do aspecto 6 (Quadro 3). No caso, foi pedido para que o grupo descrevesse como a resposta ao problema oferecida pelo grupo se relacionava com os dados coletados e se havia algum tipo de relação de dependência entre eles.

5.7.4 Termoquímica 3

A última atividade experimental da SEI de Termoquímica (Apêndice G) do nosso *design* foi uma atividade investigativa com grau de liberdade intelectual 3. Os objetivos de aprendizagem envolvidos nessa atividade foram os seguintes:

- ✓ Conteúdos Químicos: Criar um mecanismo de dispositivos de aquecimento e resfriamento de emergência, planejando um procedimento experimental para avaliar a variação de energia envolvida na dissolução de diferentes sais.
- ✓ Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Entender a inconsistência da ideia de método científico, as relações entre problema de pesquisa, protocolos de resolução e dados obtidos, comparando as diferentes propostas de procedimentos experimentais sugeridas para a resolução do problema.

Retomando o Quadro 2 contendo a caracterização dos graus de liberdade intelectual para atividades investigativas no Ensino Superior, temos que essa atividade investigativa, por ser de grau 3, deveria ser problemática. Além disso, os alunos deveriam possuir um *grau de autoria* significativo ao longo de todo o processo de levantamento de hipóteses resolutivas e na elaboração dos procedimentos. A modulação da atuação dos docentes nesta atividade em particular deveria assumir um papel *colaborativo*, interferindo minimamente nas tomadas de decisões dos grupos, somente atuando de maneira mais incisiva em grupos que eventualmente apresentassem maior dificuldade na lide investigativa envolvida. Assim como na Atividade 2, os docentes também fazem o papel de censor, avaliando se os procedimentos experimentais cogitados pelos grupos são factíveis e seguros.

Prosseguindo para a descrição da atividade em si, o contexto do problema e o problema dessa atividade eram bastante interessantes e diferentes: aqui o grupo de alunos deveria assumir o papel de químicos que trabalham em uma empresa que produz dispositivos de emergência. O chefe deles então os solicita que trabalhem na concepção de um dispositivo de aquecimento de emergência e um dispositivo de resfriamento de emergência que fosse mais eficaz. Os alunos, de acordo com o contexto fornecido, deveriam elencar, a partir de um rol de sais disponíveis no laboratório, qual conjunto de sais deveria ser empregado para cada um dos sistemas, além de fornecerem dados empíricos que suportassem suas alegações e propostas.

Da mesma maneira que na atividade 2, os alunos tinham disponíveis para a consulta diversos livros didáticos de química. Também permitimos aos grupos a consulta de dados e informações na *internet*, e os docentes orientaram os grupos no sentido de que tal busca fosse realizada em bases e literaturas de fontes confiáveis; fontes de informação que fossem entendidas como precárias ou com pouca confiabilidade pelos docentes resultariam na negativa dos procedimentos experimentais e os grupos que porventura trouxessem dados dessa natureza para justificar e conceber seus protocolos eram solicitados a reformular suas produções utilizando outras fontes de informação.

Os conteúdos químicos envolvidos nesta atividade são, majoritariamente, toda a discussão que envolve o calor de solução de sais inorgânicos. Na listagem de sais disponíveis para o uso pelos alunos, havia sais endotérmicos (calor de solução positivo) ou exotérmicos (calor de solução negativo) de variados graus. Os grupos, se

apoiando na pesquisa bibliográfica e na discussão interna entre os pares, deveriam então decidir quais sais seriam os melhores candidatos para produzir o efeito térmico desejado para o caso específico de cada um dos sistemas de emergência. Além disso, os grupos precisavam, em segundo plano, pensar em questões de reprodutibilidade e comparação entre testes empíricos realizados, com o fim de verificar qual sal possuía o melhor efeito térmico desejado. Tal comparação é bastante prejudicada no caso hipotético de um grupo não pensar em fixar as quantidades de água e sal a serem adicionados; o cuidado com o arranjo experimental escolhido pelo grupo também é de grande importância; se o teste não for conduzido em condições controladas do ponto de vista térmico (e.g. com pouco ou nenhum tipo de isolamento térmico) a leitura fornecida pelo termômetro da variação da temperatura produzida pela dissolução do sal se torna prejudicada e poderia levar a escolha de um sal menos eficaz.

Partindo agora para a discussão dos aspectos de NiC abordados nessa atividade, as questões postas envolveram os aspectos de NiC que até então não haviam sido discutidos por eles. No caso, trouxemos duas questões de NiC: a primeira questão envolveu os aspectos 2 e 3 (postos no Quadro 3) No caso a questão perguntava diretamente como o problema da atividade influenciou o procedimento experimental deles, e solicitamos que eles discutissem com detalhe quais aspectos particulares do problema influenciaram determinadas etapas do protocolo investigativo delineado pelo grupo.

A segunda questão de NiC envolveu os aspectos 4 e 5 (Quadro 3). Para essa questão pedimos para os grupos adjacentes na bancada conversarem entre si, compartilhando o que cada grupo fez, e discutissem em que medida os procedimentos elencados e os resultados obtidos divergiam entre eles. Em mãos desta discussão cada grupo deveria comentar como tais diferenças (se ocorreram) poderiam ser explicadas.

Após a atividade de Termoquímica 3, a sequência de Termoquímica, do ponto de vista do *design* em si estava praticamente finalizada; na aula posterior os alunos resolveram uma prova teórica abordando os conteúdos ensinados e os grupos deveriam entregar o relatório final correspondente a sequência didática como um todo até o dia de início da sequência de Cinética Química. Para finalizar, comentamos aqui brevemente alguns aspectos sobre esta sequência. Do ponto de vista dos aspectos de NiC, foram trabalhados todos os 8 aspectos elencados no Quadro 3; dito isto, tais

aspectos foram trabalhados de maneira bastante amigável e aberta, uma vez que esta sequência, por ser inaugural, não pensamos ser adequados trazer questões mais elaboradas e densas sobre NiC. O intento aqui foi de introduzir e ambientar os alunos com o tipo de reflexão ensejado por este componente do *design*. Além disso, esta primeira sequência serviu como um aprendizado também para o grupo de trabalho, e diversas discussões muito importantes e necessárias foram conduzidas ao cabo da sequência, de maneira que tal discussão se refletiu em algumas mudanças menores, porém, importantes que foram introduzidas nas SEIs posteriores.

5.7.5 Cinética Química 1

A primeira atividade experimental da segunda SEI do nosso *design* (Apêndice H) foi uma atividade não-investigativa com grau de liberdade intelectual 1. Os objetivos de aprendizagem envolvidos nessa atividade foram os seguintes:

- ✓ Conteúdos Químicos: Aplicar os conceitos relacionados à velocidade de uma reação, executando os cálculos necessários para obter a ordem de reação.
- ✓ Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Entender como os procedimentos experimentais e suas especificidades (reagentes, equipamentos, vidrarias e etapas) influenciam nos dados coletados de um experimento, comparando as atividades práticas desenvolvidas na SEI de Termoquímica.

Sendo a primeira atividade experimental da SEI de Cinética Química, tal atividade realizou o movimento de reinício do grau de liberdade intelectual ao possuir um caráter não-investigativo. Assim, lembrando o Quadro 2, essa atividade não foi *problemática*; em decorrência disso, não houve uma produção de hipóteses *a priori* ou procedimentos experimentais pelos grupos, tal qual na atividade 1 de Termoquímica. No caso aos alunos foi ensejado que eles executassem os procedimentos descritos no roteiro, coletassem os dados e discutissem sobre o experimento. Assim os professores permitiram aos alunos um tempo para realizar a parte experimental, auxiliando-os quando fosse necessário com esclarecimentos teóricos ou procedimentais. Conforme os grupos finalizavam a parte experimental, os docentes discutiam sobre o que foi feito, bem como auxiliavam os alunos com questionamentos reflexivos acerca da experiência e seus detalhamentos, sempre

buscando evidenciar as relações entre os três níveis do conhecimento químico (Johnstone, 1993).

Feita esta discussão sobre os aspectos executivos da atividade, passamos para os conteúdos químicos abordados. Esta experiência se trata de um arranjo clássico para a determinação qualitativa da ordem de reação com respeito a duas substâncias diferentes: o tiosulfato de sódio e o ácido clorídrico. O conceito de ordem de reação, essencial para discussões na seara da Cinética Química, nos permite relacionar a concentração dos reagentes com a taxa de reação, sendo tal relação possível de ser determinada experimentalmente ao variar a concentração do reagente em estudo e verificando o tempo que a reação leva para ocorrer. No caso do experimento, a determinação do ponto final da reação se dava por evidência visual, com uma precipitação no béquer a qual impede a visualização do “x” marcado em uma folha de papel posicionado abaixo dele. Tal atividade, em caráter secundário, porém não menos importante, também permitiu aos alunos constatarem empiricamente como a concentração dos reagentes afetam a velocidade de reação. Tal evidência empírica e entendimento conceitual seriam essenciais para que os alunos pudessem realizar as atividades investigativas subsequentes, sobretudo a atividade 2.

Comentado sobre os conteúdos químicos, passemos agora para a discussão sobre os conceitos de NiC trabalhados. Nesta atividade, diferentemente da atividade 1 de Termoquímica, os alunos foram convidados a responder duas questões de caráter reflexivo. A primeira questão, a qual contemplava o aspecto 5 de NiC (Quadro 3), pedia que os alunos pensassem sobre como que o aparato experimental e o procedimento proposto influenciavam os resultados obtidos e que relacionassem suas reflexões com as atividades realizadas na última SEI.

Em estreita conexão com o primeiro questionamento sobre NiC, a segunda questão também se referiu aos procedimentos realizados, mas de uma maneira diferente: aqui os alunos foram convidados a refletir acerca de como realizar uma etapa específica do experimento caso tal etapa não estivesse descrita no roteiro. Assim sendo, os alunos tinham que entender qual era a finalidade de determinado procedimento para então propor um protocolo alternativo que satisfizesse as necessidades da experiência com igual efetividade. Tal pergunta se referiu aos aspectos 2, 5 e 6 constantes no Quadro 3.

5.7.6 Cinética Química 2

A primeira atividade investigativa da SEI de Cinética Química (Apêndice I) foi concebida como uma atividade com grau de liberdade intelectual 2. Os objetivos de aprendizagem elencados para esta atividade foram os seguintes:

- ✓ Conteúdos Químicos: Aplicar os conceitos de fatores cinéticos que alteram a velocidade de uma reação, executando procedimentos experimentais que permitam compará-los.
- ✓ Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Analisar a situação problema proposta, diferenciando os conceitos de dado, evidência e influência do contexto nas investigações científicas.

Essa atividade, voltada para trabalhar os importantes conceitos sobre a teoria de colisões e introduzir aos alunos noções de fatores que afetam a velocidade das reações químicas foi, talvez, a mais bela experiência concebida pelo grupo de trabalho. Nossa intenção foi propiciar aos alunos que eles não somente entendessem tais conceitos, mas também fossem capazes de relacionar tais conceitos com uma situação concreta e aplicassem tais conceitos para a resolução de um problema factual. Sendo uma atividade com grau de liberdade intelectual 2, o contexto do problema posto aos alunos se referia a uma empresa farmacêutica, a qual estava enfrentando problemas relacionados a venda e remessa de um antiácido o qual era vendido para o Brasil inteiro, na forma de pó e comprimido. O detalhamento experimental desta atividade era bastante simples, tendo como reagentes apenas antiácido e água, mas a história e a contextualização do problema transformaram completamente os rumos da atividade investigativa.

Os conteúdos químicos trabalhados nesta atividade, conforme comentado, foram elementos sobre a teoria de colisões e os fatores que afetam a velocidade das reações químicas. No caso do último, os fatores mais evidenciados nesta atividade foram a temperatura e superfície de contato, grandes protagonistas da problemática envolvida na investigação. Contudo, além destes fatores cinéticos, um outro fator bastante importante pairou sobre esta atividade: a *umidade* do ambiente. Tal fator era o elemento decisivo na diferenciação do porquê um certo padrão ocorria em uma dada região e um padrão ligeiramente diferente ocorria em uma outra região. Dessa maneira nossa atividade investigativa adquiriu um caráter amplamente interdisciplinar, sendo essencial aos alunos que refletissem e resgatassem conhecimentos vistos no

Ensino Médio sobre Geografia para que conseguirem discernir qual era o motivo exato para tais discrepâncias ocorrerem.

Passando agora para os conceitos de NiC trabalhados, seguindo a iniciativa da atividade 1 de Cinética, as questões de NiC propostas para esta atividade também possuíam um maior caráter reflexivo. A primeira questão, que tratou do aspecto 4 (Quadro 3) pedia aos alunos que verificassem e comentassem se faria alguma diferença na proposta resolutiva se, ao invés de apenas o grupo deles serem responsáveis pela elaboração integral, 5 grupos trabalhassem cada um com uma região do Brasil e então uma proposta resolutiva fosse produzida ao juntar as recomendações de cada um dos cinco grupos. A ideia dessa questão era justamente verificar se os alunos ainda possuíam uma noção ingênua, superficial sobre o impacto humano nas atividades científicas.

Em relação a segunda questão, os alunos tinham que analisar e refletir se um determinado conjunto de informações (reclamações de clientes) tinha sido útil e posteriormente comentar se tais informações seriam dados científicos, evidências científicas ou nenhum dos dois. Tal questão teve o intuito essencial de levar os alunos a refletirem se um conjunto de informações, ao possuir uma formatação diferente, deixaria ou não de ser considerado dado ou evidência científica.

5.7.7 Cinética Química 3

A última atividade experimental da SEI de Cinética Química (Apêndice J) foi uma atividade investigativa com grau de liberdade intelectual 3. Os objetivos de aprendizagem envolvidos nessa atividade foram os seguintes:

- ✓ Conteúdos Químicos: Avaliar qual substância é mais adequada para aumentar a velocidade de decomposição da água oxigenada, checando os diferentes catalisadores, por meio de dados teóricos e experimentais.
- ✓ Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Avaliar as inter-relações entre investigação científica, procedimentos investigativos e problema de pesquisa, criticando as diferentes propostas de procedimentos investigativos sugeridas.

Assim como em Termoquímica 3, esta atividade investigativa foi desenhada como um problema aberto, ao qual poucas informações foram providas aos alunos com exceção do contexto e do problema a ser resolvido. A catálise, que por si só

demanda cursos e livros inteiro dedicados ao tema, é trabalhada de maneira bastante introdutória nesta disciplina. Contudo queríamos permitir aos alunos que eles entendessem os fundamentos dos processos catalíticos e como os mais diversos tipos de catalisador afetam drasticamente a velocidade da reação catalisada.

Assim sendo, o conceito de catálise foi o pilar central dessa atividade, o qual foi por sua vez foi trabalhado principalmente em duas perspectivas: tipo de catalisador; magnitude do efeito catalítico, o qual era medido em termos do tempo para consumir uma quantidade do substrato. Ao contrário de outras atividades em que os alunos podiam propor reagentes, decidimos por fornecer um rol de reagentes possíveis por questões práticas e de segurança (haja vista que há uma diversidade enorme de reagentes que atuam como catalisadores, muitos dos quais são perigosos) como também em parte ser um esforço para evitar que os alunos entrassem em um processo mecânico (tentativa-e-erro) para solucionar o problema. Além dessa medida, também limitamos que cada grupo propusesse apenas duas tentativas para resolver o problema, apesar de fornecermos 7 substâncias para realizar a catálise (das quais algumas não eram catalisadores); tal condicionante também foi impetrado com a finalidade de obrigar os alunos a fazerem suas escolhas de maneira pensada e fundamentada. Assim como nas atividades antecedentes, os alunos tiveram acesso a diversos livros, bem como podiam também acessar a *internet* para fazer a pesquisa de informações para a investigação.

No tocante aos aspectos de NiC (Quadro 3), a ideia de trabalhar com questões mais reflexivas permaneceu, acompanhando as atividades anteriores desta SEI. A primeira questão, que visava o aspecto 1, pedia para os alunos descreverem como foi o processo investigativo realizado pelo grupo, e que eles enfatizassem qual tinha sido o ponto de partida para a investigação realizada por eles. A questão 2, por sua vez, trabalhou os aspectos 2 e 3. De maneira similar à pergunta realizada em Termoquímica 2, os grupos eram solicitados a discutir de que maneira o problema proposto influenciou na tomada de decisões deles, e então que eles comparassem com o grupo mais próximo em que seus procedimentos eram similares e discutissem as diferenças notadas.

5.7.8 Eletroquímica 1

A primeira atividade experimental da terceira e última SEI do nosso *design* (Apêndice L) foi uma atividade não-investigativa com grau de liberdade intelectual 1. Os objetivos de aprendizagem envolvidos nessa atividade foram os seguintes:

- ✓ Conteúdos Químicos: Aplicar os conceitos de célula eletroquímica, eletrodo, eletrólito, potencial padrão de redução, cátodo, ânodo e equação de oxirredução, implementando em dados obtidos em um experimento de construção de uma pilha de Volta.
- ✓ Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Analisar as potencialidades do ensino por investigação, diferenciando da proposta do ensino experimental tradicional. Avaliar uma proposição teórica, criticando suas fragilidades e potencialidades.

Tal como nos primeiros experimentos de cada SEI anterior, esta atividade experimental teve o intuito de introduzir os alunos a diversos conteúdos químicos importantes, tanto em termos de compromissos curriculares com a disciplina como também para pavimentar o caminho para as duas atividades investigativas subsequentes. Sendo uma atividade não-experimental, os alunos possuíam no roteiro experimental diversas informações teóricas e os procedimentos experimentais para realizar a atividade.

Os conteúdos químicos abordados nesta atividade foram aqueles referentes a nomenclatura de componentes de sistemas eletroquímicos, conceitos básicos sobre sistemas eletroquímicos e conceitos essenciais de eletroquímica (e.g. potencial padrão redox). Para tal efeito, os alunos tinham dois experimentos de rápida e simples montagem para trabalhar: um experimento para comparar o que acontecia quando um pedaço de metal é mergulhado em uma solução de cátion metálico mais nobre/menos nobre do que o metal submerso; e um experimento em que uma pilha voltaica é construída e posta em funcionamento (sinalizado por uma lâmpada ligada em série com a pilha) com a subsequente medição de sua ddp. Como é perceptível, apesar do arranjo experimental bastante simples, a etapa de Eletroquímica 1 é extremamente densa em termos de conteúdos químicos, muito mais do que qualquer uma das outras duas atividades iniciais anteriores. Em razão disso, um colóquio significativamente maior foi executado antes da atividade com o fim de fornecer aos alunos os subsídios teóricos necessários.

Em relação aos aspectos de NiC (Quadro 3), visando manter uma crescente em relação ao nível de complexidade e sofisticação das questões, as questões desenhadas para esta atividade tinham como principal intento exigir que os alunos expusessem seus aprendizados sobre NiC ao longo das duas SEIs anteriores. A primeira questão, a qual contemplou os aspectos 1 e 3, partia da afirmação de que esta atividade, assim como as outras atividades iniciais de cada SEI, não era investigativa. Com base nisso, os alunos eram solicitados a apresentar quais fatores diferenciavam tais atividades das atividades investigativas que haviam sido realizadas até então.

A segunda questão de NiC visou trabalhar o aspecto 2 de maneira incisiva. Ao se depararem com uma afirmação contundente de um grupo de alunos sobre a existência de “um método científico”, os alunos, com base nos aspectos de NiC trabalhados e vistos nas SEIs antecedentes, foram solicitados a refutar com argumentos tal afirmação.

5.7.9 Eletroquímica 2

A primeira atividade investigativa da SEI de Eletroquímica (Apêndice M) foi concebida como uma atividade com grau de liberdade intelectual 2. Os objetivos de aprendizagem elencados para esta atividade foram os seguintes:

- ✓ Conteúdos Químicos: Compreender os princípios teóricos e experimentais da eletrólise.
- ✓ Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Aplicar os conceitos de dado e evidência científica na interpretação de contextos problemáticos. Relacionar dados científicos com as conclusões obtidas, argumentando sobre como a articulação dos dados junto de outros elementos implica nas conclusões de uma investigação.

Uma vez colocados e trabalhados diversos conceitos importantes de eletroquímica na atividade experimental antecedente, nesta atividade investigativa trabalhamos com um dos processos mais importantes dos sistemas eletroquímicos: a eletrólise. Para problematizar este processo, o grupo de trabalho se inspirou em uma obra literária fictícia, a qual possuía diversos elementos propícios para adaptá-la à uma situação pedagógica de ensino. No caso nos inspiramos em um dos contos de Sherlock Holmes (o conto, o qual foi traduzido e adaptado para nossos fins é fornecido

no Apêndice N) o qual conta a história da misteriosa fuga de um prisioneiro, o qual deixa poucas pistas para entender como ele fugiu, mas uma delas era bastante impactante: uma das grossas barras de ferro da janela de sua cela haviam sido rompida por completo.

O aspecto mais interessante dessa nossa proposta talvez tenha sido a vidraria inédita que foi desenhada e produzida com o fim de mimetizar a janela com barras de ferro do prisioneiro. Trazemos na Figura 11 uma foto da vidraria que foi produzida e fornecida aos grupos para a realização desta atividade investigativa:

Figura 11: Vidraria produzida para simulação do contexto observado na janela da cela. As barras de ferro foram simuladas com fios de ferro (não presentes na foto).



Fonte: Elaboração própria.

O problema proposto aos alunos era exatamente o mesmo que Sherlock e seu companheiro Watson tiveram que resolver: como o prisioneiro fugiu da cela? Para solucionar este problema, foi fornecido aos alunos história (propositalmente adaptada para omitir os processos dedutivos e a solução de Sherlock para o problema), os “reagentes e equipamentos” disponibilizados ao prisioneiro e os livros didáticos trazidos ao laboratório. Optamos por não permitir aos alunos que acessassem a *internet* para a busca de informações pois, por ser uma obra literária conhecida e disponível *online*, algum grupo poderia simplesmente procurar pelo conto e assim achar uma “resposta” pronta para o problema.

A eletrólise é um conteúdo de essencial entendimento pois não somente se trata de um dos processos eletroquímicos básicos mais importantes, mas também por ser o processo inverso da pilha voltaica (que é um sistema galvânico), estudada na atividade anterior. A nossa ideia era que os alunos fossem capazes de diferenciar processos eletroquímicos espontâneos (como o caso da pilha de Volta) de um processo forçado (a corrosão acelerada de uma barra de ferro por meio da aplicação de uma ddp externa), além de reforçar a importância e função dos mais diversos componentes físicos de sistemas eletroquímicos, bem como os conceitos teóricos que fundamentam sistemas eletroquímicos.

Comentando agora brevemente sobre os conceitos de NiC trabalhados (Quadro 3), a primeira questão proposta aos alunos se referiu aos aspectos 6, 7 e 8. Seguindo o mesmo caráter pouco direcionador e mais inquisitivo das questões vinculadas à atividade anterior, esta questão solicitava que os alunos explicassem como as informações contidas na estória de Sherlock Holmes tinha sido utilizada por eles para explicar como a barra de ferro havia sido rompida. A segunda questão, a qual se referia apenas ao aspecto 7, pedia para que os alunos argumentassem se as informações e inferências postas por Holmes podiam ser entendidas como sendo dados ou evidências científicas.

5.7.10 Eletroquímica 3

A última atividade experimental da SEI de Eletroquímica (Apêndice O) e que encerrou o ciclo de atividades experimentais que propusemos em nosso *design* foi uma atividade investigativa com grau de liberdade intelectual 3. Os objetivos de aprendizagem envolvidos nessa atividade foram os seguintes:

- ✓ Conteúdos Químicos: Compreender os fundamentos e funcionamento de um sistema de eletrodeposição. Entender os fundamentos da corrosão e galvanoplastia.
- ✓ Conceitos de Natureza da Investigação Científica: A Analisar como os procedimentos realizados em uma investigação afetam os resultados. Classificar procedimentos experimentais de acordo com sua eficiência.

Em um intuito de proporcionar aos alunos um *fechamento* dos estudos e conteúdos trabalhados na SEI de Eletroquímica, a última atividade teve o ousado intento de trabalhar, em uma perspectiva bastante simplificada, os conteúdos de

eletrodeposição, corrosão e galvanoplastia. Tais temas tranquilamente abarcariam um curso inteiro especificamente dedicados para cada um deles, porém nossa ideia não era que os alunos entendessem profundamente tais conteúdos. A ideia principal era que eles fossem capazes de alinhar os conteúdos trabalhados nas atividades experimentais antecedentes e, sobretudo, resgatassem o conceito de potencial padrão redox, pois tal conceito era o ponto fulcral.

Contudo, para fazer esse movimento ousado, precisamos fazer algumas mudanças que, de certa maneira, tornaram a atividade investigativa completamente única em relação às demais. Em nossas reuniões do grupo de trabalho, depois de bastante debate, chegamos a uma dura conclusão sobre os procedimentos experimentais da eletroquímica: eles são muito detalhados e muito inclinados a falhar em razão dos mesmos detalhes. Uma conexão malfeita, um reagente não adicionado ou adicionado em excesso, uma infinidade de variáveis pode fazer um sistema eletroquímico não funcionar ou não funcionar adequadamente. Com base nisso, concluímos que, assim como na atividade anterior, nós precisaríamos fornecer aos alunos os procedimentos e materiais para a investigação. Mas como fazer isso de maneira investigativa e, sobretudo, respeitando os nossos próprios padrões estipulados no Quadro 2?

Para responder essa pergunta, uma extensa busca na literatura foi realizada com o fim de pesquisar por sistemas de eletrodeposição que fossem possíveis de serem montados com os nossos recursos, como também que tais sistemas fossem adequados para o manejo e montagem pelos alunos. Ao mesmo tempo, em paralelo, fizemos uma busca por quais metais poderíamos trabalhar com os alunos; existe uma grande diversidade de metais que são industrialmente utilizados para revestimento, contudo ocorrem dois fatores cruciais que impedem o uso de vários deles: o seu *valor*, e sua toxicidade. O primeiro fator foi bastante simples de contornar, uma vez que metais de valor agregado maior não costumam ser utilizados para revestimento de ferramentas ou equipamentos típicos. O segundo fator, em verdade, agregou para a nossa solução da pergunta posta no parágrafo anterior: será que os alunos teriam a capacidade de entender que certos metais, apesar estarem “disponíveis”, não poderiam ser utilizados por conta de sua toxicidade?

Sendo assim, o problema proposto foi, em verdade, uma continuidade da atividade anterior: os alunos deviam propor e justificar qual tipo de revestimento

metálico deveria ser empregado para proteger as barras de ferro da cela contra a corrosão forçada que o prisioneiro havia realizado. Novamente, com o intuito de evitar que os alunos se dedicassem à um processo mecânico de resolução, propusemos um total de sete sais metálicos para eles escolherem, dos quais apenas cinco poderiam ser de fato escolhidos pois os outros dois apresentam elevada toxidez. Para cada um dos sais (excetuando os dois tóxicos) produzimos um protocolo experimental específico (todos os protocolos se encontram no Apêndice P), o qual somente era liberado para um grupo após os integrantes fornecerem uma sustentação falada e escrita do porquê estavam escolhendo determinado metal para recobrir a peça metálica fornecida.

Comentados os alicerces desta atividade, passamos para a discussão dos conteúdos químicos abordados. Conforme posto no início desta seção, os conteúdos abordados nesta atividade foram: fundamentos da eletrodeposição; fundamentos sobre corrosão e fundamentos da galvanoplastia. Todos estes temas, apesar de largamente complexos e amplos, apenas deveriam ser entendidos de maneira qualitativa, conforme posto detalhadamente no Quadro 9 desta tese. Além disso, o conceito fulcral de potencial padrão redox, além de ser um elemento persistente nas discussões de todos os temas envolvidos em todas as atividades de eletroquímica da SEI, é também o ponto nevrálgico desta investigação. Ao comparar os diversos valores dos potenciais para cada um dos cátions metálicos com o potencial do elemento agressor, apenas um dos cinco fornecidos cumpria com todos os requisitos para o revestimento da barra de ferro.

Passando agora para o desfecho dessa atividade investigativa, comentamos sobre os conceitos de NiC abordados. A primeira questão, a qual contemplou os aspectos 4 e 5 (Quadro 3) pedia que os alunos tentassem descrever todos os percursos percorridos por eles na escolha de qual cátion metálico seria o mais adequado para o revestimento da barra de ferro. Em seguida, foi solicitado que eles comentassem se, caso escolhessem outro metal, o resultado do teste poderia ser diferente. Essa questão teve como intuito principal verificar se os alunos haviam entendido o que é relevante ou não no processo investigativo e se eles eram capazes de argumentar e defender suas escolhas de maneira fundamentada.

A questão 2, que também contempla o aspecto 4, foi uma questão contextualizada que intentou verificar se os alunos conseguiam utilizar todos os

conhecimentos trabalhados na atividade investigativa para responder um questionamento paralelo. Apesar da questão não se referir diretamente ao problema proposto, ela é indiretamente relacionada a todos os conteúdos químicos trabalhados na atividade experimental.

5.8 Instrumentos para coleta de dados

5.8.1 Grupos Focais

Conforme descrito por Barbour (2009), um grupo focal é uma discussão em grupo na qual as interações são facilitadas e encorajadas pelo pesquisador. A autora enfatiza a importância de o pesquisador tomar precauções ao conduzir um grupo focal, sempre mantendo os objetivos da pesquisa em mente e fazendo uma seleção cuidadosa dos participantes. Além disso, Barbour (2009) sugere que certos elementos são essenciais para a realização eficaz de um grupo focal:

- ✓ Desenvolvimento de um roteiro para guiar a discussão;
- ✓ Escolha de materiais que promovam a interação entre os participantes;
- ✓ Definição da composição do grupo;
- ✓ Assegurar que os participantes interajam entre si, não apenas com o pesquisador.

Segundo a autora, quando aplicado corretamente, o grupo focal tem a capacidade de explorar fenômenos de forma detalhada, capturando informações que podem não ser acessíveis por outros métodos de pesquisa. No contexto da pesquisa qualitativa, o grupo focal busca capturar conceitos, sentimentos, atitudes, crenças, valores, experiências, reações e mudanças através das interações entre os participantes.

Devido à sua capacidade de obter informações que são difíceis de acessar por outros meios, o grupo focal se mostrou uma ferramenta interessante para investigar o impacto do nosso *design* no desenvolvimento dos grupos. O roteiro elaborado para conduzir os grupos focais pode ser encontrado no apêndice Q.

As questões do grupo focal foram desenhadas de maneira a contemplar dois aspectos distintos trabalhados em nosso *design*, a saber:

- Natureza da Investigação Científica (NiC);

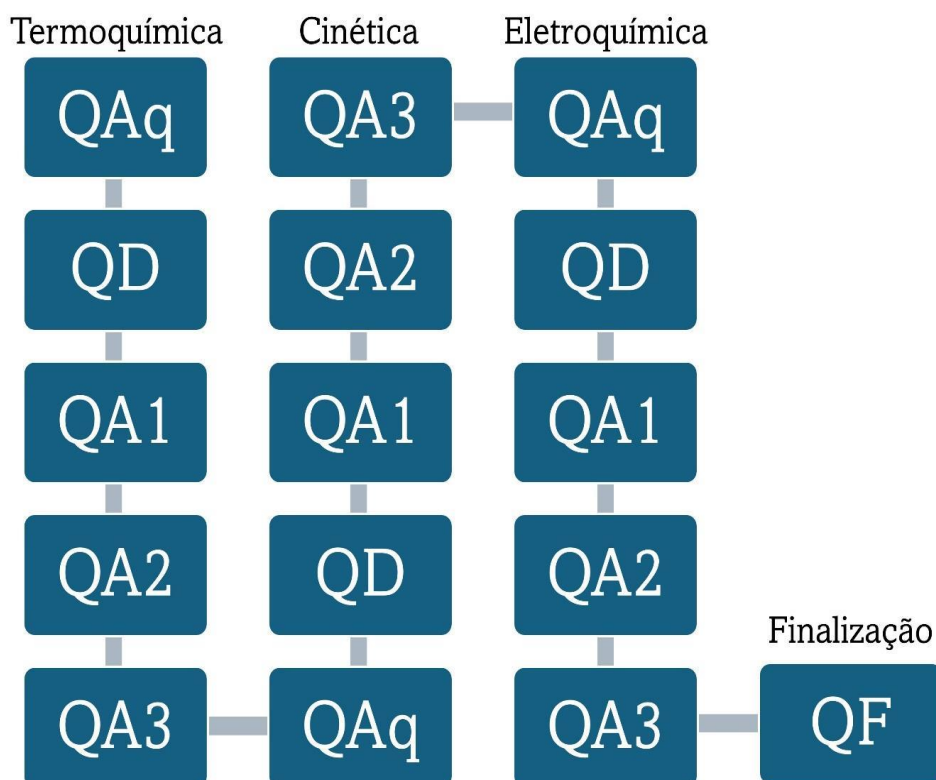
➤ Afastamento da Experiência Comum/Aproximação da Experiência Científica.

As questões formuladas para o grupo focal visaram abordar detalhadamente o impacto do *design* sobre ambos os pilares supracitados. Cada pergunta foi cuidadosamente elaborada para explorar de que forma esses aspectos foram afetados ao longo da implementação do *design*, considerando tanto o panorama quanto as nuances de cada etapa específica. O objetivo foi obter uma compreensão abrangente das mudanças ocorridas, permitindo uma análise profunda e significativa dos resultados da implementação do *design*.

Apesar disso, é importante notar que as questões foram formuladas de maneira mais aberta e abrangente, permitindo que os participantes tivessem liberdade para expressar suas experiências e percepções de forma mais ampla. As questões foram também elaboradas com a intenção de serem repetidas para cada um dos conteúdos químicos abordados ao longo da implementação do *design*, garantindo uma análise consistente e comparativa das diferentes dimensões envolvidas. O nosso intuito com essa reiteração foi de possibilitar uma compreensão mais completa e aprofundada das nuances e complexidades do impacto do *design* nas necessidades, características, expectativas e contextos dos participantes, sobretudo das possíveis variações e mudanças de entendimentos sobre os aspectos de NiC e a relação entre Experiência Comum *versus* Experiência Científica entre SEIs.

De acordo com o Apêndice E, nós tínhamos 5 questões que foram reiteradas 3 vezes (uma para cada SEI): uma questão de aquecimento (QAq), uma questão desencadeadora (QD) e três questões de aprofundamento (QA). Ao fim dos ciclos de perguntas, havia uma última questão de finalização. Dessa forma, a estrutura do grupo focal foi a apresentada na Figura 12.

Figura 12: Esquema representativo do sequenciamento das perguntas realizadas nos grupos focais.



Fonte: Elaboração Própria.

Comentando agora brevemente sobre cada uma das perguntas (as quais podem ser encontradas no Apêndice E), a questão de aquecimento (QAq) solicitava aos participantes que refletissem sobre suas respostas anteriores em relação aos conceitos de NiC já anteriormente discutidos nos refletidos dentro do contexto da SEI enfocada. A questão também solicitava que considerassem se suas opiniões haviam mudado desde então.

A questão desencadeadora (QD) solicitava aos participantes para procurarem relembrar e repensar se, em algum momento das práticas 2 e 3, eles tiveram reflexões ou *insights* sobre como tais práticas os ajudaram a entender como os cientistas trabalham.

A questão de aprofundamento 1 (QA1) solicitava aos alunos para que eles procurassem resgatar o máximo de lembranças possíveis sobre o processo de resolução dos problemas propostos nas práticas 2 e 3. Após o resgate, foi perguntado em seguida qual foram os princípios fundantes de tais processos de resolução dos problemas.

Na questão de aprofundamento 2 (QA2), os participantes foram convidados a identificar os aspectos das atividades investigativas que consideram mais importantes dentro do contexto específico da SEI em discussão. Essa questão especificamente se refere apenas aos conceitos bachelardianos trabalhados em nosso *design* e, portanto, ficou de fora da nossa análise de NiC dos grupos focais.

A questão de aprofundamento 3 (QA3) é uma questão geral para verificar se teria algo que os participantes do grupo focal gostariam de comentar que excede os tópicos contemplados nas questões antecedentes ou qualquer tipo de comentário acerca da SEI trabalhada. É importante frisar que esta questão não tratava de algum tipo de fechamento; tal responsabilidade era da questão de finalização (QF), feita apenas ao final do grupo focal. Na QF, os sujeitos tinham a liberdade de tecer quaisquer comentários sobre as SEIs e o *design* como um todo.

5.8.2 Questionários

Malheiros (2011) coloca alguns aspectos sobre a elaboração e o emprego de questionários na coleta de dados em pesquisas. O autor descreve que, *a priori*, o questionário deve ser atrativo visualmente, de maneira a provocar o respondente; curto, para que não se torne oneroso ou cansativo para o sujeito; simples, para contornar a possível “pressa” da pessoa em chegar ao final do questionário, o que prejudicaria suas respostas caso o questionário fosse de difícil preenchimento. Ainda é destacada a importância da confecção e escolha das perguntas para o questionário. Segundo o autor, as questões não podem aparentar uma disposição aleatória; um encadeamento lógico e progressivo entre as questões é desejado, pois:

Se o questionário é desenhado em uma ordem crescente de assuntos (do mais simples ao mais complexo, por exemplo) e leva aquele que responde a perceber uma lógica, a chance de que a pessoa responda o instrumento por completo é bem maior (Malheiros, 2011, p.143).

Em uma síntese sobre a forma das perguntas, Malheiros (2011) propõe uma lista a ser considerada em sua confecção, a saber:

- ✓ **Linguagem:** deve se pautar por um vocabulário adequado e respeitoso;
- ✓ **Clareza:** as questões devem ser objetivas e diretas;
- ✓ **Momento Adequado:** o momento não deve favorecer manifestações que não sejam verdadeiras;
- ✓ **Indução de respostas:** o questionário não pode induzir as respostas.

Nesta pesquisa de doutorado fizemos uso extensivo de questionários, pois eles possibilitam uma maneira sistemática, eficaz e rápida tanto de obtenção quanto de análise de dados.

5.9 *Análise de Conteúdo*

O analisar de textos, a operacionalização da leitura segundo critérios técnicos já possui certo tempo de vida – desde o século XX pelo menos, e em tempos ainda mais longínquos já era bem estabelecida a *hermenêutica* (Bardin, 1977), palavra oriunda do grego *hermeneuein* que, por sua vez, está associada ao deus grego Hermes. Hermes é um deus associado a diversos atributos, dos quais focamos em seu papel como *mensageiro* dos deuses, ou ainda *intérprete* dos deuses. A hermenêutica se trataria, assim, inicialmente, de uma *arte de interpretar mensagens divinas*, tal como a Bíblia Sagrada, e mais adiante começou também a ser aplicada na interpretação de leis – dita hermenêutica jurídica – ou ainda de textos filosóficos. Contemporaneamente, a ideia que se tem sobre a hermenêutica é ser uma *arte ou técnica de interpretar e explicar um texto ou discurso* (Houaiss; Villar e Franco, 2001).

No entanto, Bardin (1977) questiona: o que é passível de interpretação? O que seria interpretar? Pode uma observação cuidada, ou uma intuição ser considerada um bom artifício interpretativo? Pode a *exegese*⁴⁷ de um certo vocábulo da Bíblia Sagrada ser considerada um procedimento analítico e técnico *per se*? É melhor partirmos de ideias basilares para, então, construirmos a intencionalidade da autora quando da proposição da consagrada Análise de Conteúdo, ou AC.

A AC, ao longo do século passado, transitou por diversas definições, as quais procuravam satisfazer os seus empregos à época. Contudo, optamos por dispensar tal discussão para dar mais espaço a ideia de Laurence Bardin, autora do livro sob o qual esta pesquisa e infinitas outras se debruçam. Bardin diz que a metodologia da AC corresponde aos seguintes objetivos (1977, p. 29):

- *A ultrapassagem da incerteza*, que trata, em síntese, da validade e generalidade de uma leitura pautada na metodologia;
- *O enriquecimento da leitura*, pois partindo da ideia de que se em uma leitura espontânea e típica já é possível obter, apesar de não haver uma garantia,

⁴⁷ Comentário com o intuito de esclarecer ou interpretar minuciosamente um texto ou palavra.

uma *fecundidade*, não poderia uma *leitura atenta* conceber ainda maior produtividade ou pertinência?

Dito isto, passemos para o conjunto de definições *parciais*, que podemos pensar como sendo *específicas* da metodologia. Com respeito ao *campo*, Bardin (1977, p. 31) coloca:

A análise de conteúdo é um *conjunto* de *técnicas* de *análises das comunicações*. Não se trata de um instrumento, mas de um leque de apetrechos; ou, com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações (grifos da autora).

O interessante dessa primeira incursão da autora é a sua delimitação bastante ampla sobre o campo de atuação, estendendo a aplicação da AC para qualquer comunicação, ou seja, qualquer transporte de significações de um emissor para um receptor, se escrito ou transcrito, é decifrável por intermédio da AC (Bardin, 1977).

Com respeito a *descrição analítica*, Bardin (1977, p. 34) coloca que a AC funciona segundo procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdos, tratando-se “portanto de um tratamento da informação contida nas mensagens”. Tal procedimento de análise pode ser realizada tanto para o entendimento dos *significados* (chamada de *análise temática*) como o entendimento dos *significantes* (chamada de *análise léxica*). No ponto seguinte temos talvez a propriedade talvez mais significativa da AC: a *inferência*. Para a autora, a finalidade implícita ou explícita de qualquer AC seria (Bardin, 1977, p. 38–39):

A inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou, eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não) (...) Se a descrição (a enumeração das características do texto, resumida após tratamento) é a primeira etapa necessária e se a interpretação (a significação concedida a estas características) é a última fase, a inferência é o procedimento intermediário, que vem permitir a passagem, explícita e controlada, de uma à outra (grifos da autora).

A inferência, por sua peculiaridade, não receberá uma colocação inicial aqui; decidimos dedicar uma seção específica desta parte do texto para comentar e explicar os procedimentos inferenciais. Em posse destas colocações específicas, Bardin propõe, então, uma primeira definição para a metodologia (1977, p. 42):

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Assim, torna-se da alçada da metodologia todos os procedimentos que consistam na explicitação e sistematização do conteúdo das mensagens seguido da expressão de tais conteúdos, dotado de índices que podem ser quantificados ou não, a partir de um conjunto de técnicas parciais, porém complementares entre si. O analista tem a sua disposição ou ele pode conceber uma gama de operações analíticas, podendo utilizar apenas uma ou várias delas, as quais são adaptadas na medida da necessidade que o material a ser analisado enseja, produzindo então uma interpretação final fundamentada (Bardin, 1977).

5.9.1 O método e seus componentes: a pré-análise

Conforme posto na seção anterior, a AC é dotada de uma série de artifícios e protocolos de análise que podem ou não ser utilizados para uma determinada tarefa – o que determinará isto é a resultante da intencionalidade do analista somada com as necessidades do *corpus* a ser estudado. Ao longo desta seção discutimos quais são tais artifícios e protocolos de análise. Segundo Bardin (1977), a AC decorre em três momentos distintos e necessariamente consecutivos: a *pré-análise*; a *exploração do material*; o *tratamento dos resultados*, a *inferência* e a *interpretação*. O primeiro deles é razoavelmente intuitivo e não enseja maiores extensões, porém o descrevemos como segue.

A *pré-análise*, como o nome implica, é o primeiro momento e antecede os procedimentos analíticos propriamente ditos. Tal momento é marcado por um processo composicional e organizacional (do *corpus*), mas também de sistematização e operacionalização das etapas consequentes. É nessa ocasião também que o analista tem a oportunidade de propor as intuições iniciais, como também estabelecer a hipótese básica de trabalho e o que se pretende com a análise, ou seja, os objetivos analíticos.

O movimento que costuma por vezes ser o ponto de partida de toda AC e, portanto, de uma *pré-análise*, trata-se da realização do que se chama *leitura flutuante*. Tal procedimento é, *grosso modo*, uma leitura comum, não técnica, dos documentos separados para análise, com o fim de ter um primeiro contato com os possíveis elementos do *corpus* e ser invadido de ideias e impressões no processo (Bardin, 1977). Tal leitura, porém, não tarda em começar um movimento mais analítico – ainda que não tenha tal intenção – pois, conforme o analista vai estabelecendo alicerces nos

textos, *ideias emergentes*, a projeção de compreensões e intuições sobre possíveis técnicas de análise a serem aplicadas, afluem da *leitura flutuante*.

Em seguida, temos uma segunda etapa pré-analítica, chamada de *escolha dos documentos* ou ainda *composição do corpus* de análise. Para tal processo, Bardin (1977) elenca duas rotinas possíveis:

- *A determinação a priori*. Essa rotina ocorre quando o *corpus* já é definido previamente para o analista. Isto ocorre geralmente, por exemplo, na ocasião de uma pesquisa encomendada por outrem, ou também quando temos um conjunto de textos bem estabelecido e já reconhecido por seu responsável (o qual pode ser o próprio analista), porém o mesmo conjunto ainda não passou pelo crivo analítico da AC;
- *Conveniência ao objetivo proposto*. Aqui temos a rotina quiçá mais comum na seara acadêmica, a qual procede do estabelecimento prévio de objetivos iniciais, seguido da inspeção e estudo dos documentos disponíveis de maneira que sejam selecionados aqueles capazes de contemplar o que se deseja saber acerca do problema levantado.

Passado isto, Bardin (1977) coloca que muitas vezes se requer que seja realizada a constituição de um *corpus* de análise. O *corpus* nada mais é do que o conjunto de documentos elencados para serem analisados ao longo da AC, e sua constituição é norteadas por um conjunto de regras que garantem a sua capacidade de fomentar os objetivos analíticos. As regras são as que seguem.

A exaustividade do corpus. Uma vez estabelecida uma intencionalidade analítica e a abrangência do *corpus*, é indispensável que ele atenda a todos os elementos a serem analisados, de maneira que nenhum elemento deixe de ser contemplado salvo a ocasião de justificativa rigorosa para tal.

A representatividade do corpus. Como já se conhece da estatística, o *corpus* é, de certa forma, uma amostra – com a boa *amostra* sendo aquela representativa do *todo* - tal propriedade permite que uma generalização das características da amostra seja estendida ao universo em estudo. Diferentes universos requerem diferentes amostras, e conjuntos de dados heterogêneos costumam requerer amostras maiores quando comparados com conjuntos homogêneos (Bardin, 1977).

A homogeneidade do corpus. Os documentos elencados para a composição do *corpus* devem fazê-lo por motivação de caráter *homogêneo*. Isto é, todo documento presente em um *corpus* o faz por motivos mais ou menos parecidos que os demais. Nenhum documento deve possuir caráter singular ou necessidade pontual.

A pertinência do corpus. Similarmente à regra anterior, se todos os documentos pertencentes ao *corpus* o fazem por motivo mais ou menos similar, todos os documentos também devem ser amplamente adequados e diretamente vinculados ao(s) objetivo(s) de análise.

Feito esse comentário inicial acerca do *corpus*, passamos para a próxima etapa, que trata da formulação das *hipóteses* e *objetivos* da análise. Uma hipótese se trata de uma colocação inicial, provisória, a qual intentamos verificar se é legítima ou não. A única maneira de remover uma hipótese de seu lugar, ou seja, de tirá-la como norte da pesquisa, é a sua submissão ao crivo de dados analisados os quais lhe legitimem ou falseiem. Um objetivo (ou objetivos) de uma pesquisa, segundo Bardin (1977, p. 98), seria “a finalidade geral a que nos propomos (ou que é fornecida por uma instância exterior), o quadro teórico e/ou pragmático, no qual os resultados obtidos serão utilizados”.

O levantar de uma hipótese de trabalho não é trabalho simplório nem imediato. Uma hipótese sempre segue de uma colocação *apriorística* do fato em estudo, tal colocação sendo condicionada ao conhecimento que o pesquisador possui, bem como também é direcionada por sua intencionalidade. Em razão disso, Bardin (1977) comenta sobre a possibilidade de pesquisas também poderem ser realizadas “às cegas”, sem uma hipótese inicial, sem ideias pré-concebidas. O material irá “falar” por si só, por intermédio da união de procedimentos sistemáticos de análise.

5.9.2 O método e seus componentes: a exploração do material

Se as diferentes operações da pré-análise foram convenientemente concluídas, a fase de análise propriamente dita não é mais do que a administração sistemática das decisões tomadas (Bardin, 1977, p. 101).

Conforme a elegante síntese da autora, explorar o material deve ser consequência direta da pré-análise; a partir da exploração, devemos ser capazes de retomar, em qualquer momento, as hipóteses e objetivos da pesquisa, bem como o caminho reverso. Assim como o procedimento antecedente, a exploração do material

se dá em etapas muito bem definidas e sequenciais, cujos nomes são bastante famosos: a *codificação*, a *categorização* e a *inferência*.

5.9.3 A codificação

A primeira etapa da exploração é introduzida por Bardin (1977, p. 103, grifos da autora) da seguinte maneira:

Tratar o material é codificá-lo. A *codificação* corresponde a uma transformação – efetuada segundo regras precisas – dos dados brutos do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo, ou de sua expressão, suscetível de esclarecer o analista acerca das características do texto.

A etapa inicial, codificar o texto é, essencialmente, tratar o nosso substrato *bruto*, de maneira a agrupar e enumerar blocos do texto com seus semelhantes. Os tais *blocos* são chamados por Bardin (1977) como *unidades de registro* (ou ainda, *unidades de significado*). São tais unidades que irão nos indicar se determinado segmento do texto é de nosso interesse, e se for, em qual grupo o respectivo segmento será alocado. Tal como um minerador, ao garimpar uma rocha desconhecida, agrupa os fragmentos e pedregulhos similares entre si por meio por exemplo, da coloração (e.g. pedras marrons, vermelhas, azuis, verdes etc.), o analista também agrupa as *unidades de registro* de um texto por um critério de semelhança – o qual infelizmente não é tão instantâneo aos olhos como as cores – para sua posterior análise. Observe que a codificação não é uma etapa analítica; é um processo de organização, de reordenação dos elementos do *corpus* de análise.

Para realizar tal procedimento de análise, precisamos inicialmente estabelecer um *critério de escolha e agregação*, um paradigma para as *unidades de registro*. Tal como o minerador poderia escolher organizar os fragmentos garimpados da rocha em termos de tamanho, cor, como muitos outros, o analista do *corpus* pode estabelecer critérios *semânticos* (ou temáticos) ou critérios *linguísticos* (e.g. frases, palavras) para distinguir as *unidades de registro*. Bardin (1977) enumera algumas das unidades de registro mais comuns, as quais nos debruçamos em algumas, a saber:

1. A palavra;
2. O tema;
3. A unidade de contexto.

A *palavra* se trata talvez do critério mais elementar e direto para as *unidades de registro*. Podemos pensar, por exemplo, em *palavra-chave* ou *palavras-chave* que, em princípio, deveriam, no leque de sentidos que uma frase pode ter, possibilitar a delimitação do sentido das frases ou até parágrafos que possuam tal(is) palavra(s). Ainda, podemos estabelecer categorias de palavras como critério: substantivos, adjetivos, verbos, advérbios, os quais podem ser úteis em análises quantitativas.

O *tema*, ou *análise temática*, busca a descoberta de “núcleos de sentido” (Bardin, 1977, p. 105) que embasam a comunicação e cuja frequência pode ter um significado correspondente aos objetivos de análise. Dessa maneira, frequentemente esse critério é utilizado para entender e estudar crenças, opiniões, atitudes, tendências etc. Ou seja, a análise temática é uma ferramenta bastante poderosa para a *análise* das comunicações de massa, de grupos de discussão, inquéritos individuais ou coletivos, dentre outros.

Por fim, temos a *unidade de contexto*. A maneira com que a autora explica esse critério é um tanto quanto confusa, mas a ideia desse tipo de *unidade de registro* seria a de fornecer um arcabouço maior para uma *unidade de registro*. Por exemplo, às vezes, uma unidade de registro normal (e.g. uma palavra-chave, um núcleo de sentido) por si só pode falhar em captar o sentido, o significado da mensagem. É necessário que um segmento maior da mensagem seja levado em consideração, o *contexto* da mensagem tem relevância. Assim, a *unidade de contexto* pode ser, por exemplo, a *frase* que comporta uma *palavra-chave*, ou um *parágrafo temático*. Unidades de contexto são especialmente úteis quando o *corpus* possui palavras cujo verdadeiro sentido por si só é difícil de discernir. Bardin (1977) dá como exemplo, no contexto de uma mensagem política, as palavras *sociedade*, *ordem*, *progresso* etc. As unidades de contexto têm como critérios dimensionais elencados por Bardin (1977) o *custo* e a *pertinência*. O *custo* se refere ao trabalho envolvido na delimitação de uma unidade de contexto; se esta for demasiada grande (ou pequena), ela não estará bem ajustada e isso pode incorrer em uma *unidade de contexto* imprecisa ou insuficiente. A *pertinência* está diretamente relacionada ao *custo*, e se refere aos elementos componentes da *unidade de contexto*. Elementos não pertinentes devem ser removidos da *unidade de contexto*, a fim de torná-la mais precisa e reduzir o seu *custo*.

Estabelecidos os critérios mais importantes (para nós) das *unidades de registro*, passemos para a seção quantitativa do processo. Até aqui, delimitamos o *que*

estamos contando; agora, entenderemos *como contar as unidades de registro*. Estabelecidas das *unidades de registro* do *corpus*, temos algumas maneiras de enumerá-las. A primeira proposta de Bardin (1977) seria a contagem de *presenças e ausências*. Tão importante quanto termos observado a presença de um dado conceito ou ideia numa fala, a sua ausência possui valor analítico semelhante. Para título de praticidade, daqui em diante trabalhamos com 6 unidades de registro hipotéticas, a saber: A, B, C, D, E F.

Em uma análise inicial, foi possível observar que, em um dado trecho do *corpus*, as unidades de registro observadas foram:

A B D E

Temos, então, as presenças de ABDE, e as ausências de CF. Com base nisso podemos refletir sobre o porquê, em tal trecho, houve as omissões de CF; ou o reverso, porque ABDE aparecem.

Um segundo sistema de contagem, que é indicado por Bardin como sendo o mais comum, é o de *frequências*. Trabalhando com as mesmas *unidades de registro* do mesmo *fragmento do corpus*, temos as seguintes frequências associadas:

- A = 3
- B = 1
- C = 0
- D = 1
- E = 1
- F = 0

A ideia central da medida frequencial é a de que *quanto mais frequente uma unidade de registro, mais importância ela possui, e vice-versa*. Observe que a abordagem frequencial também traz consigo implicitamente o paradigma de presenças e ausências, porém com mais robustez analítica. As frequências podem ser ainda mais sofisticadas se introduzirmos a ideia de que *determinadas unidades de contexto podem ser mais relevantes do que outras*. Tal noção Bardin (1977) coloca como sendo *frequências ponderadas*. Por exemplo, suponhamos que as unidades B e D possuem mais valor que as demais, e assim atribuímos um *fator de relevância 2* para elas. A relação anterior de frequências se torna, então:

- A = $3 \times 1 = 3$

➤ $B = 1 \times 2 = 2$

➤ $C = 0 \times 1 = 0$

➤ $D = 1 \times 2 = 2$

➤ $E = 1 \times 1 = 1$

➤ $F = 0 \times 1 = 0$

Agora, as valorações se tornam distintas; antes BDE estavam no mesmo substrato de valor, e agora B e D se tornam mais valiosos.

É possível ir mais além, aumentar ainda mais a sofisticação das nossas análises, com os conceitos de *intensidade e direção*. Ambos são conceitos um tanto quanto mais complexos que os anteriores, os quais explicamos a seguir.

A *intensidade*, como o próprio nome diz, refere-se a quão *intensamente comunicada uma unidade de registro foi*. Por exemplo, suponhamos que temos dois lutadores trocando ofensas, como em um *face off* prévio de uma luta. Um deles vira para o outro e diz:

“Eu vou *machucar* você.”

O outro, retrucando, diz:

“Ah é? Eu vou *esmagar* você!”

Injuriado, o provocador inicial diz:

“Você está delirando! Eu irei *destruir* você!”

Por fim, o outro lutador, o qual possui formação em Química, lança um último insulto:

“Você será *atomizado*!”

No pequeno diálogo fictício, todos os verbos possuem o mesmo *sentido*, de transmitir a ideia de que o locutor deseja infligir dano físico ao interlocutor. Contudo, existe uma *crescente* variação de intensidade na mensagem, de maneira que ela se torna *progressivamente* mais severa. A sequência Machucar → Esmagar → Destruir → Atomizar indica com clareza uma crescente *intensidade* de mensagens com sentidos semelhantes. A crescente possui um motivo subjacente; ambos os lutadores se tornam progressivamente mais inclinados à agressividade conforme eles se comunicam.

Tal intensidade pode ocorrer, então, com variações *semânticas*, as quais podemos classificar em uma sequência numerada dentro de cada *unidade de registro*. Por exemplo, a *unidade de registro* A pode possuir três intensidades diferentes, A_1 , A_2 e A_3 , e cada uma possui valor atribuído igual ao seu *índice*, tal que $A_1 = 1$, $A_2 = 2$ e $A_3 = 3$. Se pegarmos, então, um texto fictício ao qual são atribuídas as seguintes *unidades de registro*:

$A_2, D_3, B_1, F_1, A_3, C_3, B_2.$

A medição que obtemos é:

$$A = A_2 + A_3 = 2+3 = 5$$

$$B = 1+2 = 3$$

$$C = 3$$

$$D = 3$$

$$E = 0$$

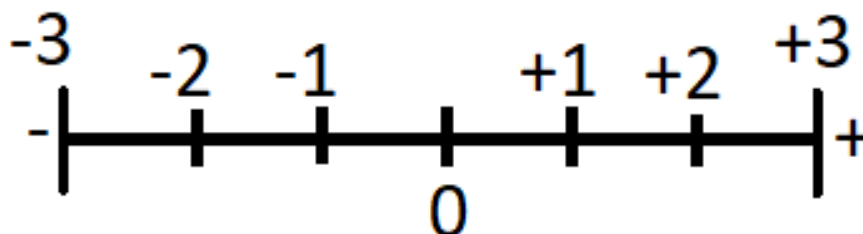
$$F = 1$$

As medidas de *intensidade* são especialmente úteis quando, por exemplo, pretendemos analisar como diversos sujeitos respondem e se portam com respeito a um mesmo questionamento e possuem respostas com sentido similar. A *intensidade* notada nas *unidades de registro* permitirá que o analista classifique de maneira adequada cada uma das falas dentro de um grupo de falas do mesmo sentido. Bardin (1977) coloca que, além das medidas de intensidade semânticas, o *tempo verbal*, os *advérbios*, *adjetivos* e outros *atributos qualificativos* podem ser utilizados como referências para uma escala de intensidade.

A *direção* de uma *unidade de registro* é um parâmetro particularmente útil em inquéritos cuja intencionalidade é verificar se o respondente é *favorável*, *neutro* ou *desfavorável* com respeito a determinado tópico. Podemos pensar como se estivéssemos tentando fazer uma *polarização* das *unidades de registro*; respostas favoráveis recebem um sinal “+”, desfavoráveis o sinal “-”, as neutras um “0” e, ainda, as respostas *mistas* ou ambivalentes recebem um sinal “±”. Um pesquisador chamado Osgood, citado por Bardin, utiliza um conjunto dos parâmetros *intensidade* e *direção* para estabelecer o que ele chama de *escalas bipolares*, que podem ser utilizadas para

traçarmos *perfis* das falas do respondente. Na Figura 13 fornecemos uma representação gráfica para um perfil bipolar genérico.

Figura 13: Perfil bipolar para um conjunto de frequências com três variações de intensidade.



Fonte: Elaboração própria.

A utilização da intensidade em conjunto com a direção nos permite, por exemplo, distinguir e separar falas com mesma intensidade atribuída, porém com posicionamentos inversos. Por exemplo, no diálogo:

- Eu penso que é extremamente importante que seja ensinado filosofia no ensino médio.
- Filosofia? Filosofia não possui absolutamente nada de importante. Necessitamos ensinar empreendedorismo à nossa futura geração.

Observe que ambas as falas possuem elevada intensidade, porém defendem opiniões completamente opostas entre si. Por exemplo, a primeira fala poderia, em um *perfil*, estar localizada no “+2”, enquanto a segunda fala estaria no “-2”. Porém, na ausência de direção, ambas as falas seriam classificadas como “2”, mesmo com ideias contrárias entre si.

Um último recurso nessa etapa se trata da análise da *ordem* de aparição das *unidades de registro*. Esse tipo de análise é especialmente útil pois pode revelar, por exemplo, como um sujeito estrutura sua argumentação, e quais seriam os elementos basilares ou conclusões expostas. Por exemplo, dadas as *unidades de registro*:

A, B, C, D

Nas quais D é um importante elemento fundamentador, B seria uma consequência ou conclusão, uma fala com a *ordem*:

D A B

seria, a princípio, mais bem articulada do que uma fala com a *ordem*

B A D

a qual demonstraria que o sujeito talvez não domine o assunto em pauta ou que não dá a devida importância para os elementos que fundamentam o tópico em questão.

5.9.4 A categorização

A menção inicial desta seção no livro de Bardin (1977) é especialmente conveniente; de fato, a AC se sustenta ou é desmanchada pelas *categorias de análise*. Uma boa categorização garante que o *corpus* foi bem tratado, analisado e que as conclusões obtidas ao cabo do processo provavelmente serão bastante apropriadas. Contudo, uma categorização prejudicada pode arruinar por completo todo um trabalho acadêmico (ou qualquer outro que venha a utilizar a AC). Por isso, é tão importante que o *coração da Análise de Conteúdo* seja muito bem esclarecido e entendido, pois, de fato, sem menosprezo às demais etapas, o divisor de águas das mais diversas análises que empregam a AC se encontra aqui.

Bardin (1977, p. 117, grifos nossos) introduz a ideia de categorização no seguinte excerto:

A categorização é uma *operação de classificação* de elementos constitutivos de um conjunto, *por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento* segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (*unidades de registro*, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento este efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos.

Para melhor entender o que é a categorização e o que essa etapa faz, retomemos ao procedimento anterior: a *codificação*. A codificação é um tratamento inicial, do *corpus* bruto, a qual pretende *separar e agrupar* blocos de texto do *corpus* segundo as *unidades de registro* que foram designadas. Em mãos dos conjuntos de fragmentos textuais, os quais geralmente não estão conectados entre si, a *categorização* os classifica e organiza em “caixas” que chamamos de *categorias*, em um procedimento de *tipagem* que reúne os blocos semelhantes com respeito ao *conteúdo*. Se antes possuíamos uma organização com base em critérios semânticos ou gramaticais, agora procuramos estabelecer um entendimento do que os mais diversos blocos de texto possuem em comum com os outros, de forma que *mensagens* similares estarão agrupadas entre si. Em mãos de todos os grupos de blocos de texto, ou melhor dizendo, de todas as categorias, as suas características

(ou títulos) nos fornecem, de maneira sintética, uma representação de todos os dados contidos no *corpus* de maneira ordeira e de imediato entendimento.

Os procedimentos da categorização são essencialmente duas etapas:

1. O estabelecimento de um *inventário* do *corpus*, no qual temos os fragmentos do texto isolados (desmembrados);
2. A *classificação* dos fragmentos nas suas respectivas *categorias*, ou seja, organizar os fragmentos textuais por um critério bem definido de classificação (ou categorização).

O processo de categorização é algo extremamente comum no cotidiano; encontramos frequentemente objetos ordenados, classificados por critérios de semelhanças que podem ser largamente distintos entre si. Por exemplo, em uma mesa de escritório organizada, é comum que haja um organizador *de mesa*, que possui pequenas prateleiras onde podemos botar papéis; ao lado, poderíamos ter um porta-objetos, em que é comum depositar lápis, canetas, clips de papel, e outros materiais de papelaria. E, então, temos o computador e os mais diversos equipamentos de informática auxiliares ligados a ele e próximos entre si (e.g. teclado, *mouse*, *scanner* etc.). Em todo o caso, é notável que possuímos, nessa pequena enumeração, pelo menos 3 categorias distintas:

1. Papéis diversos;
2. Papelaria;
3. Informática.

Aproveitando o exemplo bastante pictórico, já introduzimos aqui um outro conceito da *categorização*: retomando à nossa mesa de escritório imaginária, suponha que prateleira de papéis possui *divisórias*, nas quais podemos adicionar um *segundo nível de organização*! Por exemplo, se a prateleira tiver 3 divisões, podemos colocar documentos que possuem prioridade na leitura e encaminhamento; na do meio, documentos com menor importância, que não exigem grande celeridade no seu tratamento; na inferior, podemos colocar materiais de uso frequente: memorandos, corolários, normativas de trabalho etc. Isso vale para o porta-objetos: é comum também que esse artefato possua segmentos, de maneira que possamos colocar as canetas e os lápis em um segmento, borrachas, apontador e corretivos em outro, clips

prendedores de papel em outro. Os materiais de informática, porém, já não necessitam dessa organização, pois, de certa forma, eles já se *auto-organizam*. Assim, temos que a nossa lista de categorias de torna:

1. Papeis Diversos

- a. Prioridade Alta
- b. Sem Prioridade
- c. Uso comum

2. Papelaria

- a. Canetas e lápis
- b. Borrachas e apontadores
- c. Clipes e prendedores de papel

3. Informática

Observe que, agora, continuamos com 3 categorias, porém duas delas possuem *subdivisões* chamadas de *subcategorias*. As subcategorias possuem como intuito trazer um nível ainda maior de especificidade analítica ao *corpus*, possibilitando ao analista que ele perceba e caracterize nuances ainda mais particulares em determinada fala ou *unidade de registro*.

O processo de categorização se dá por meio de dois protocolos, antagônicos entre si: a categorização *a priori* e a categorização *a posteriori*. No primeiro caso, as categorias analíticas são pré-estabelecidas, de maneira que diretamente da codificação do *corpus* já podemos organizar os fragmentos textuais em suas respectivas *caixas*. Esse procedimento é utilizado quando os quadros teóricos de análise do *corpus* já estão postos, ou seja, já sabemos quais são as *caixas* que iremos utilizar para organizar os fragmentos do texto. No caso da categorização *a posteriori*, temos o procedimento inverso: ao invés de possuímos categorias pré-estabelecidas, as categorias vão sendo *encontradas*, elas *saem do corpus*. A partir da leitura criteriosa, fundamentada sobre o assunto, o analista vai observando as similaridades entre os fragmentos textuais e estabelece categorias analíticas ao longo da análise dos textos. Para ambos os casos, podemos nos deparar com “*boas e más categorias*” (Bardin, 1977, p. 119); no caso do analista, que em princípio utilizaria um conjunto de

categorias *a priori*, mas observa que as categorias são insuficientes/ruins para o seu *corpus*, ele pode optar por propor categorias *a posteriori*, sendo elas originais ou adaptações das categorias iniciais. Com o fim de guiar o procedimento de produção como também avaliar e criticar categorias já estabelecidas, a autora nos fornece uma pequena lista de características necessárias para que um conjunto de categorias seja considerado bom, como é comentado em seguida.

A primeira característica de um bom conjunto de categorias se trata da *exclusão mútua*: tal característica imputa que os elementos que definem uma categoria (os quais costumam estar condensados no título ou *label* da categoria) só podem existir em uma única categoria. Isso impede que ocorra uma *sobreposição* de categorias, ou *zonas cinzentas* entre categorias que façam com que a categorização perca sua especificidade analítica. Um analista que viesse, por exemplo, utilizar um conjunto de categorias *não mutuamente excludentes* poderia se deparar, ao longo da análise, com fragmentos do texto que poderiam ser inseridos em duas ou mais categorias por *razões idênticas* entre si; isso é largamente prejudicial para a análise.

Uma segunda característica de um bom conjunto de categorias se trata da *homogeneidade*. Um grupo de categorias é dito possuir *homogeneidade* se ele foi produzido a partir de um único *princípio de classificação*. Isso implica que todas as categorias servem a um único propósito central (e.g., um conjunto de categorias para analisar NdC, um outro conjunto para analisar conceitos científicos etc.). Na necessidade de se investigar outros paradigmas ou de variar o *nível de análise*, é necessário que novas análises sejam realizadas, que por sua vez rogam por novos conjuntos de categorias.

A terceira característica é o que Bardin (1977) chama de *pertinência*. Uma categoria deve obrigatoriamente fazer respeito ao *corpus* analítico, deve estar adaptada a ele (e não o inverso). Além disso, as categorias também devem se alinhar com as *intenções investigativas* do analista, de maneira que elas respondam suas *questões de pesquisa* por meio do bom alinhamento com os fragmentos do *corpus*.

Uma quarta característica elencada pela autora seria a *objetividade e fidelidade* das categorias. Um mesmo material, que venha a passar pela mesma *grelha categorial* repetidas vezes, deve ser codificado e categorizado da mesma maneira. Se isto não acontece, temos que as variáveis de trabalho que configuram as categorias necessitam ser refinadas com o fim de que o conjunto seja possível de ser reutilizado

para outros materiais com características similares e, ainda mais importante, que haja uma acuidade analítica forte associada às categorias.

5.9.5 A inferência

Se uma AC prospera ou desaba pelas suas categorias, ela se destaca ou se torna uma análise qualquer pelos *processos inferenciais* envolvidos. Já se tornou sabido que a AC é uma ferramenta bastante completa e potente para tomar materiais variados, recortá-los e reagrupá-los com critérios específicos, de maneira a conseguir levantar as mais variadas informações contidas em um *corpus* documental de maneira ordeira e técnica. Mas um texto não é apenas um registro escrito sem propósito ou motivo; toda fala possui uma *intenção*, um *arcabouço*, que o emissor nem sempre está consciente de sua existência. Contudo, um analista dotado das bases teóricas relevantes e empregando uma *interpretação controlada* pode fazer *incursões subjetivas* que podem vir a ser de grande enriquecimento analítico para seu trabalho.

Por outras palavras, a análise de conteúdo constitui um bom instrumento de indução para se investigarem as *causas* (variáveis inferidas) a partir dos *efeitos* (variáveis de inferência ou *indicadores*; referências no texto), embora o inverso, predizer os efeitos a partir de fatores conhecidos, ainda esteja ao alcance das nossas capacidades (Bardin, 1977, p. 137, grifos nossos).

A inferência vem como um último procedimento analítico cuja intenção é, *grosso modo*, ir além do que está posto diretamente no fragmento de texto analisado, ir além do léxico, da sintaxe e da semântica para levantar indícios de elementos que se encontram *implícitos*. Ou ainda, podemos, por meio de uma quantificação ou uma análise frequencial, inferir características ou padrões que não são evidentes no *dado bruto*, mas que quando os fragmentos estão organizados é possível sua percepção. A inferência, então, seria um movimento de *extrapolação*, uma análise das mensagens tácitas contidas no *corpus* de análise. Inferir, no contexto da AC, é vislumbrar de maneira *controlada* as *condições de produção* dos fragmentos do *corpus*, sendo o vislumbre possível pelo intermédio da constatação de *indicadores*, passíveis de quantificação (apesar de não ser obrigatório).

Tal movimento, contudo, requer do analista pleno domínio e entendimento do *corpus* analítico, bem como o estudo e a apropriação de conhecimentos requeridos para poder *discernir* dos mais variados fragmentos textuais os sentidos ocultos, as repercussões que um *indicador* tem no linguajar ou na argumentação de determinada fala de um indivíduo. É notável que, de todos os procedimentos analíticos, a inferência

é o que possui o maior pendor *subjetivo*, pois depende fortemente da visão de mundo e dos conhecimentos do analista (bem como eles foram construídos). Por possuir essa dependência, é requerido do analista que utilize da inferência de maneira *controlada*, a fim de não perder sua precisão analítica. Para tal controle, o analista deve selecionar de maneira cautelosa quais indicadores serão levantados, bem como quais aspectos ele irá inferir, e na ocasião de alguma inferência que seja julgada relevante, mas para a qual o analista não possui domínio sobre a matéria, a imersão em textos e fundamentos da matéria pode ser uma etapa introduzida com o fim de permitir ele realizar tal análise com fundamento. É de extrema importância também que o analista produza inferências pautadas em *evidências empíricas* colecionadas ao longo das etapas anteriores de análise. Tal aspecto da inferência, seu arraigamento em fato autêntico da pesquisa, permite que um subjetivismo seja praticado, que uma postura enviesada comande toda uma linha insustentável de inferências. Fizemos questão de deixar bastante marcado esse aspecto *controlado* da inferência, pois é o ponto nevrálgico dessa etapa: ela não possui muitos aspectos técnicos, particulares, mas é nos procedimentos inferenciais que uma AC se torna singular, destacada, ou se torna mais uma análise qualquer.

Feitos estes breves comentários sobre os principais aspectos que permeiam os procedimentos analíticos que podem compor uma AC, na próxima seção fechamos esta etapa de fundamentação metodológica comentando como aplicamos a AC neste trabalho, quais foram os procedimentos de análise elencados, o *corpus* de análise, bem como as intenções de investigação.

5.10 Procedimentos da AC realizados

5.10.1 Primeira questão de pesquisa: compreensão dos conceitos de Natureza da Investigação Científica

Para a análise dos conceitos de NiC, nos embasamos no Quadro 3, proposto por Lederman e colaboradores (2014), como categorias de análise *a priori* para a análise dos diversos aspectos de NiC trabalhados explicitamente ao longo da implementação do *design*. Para melhor diferenciar os extratos dos grupos, optamos por distinguir as noções de cada um dos grupos em três estratos, como segue:

- ✓ Noções mais informadas sobre NiC;
- ✓ Noções mistas sobre NiC;

✓ Noções menos informadas sobre NiC.

As noções mais informadas foram adaptadas diretamente do Quadro 3, uma vez que este representaria o padrão de entendimento acerca de cada um dos aspectos de NiC. Os outros dois estratos (noções mistas ou menos informadas) foram obtidos de maneira *emergente* a partir da leitura técnica e imparcial dos grupos focais e das respostas aos refletidos, conforme Bardin (1977) estipula para a AC. No Quadro 12, trazemos as categorias de análise utilizadas nesta etapa.

Quadro 12: Categorias de analíticas empregadas na análise dos grupos focais e respostas dos refletidos.

Aspecto de NiC	Noções menos informadas	Noções mistas	Noções mais informadas
Aspecto 1	As investigações científicas sempre testam uma hipótese e procuram validar ou corroborar conhecimentos já estabelecidos.	As investigações científicas costumam partir de hipóteses, e procuram responder perguntas.	Para que uma investigação científica seja iniciada, geralmente é necessário um questionamento, algo que necessita de uma resposta. Por vezes não existe uma hipótese inicial dos rumos da investigação.
Aspecto 2	O método científico existe e por meio dele os cientistas realizam suas investigações.	Apesar de não haver um método científico único, as variadas pesquisas científicas sempre possuem um método mais correto do que os outros para ser realizada.	Existe uma grande variedade de metodologias empregadas dentro da prática científica, assim a ideia de que existe um método científico é incoerente.
Aspecto 3	Os procedimentos de uma investigação não apresentam vínculo com a questão ou hipótese que se pretende pesquisar.	Os procedimentos de uma pesquisa podem possuir alguma relação com a questão de pesquisa, mas nem todas as pesquisas científicas procuram a resposta de uma questão.	Independentemente de como uma investigação científica é proposta, ela necessariamente precisa responder à questão inicial que motivou a pesquisa. Assim sendo, os procedimentos de pesquisa são completamente dependentes da questão de pesquisa que os suscitou.
Aspecto 4	Não há espaço para a subjetividade na prática científica, pois o cientista deve ser imparcial.	Os aspectos subjetivos são permitidos para determinados tipos de pesquisas científicas (com seres humanos, por exemplo).	Os aspectos subjetivos afetam diretamente na análise e interpretação de dados obtidos em pesquisas científicas.

Aspecto 5	Os procedimentos de uma pesquisa afetam o resultado, uma vez que desvios do que se espera obter, de maneira geral, indicam erros ou inconsistências na investigação.	Não foram identificados extratos que permitissem a definição desta subcategoria para o aspecto.	Todos os componentes e etapas de uma pesquisa científica são conectados, e todos eles estão sujeitos a serem modificados os ajustados de acordo com as necessidades e intencionalidades do pesquisador. Contudo, tais modificações e ajustes não invalidam as conclusões e achados de uma pesquisa científica.
Aspecto 6	Não há qualquer vínculo entre as conclusões de uma pesquisa com os dados coletados.	Não foram identificados extratos que permitissem a definição desta subcategoria para o aspecto.	A construção de explicações e argumentos sobre um problema de pesquisa deve apresentar consistência e ser, em alguma medida, relacionada aos dados coletados.
Aspecto 7	Para este caso, um entendimento menos informado seria uma ideia equivocada e distante para ambos os conceitos (dado e evidência).	Para este caso, o acerto de um dos conceitos ou noções equivocados, porém próximos dos informados foram entendidos como sendo mistos.	Dados são observações coletadas por cientistas ao longo de uma investigação. Evidências são o produto de uma análise e interpretação de dados, sendo relacionadas diretamente a uma questão de pesquisa.
Aspecto 8	As explicações científicas se baseiam na experiência dos cientistas. Elas também devem, geralmente, corroborar conhecimentos já assentados.	Não foram identificados extratos que permitissem a definição desta subcategoria para o aspecto.	Explicações científicas se baseiam nos dados coletados e o que já se sabe sobre o tema. Além disso, tais explicações podem, eventualmente, discordar do conhecimento científico já assentado.

Fonte: elaboração própria.

Para todos os documentos elencados para avaliar a compreensão dos aspectos de NiC, foi empregada a AC com procedimentos da análise quantitativa básicos (e.g. análise frequencial). Em especial, para os grupos focais, empregamos uma análise frequencial ajuntada de uma seleção de trechos representativos para cada um dos estratos categoriais, com a finalidade de mostrar como as categorias que estabelecemos *a priori* dialogaram com algumas das categorias estabelecidas *a posteriori*.

No caso específico dos refletidos, realizamos uma análise estatística mais robusta, na qual uma análise frequencial de todos os aspectos foi realizada para cada uma das SEIs, além de uma análise acumulada da implementação do *design* como um todo (sendo esta objeto de discussão em capítulo posterior). Além disso, cada um dos aspectos de NiC propostos por Lederman e colaboradores (2014) foram analisados individualmente, com a finalidade de verificar como o entendimento de tais aspectos pelos grupos mudou ao longo da implementação do *design*. O nosso principal critério nessa etapa foi uma medida estatística que chamamos de Índice de Assertividade. Tal medida estatística é explicada e descrita de maneira adequada no capítulo que envolve a discussão dessa questão de pesquisa.

5.10.2 Segunda questão de pesquisa: compreensão dos conteúdos químicos

Para esta questão de pesquisa, o ambiente do software NVivo foi utilizado para a codificação e análises primárias da compreensão dos conteúdos químicos pelos grupos. Para uma rápida recapitulação, trazemos no Quadro 13 um resumo dos conteúdos trabalhados e quais documentos figuram em cada uma das atividades realizadas na implementação do *design*:

Quadro 13: Relação entre as atividades experimentais compreendidas no *design* e os documentos produzidos.

		Tipo de Instrumento Avaliativo		
		<i>Documentos Físicos</i>	<i>Refletindo</i>	<i>Relatório</i>
IDENTIFICAÇÃO DA AULA	Termoquímica 1		✓	
	Termoquímica 2	✓	✓	
	Termoquímica 3	✓	✓	✓
	Cinética Química 1		✓	
	Cinética Química 2	✓	✓	
	Cinética Química 3	✓	✓	✓
	Eletroquímica 1		✓	
	Eletroquímica 2	✓	✓	
	Eletroquímica 3	✓	✓	✓

Fonte: Elaboração própria.

Em mãos do Quadro 13, temos que cada grupo produziria, em teoria:

- 6 conjuntos de documentos físicos;

- 9 Refletindos;
- 3 Relatórios.

Após muito refletir a maneira com que abordaríamos tais dados, decidimos que, em virtude da multiplicidade dos instrumentos “Documentos Físicos” e “Refletindo”, não levaríamos em conta tais documentos separadamente, mas sim a média das avaliações deles. Tais avaliações nomeamos como *ratings*, para evitar o uso da palavra nota e afins. Também foi decidido que os três instrumentos teriam igual peso no cálculo e na avaliação da compreensão dos grupos.

Com esse preâmbulo, iniciamos a descrição da análise *per se*. Em mãos das categorias sobre conteúdos químicos trazidas nos Quadros 7, 8 e 9, foi decidido que a análise e posterior quantificação dos dados coletados seguiriam alguns preceitos da AC quantitativa, os quais foram empregados conjuntamente a aspectos de estatística básica. Assim sendo, nossas primeiras decisões sobre como seria o processo de atribuição de valores (valores estes que serão chamados daqui em diante de *escores*) foram os seguintes:

- ✓ *Trechos atribuídos*. Cada fragmento de texto demarcado, seja ele do documento físico, refletindo ou relatório final, poderia ter mais de uma categoria analítica atribuída;
- ✓ *Escores de fragmentos*. Cada fragmento de texto demarcado recebia um escore, variando de 0 até 2, para cada categoria atribuída. Explicamos mais adiante em detalhe como o procedimento de atribuição de escores foi fundamentado;
- ✓ *Média de escores*. Optamos por não adotar um caráter aditivo a múltiplas aparições de uma dada categoria, pois isso poderia gerar distorções na posterior construção e obtenção dos *ratings* finais de cada documento. Em vez disso, optamos por utilizar uma média simples dos escores para cada categoria, em caso da frequência desta ser maior do que 1;
- ✓ *Pesos idênticos para categorias*. Para não realizar nenhum tipo de valoração parcial, todas as categorias, independente do seu teor, teriam peso idêntico na construção do *rating* de cada documento.

✓ *Normalização de ratings*. Em cada documento, o número de categorias presentes era variável. Em razão disso, todos os *ratings* foram normalizados para uma escala decimal; assim, independente se um documento podia conter apenas 1 categoria e outro documento 6 categorias, ambos ao fim da análise gerariam um *rating* cujo valor é de 0 a 10. Fizemos isso para que a comparação e análise dos dados fosse mais consistente e prática.

Para cada fragmento atribuído, um escore de 0 a 2 era gerado, com respeito a cada uma das categorias identificadas. Esse escore podia assumir três valores: 0, 1 e 2. A ideia que embasou nossa avaliação dos fragmentos foi que, dentro da ideia de mobilização de conteúdos químicos e do entendimento que Carvalho (2018) coloca acerca dos propósitos do Ensino por Investigação, dois critérios seriam relevantes:

1. O fragmento deveria demonstrar que o grupo apresentava definições de acordo com o conhecimento químico estabelecido; possuía domínio conceitual;
2. O fragmento deveria demonstrar que o grupo foi capaz de relacionar o conteúdo em questão com um ou mais aspectos do conhecimento químico.

Para ambos os critérios, utilizamos como referência teórica para a análise e atribuição de escores as descrições das categorias analíticas para os conteúdos químicos, as quais constam nos Quadros 6 a 8. Assim sendo, um fragmento hipotético, que satisfizesse ambos os critérios, receberia escore máximo (2). Fragmentos que atendessem a um dos dois critérios receberiam escore intermediário (1). A ausência ou registro equivocado (erro) seria atribuído escore nulo (0). Para simplificar o processo de análise e limitar efeitos subjetivos quando da análise do *corpus*, decidimos não trabalhar com escores parciais. Assim sendo, somente os fragmentos que contemplassem factualmente nossos referenciais sobre os conhecimentos químicos ou aspectos do conhecimento químico foram atribuídos o valor correspondente.

Com essas ferramentas, após categorização, cada fragmento categorizado recebeu um escore e, assim, compôs o *rating* de cada documento, para cada um dos grupos. Conforme mencionamos no começo da seção, no caso dos documentos físicos e dos refletidos, o *rating* se trata da média simples dos *ratings parciais*, valendo para os documentos físicos a fórmula:

$$\text{Rating 1} = \frac{\text{Documentos (Aula 2)} + \text{Documentos (Aula 3)}}{2}$$

E, no caso dos refletidos, o *rating* seguiu a fórmula:

$$\text{Rating 2} = \frac{\text{Refletindo (Aula 1)} + \text{Refletindo (Aula 2)} + \text{Refletindo (Aula 3)}}{3}$$

Por fim, no caso dos relatórios, por conta de haver apenas uma elaboração para cada SEI, não há um *rating* parcial, apenas um total que é igual à pontuação do relatório:

$$\text{Rating 3} = \text{Relatório}$$

Para exemplificar, trazemos na Tabela 1 um exemplo da planilha de cálculos empregada para a obtenção dos *ratings* de um grupo qualquer, na sequência de termoquímica, para os documentos físicos:

Tabela 1: Extrato da atribuição de escores e cálculo de *rating* dos documentos físicos para um grupo genérico.

GRUPOS (H)	G1	G2	G3	G4	G5	MÉDIAS
CATEGORIAS (V)						
CALOR SENSÍVEL (2)	0					0,0
CALOR LATENTE (2)	2					1,4
SUBST. (2)	1					0,7
ENDO E EXO (3)	1,5					1,1
CALOR SOL. (3)	1					0,7
RATING (10)	5,5					0,8

Fonte: Elaboração Própria.

Um ponto importante a ser destacado é que há um valor de "1,5" na Tabela 1. Esse valor significa que pelo menos dois registros foram feitos na categoria "Endotermia e Exotermia". Como usamos a média simples para calcular a o escore atribuído quando há múltiplas aparições, o valor 1,5 indica que um registro provavelmente recebeu um escore igual a 1 e o outro registro recebeu um escore igual a 2. Ao calcular a média simples dessas pontuações, chegamos ao valor 1,5.

Com isso, finalizamos a discussão acerca dos procedimentos e protocolos específicos da AC empregados para os conteúdos químicos trabalhados em nosso *design*. É importante destacar que a compreensão desses procedimentos é fundamental para entender como os conteúdos foram avaliados. O detalhamento dos procedimentos matemáticos e estatísticos empregados na análise factual da compreensão dos conteúdos químicos é fornecido em outra seção adiante, após o

comentário acerca dos procedimentos da AC referentes à terceira questão de pesquisa.

5.10.3 Terceira questão de pesquisa: afastamento da experiência comum

Como é sabido ao leitor que possui familiaridade com o texto de Bachelard (1996), sob o qual esta tese se baseia, o filósofo não traz nenhum tipo de classificação, ou ordenamento – quem dirá um grupo de categorias analíticas para analisar a formação do espírito científico. Em uma análise técnica do texto (mencionada e descrita no capítulo específico sobre o referencial metodológico) elencamos os elementos que caracterizariam o espírito científico, sendo eles:

1. A Criticidade;
2. O Questionamento e a racionalidade;
3. A Objetividade Científica;
4. A Variação do Conhecimento.

Na seção em que propomos nossa perspectiva para o Ensino por Investigação voltado para o Ensino Superior, foram elencadas as características da experiência comum e as características da experiência científica, as quais trazemos aqui de maneira resumida:

Experiência Comum

- Caráter tautológico;
- Caráter justaposto;
- Ausência de questionamentos ou retificação de erros.

Experiência Científica

- Caráter polemizador, crítico;
- Caráter racional, consciente;
- Envolve problemas e retificação de erros.

Essas características, obtidas pela AC, findaram por se tornar elementos de *design* cruciais para a elaboração das diversas atividades experimentais propostas nesta tese de doutoramento. Contudo, há um detalhe importante que deve ser comentado.

Tais caracterizações da experiência comum e da experiência científica são endereçadas, possuem uma finalidade bem estabelecida: nos guiar na elaboração de atividades experimentais investigativas que afastassem os grupos de uma experiência comum e os aproximassem de uma experiência científica. Mas como caracterizar a experiência comum e a experiência científica do ponto do sujeito, ou melhor dizendo, do ponto de vista do grupo?

Com essa finalidade, pensamos nas discussões que foram elaboradas acerca das metodologias tradicionais de ensino, e delas propusemos a seguinte premissa:

- ❖ O sujeito, quando realiza uma experiência comum, seu comportamento se aproxima ou é idêntico àquele apresentado quando da realização de uma atividade experimental tradicional (do tipo “receita de bolo”).

Tal premissa, pensamos nós ser perfeitamente razoável, uma vez que as atividades experimentais tradicionais geralmente cumprem todas as características de uma experiência comum (no âmbito do desenho da atividade experimental). Estabelecida a premissa, precisávamos responder uma primeira pergunta: como um aluno ou um grupo de alunos costuma se comportar ou é forçado a se comportar ao realizar uma atividade experimental tradicional? Para respondermos a essa pergunta, novamente retornamos aos nossos comentários sobre a metodologia de ensino tradicional conforme nos baseamos no que Mizukami (1986) propõe, chegando aos seguintes termos, que não pretendem ser uma listagem exaustiva, mas um elenco tentativo:

- Execução de protocolos pré-estabelecidos;
- Busca por um determinado resultado o qual por vezes já é sabido;
- A aprendizagem é, de maneira geral, mecânica;
- Uso intenso do verbo de ação lembrar e, em menor frequência, o entender;
- Em caso de trabalho em grupo, ocorre uma divisão de tarefas que implica em uma participação e aprendizagem assimétrica dos membros do grupo;
- O reforço conceitual é feito por meio da repetição (tautologia);
- Aprendizado técnico e específico do contexto do laboratório *ad hoc*;
- Geralmente não envolve processos criativos ou críticos em sua realização.

Respondida essa primeira pergunta, uma segunda pergunta é suscitada: como tais características impactam na compreensão dos alunos, ou seja, quais são as repercussões desse elenco de características? Pensamos em pelo menos 7 implicações:

- Pouca ou nenhuma contextualização teórica e/ou histórica;
- Ausência de movimentos críticos e reflexivos;
- Descrições (de procedimentos, de execuções) rasas desprovidas de suporte teórico ou mal suportadas;
- Explicações simplificadas, imediatas para ocorrências e resultados obtidos;
- Caráter pragmatista dos registros sobre a atividade experimental;
- Uso escasso da linguagem técnica;
- Presença de intuições e achismos na proposição de hipóteses (quando há).

Com tais demarcações, pensamos ter um conjunto que caracteriza de maneira minimamente adequada o que seria uma experiência comum do ponto de vista do sujeito/grupo que a prática. Nesse sentido, para pensarmos na experiência científica, recorreremos ao nosso entendimento baseado nas colocações de Bachelard (1996, p. 110) para a experiência científica:

A experiência científica, por sua vez permite a contradição, possibilitando a produção ou retificação de conhecimentos; é dotada e procedimento racional, crítico e consciente; parte de um questionamento ou polêmica inicial e se desdobra em um processo de retificação de erros.

Assim, no caso de uma experiência científica no âmbito da experiência subjetiva e particular do aluno/grupo, entendemos que ela procura se aproximar do comportamento de um cientista em suas pesquisas, tal como Pedaste e colaboradores (2015) defendem.

Com isso em mente, uma proposta inicial de categorias analíticas para esta etapa foi feita, contendo 7 categorias e dividida em dois estratos (Mais Próxima da Experiência Comum e Mais Próxima da Experiência Científica). Tal proposta inicial foi, posteriormente, revisada e simplificada para fins de eficiência analítica das categorias (Bardin, 1977). Assim, chegamos ao Quadro 14, o qual dispõe as categorias analíticas empregadas na análise e discussão da última questão de pesquisa:

Quadro 14: Categorias analíticas para a experiência comum e a experiência científica dos grupos analisados.

Categoria/Estrato	Mais Próxima da Experiência Comum	Mais Próxima da Experiência Científica
Fundamentação Teórica para o Levantamento de Hipóteses e a Resolução (C1)*	O embasamento teórico e/ou a formulação de hipóteses são superficiais e podem conter imprecisões conceituais, sendo predominantemente baseados em intuições e achismos. Ausência de referências a processos sociais durante os procedimentos.	O embasamento teórico e a formulação de hipóteses são rigorosos e bem fundamentados, mostrando clara conexão com os conteúdos químicos relevantes. Pode ocorrer referências a processos sociais durante os procedimentos.
Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos (C2)	Descrição resumida dos procedimentos, com enfoque imediatista e registros limitados ao que é considerado essencial.	Descrição detalhada e abrangente dos procedimentos, podendo incluir justificativas, comparações com experiências passadas e relacionamento com os conteúdos químicos.
Críticidade e Refletividade (C3)	Ausência de registros ou menções a movimentos críticos ou reflexivos em relação à proposta.	Presença de registros ou menções a movimentos críticos ou reflexivos em relação à proposta.
Análise e Discussão de Dados (C4)	A análise e discussão de dados é pragmática, sendo limitada a colocações que componham uma resposta ao problema.	A análise e discussão de dados são amplas e não se limitam à resposta do problema, podendo incorporar reflexões críticas, considerações sobre possibilidades alternativas ou variações experimentais.
Linguagem (C5)	A linguagem utilizada é predominantemente cotidiana e não técnica.	A linguagem utilizada é predominantemente técnica, com uso de terminologias científicas específicas.

*Para simplificar o procedimento de codificação e posterior análise de dados, atribuímos um código de referência para cada uma das categorias analíticas desta etapa.

Fonte: Elaboração própria.

Fundamentadas as discussões que embasaram as categorias de análise dessa etapa, passamos para as especificidades de como foi feita a AC para cada um dos elementos analisados nessa questão de pesquisa. No caso, três elementos compõem o *corpus* de análise para esta questão:

1. Documentos Físicos;
2. Relatórios Finais;
3. Grupos Focais.

Para o caso dos documentos físicos e dos relatórios, assim como realizamos para a análise da compreensão dos aspectos de NiC, empregamos a AC com procedimentos de análise quantitativa básicos, como o estabelecimento da frequência de codificações para cada categoria e a porcentagem de codificação dentro de cada uma das SEIs que compreenderam nosso *design*. Além da análise geral em termos das SEIs, também realizamos análises individuais para cada uma das categorias, com a finalidade de verificar como a porcentagem de codificação para cada um dos estratos (Mais Próximo da Experiência Comum e Mais Próximo da Experiência Científica) variou ao longo da implementação do *design*. Como neste caso possuímos apenas 2 estratos, não houve a necessidade de empregarmos o Índice de Assertividade neste caso; a simples comparação das porcentagens de codificação foi suficiente para a boa condução das análises nesta etapa.

Para os grupos focais, foi realizada uma análise frequencial estatística simples, com a elaboração de um gráfico comparativo entre as proporções de trechos codificados como “sendo mais próximo da experiência comum” ou mais próximo da experiência científica” para cada uma das categorias. Além disso, extratos representativos de falas dos sujeitos participantes dos grupos focais foram trazidos conforme a conveniência para acrescentar a robustez da análise e discussão neste segmento.

Com isso, finalizamos a descrição dos procedimentos da AC realizados para cada uma das questões de pesquisa elencadas em nossa pesquisa. A seguir passamos para uma importante seção, que trata sobre os fundamentos estatísticos que embasam essencialmente todo o percurso analítico desta tese, sobretudo a análise feita acerca dos conteúdos químicos.

5.11 Princípios da Análise Estatística

Kronthaler (2023) comenta que existem três tipos de conhecimentos: conhecimento experiencial, conhecimento empírico e conhecimento teórico. Na visão do autor, independentemente de qual tipo de conhecimento seja discutido, todos eles possuem um elemento em comum, tal elemento sendo mais ou menos relevante na construção do conhecimento: dados. Dados são obtidos por intermédio de incursões ao mundo em que vivemos, sem necessariamente termos de modificá-lo ou transformá-lo para obtê-los (apesar de tais processos serem necessários na obtenção de alguns tipos de dados). Mas o que seriam dados, afinal de contas?

Para o autor, dados são informações em sua forma mais pura. Um dado na sua forma pura geralmente não traz informação ou significado. Para que haja um processo de significação, ou melhor, de atribuição de significado para um dado, é necessário entender, processar, visualizar, obter valor do dado. Para tal, a estatística nos fornece ferramentas para tratar os dados das mais diversas naturezas, possibilitando, assim, que informações sejam coletadas e novos conhecimentos sejam formados. Um dos ramos da estatística mais conhecidos, sendo escolhido por nós nesta pesquisa para tratar os dados referentes à segunda questão é chamado de Estatística Descritiva, cujos fundamentos comentamos a seguir.

A Estatística Descritiva preocupa-se, como o próprio nome diz, com a descrição de situações de interesse; resumir conjuntos de dados; organizar dados para que possamos aprender com eles. A Estatística Descritiva emprega principalmente duas categorias de medidas para seus fins: medidas de tendência central (ou valores médios) e medidas de variabilidade (ou dispersão). Medidas de tendência central utilizam de valores médios com o fim de analisar como um conjunto de dados se comporta de maneira geral, empregando alguns valores que podem ser obtidos com facilidade a partir de um conjunto de dados. As medidas de variabilidade, por sua vez, nos informam o quão dispersos, separados entre si, um conjunto de dados está. Os valores de dispersão de dados costumam exigir um concerto matemático maior, porém, nada que seja não prático de ser realizado, principalmente com o advento dos inúmeros recursos digitais que existem atualmente para o pronto cômputo destes valores. Descrevemos sucintamente cada um desses valores a seguir, começando pelas medidas de tendência central.

5.11.1 Medidas de tendência central: média, mediana e moda

A média aritmética ($\underline{X}$), ou média simples, geralmente chamada apenas de média, é a medida de tendência geral mais comumente utilizada e bastante simples de calcular. Seu valor é obtido ao somarmos o valor de todos os dados e dividirmos a soma pelo número total de dados:

$$\underline{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Em que:

- ✓ Σ é a letra grega sigma maiúscula, que tem o significado de somatório;
- ✓ $\underline{X}$ é a média aritmética;
- ✓ X_i são os valores dos dados e
- ✓ n é o número total de dados.

A mediana (M) também é um valor médio, porém calculado de maneira ligeiramente diferente. A mediana é definida como sendo o valor médio que divide a amostra em duas metades contendo um número de dados iguais. Por exemplo na sequência {1;2;3} o valor que divide os dados em duas metades é o valor 2; logo, 2 é a mediana. A mediana possui duas fórmulas para seu cálculo, uma no caso em que n é um valor par e outro quando n é ímpar:

$$M = X_{(n+1)/2} \text{ (Para } n \text{ ímpar)}$$

$$M = \frac{X_{(\frac{n}{2})} + X_{((\frac{n}{2})+1)}}{2} \text{ (Para } n \text{ par)}$$

É fácil demonstrar estas fórmulas para valores de n pequenos, porém a tarefa aumenta progressivamente em dificuldade conforme o valor de n aumenta. É importante notar que o ordenamento dos dados de maneira crescente é essencial para a boa visualização e entendimento do significado estatístico da mediana.

A moda de um conjunto de dados é o valor mais frequente do conjunto. Por exemplo, para um conjunto de dados {0;1;1;2;4;5;6;6;6;9} o valor mais frequente é 6; assim dizemos que a Moda do conjunto é 6. A moda não possui uma fórmula matemática em si, sendo um valor baseado na frequência de aparições de números em uma amostra.

Existem outros valores que fazem parte das medidas de tendência central, porém, decidimos listar e descrever apenas os valores que foram utilizados por nós

na pesquisa. Assim finalizamos a descrição das medidas de tendência central, prosseguindo agora para as medidas de dispersão.

5.11.2 Medidas de dispersão: alcance, desvio padrão, variância e o intervalo interquartil

Segundo Kronthaler (2023, p. 37), os valores médios são apenas “um lado da moeda”. As informações que valores médios nos trazem são poderosas, porém limitadas; as medidas de tendência centrais nos informam como os dados se comportam de maneira geral, porém as medidas de dispersão nos informam como tais dados se distanciam da generalidade. Se os valores de um conjunto de dados são bem agrupados, os valores médios costumam representá-los bem; contudo, se há muita dispersão, se os dados são pouco coesos, tais valores se tornam menos potentes na descrição e entendimento da matéria em estudo. Apresentamos a seguir as medidas de dispersão mais básicas, bem como algumas ligeiramente mais complexas, mas que foram essenciais para os tratamentos estatísticos realizados.

A medida mais simples da variabilidade de um conjunto de dados é o Alcance (A). Para calcularmos o Alcance precisamos saber dois valores especiais da amostra, chamados de Máximo e Mínimo (ou ainda, valores extremos). Por definição, o valor máximo de uma amostra é o maior valor contido nela e, por raciocínio similar, o valor mínimo de uma amostra é o menor valor contido nela. Em mãos destes dois valores, o Alcance de uma amostra é calculado pela diferença dos extremos:

$$A = X_{max} - X_{min}$$

Em que

- X_{max} representa o valor máximo e
- X_{min} representa o valor mínimo.

O Alcance nos permite ter uma noção superficial, porém célere dos valores que são abrangidos na amostra. O Alcance também nos permite identificar números que estejam fora do intervalo amostral, os quais são chamados de *outliers* (Kronthaler, 2023).

A próxima medida de dispersão é o Desvio Padrão (s), possivelmente a medida de dispersão mais famosa da Estatística Descritiva. O Desvio Padrão é interpretado como sendo o desvio médio dos valores de uma amostra com respeito à média. Quanto menor o valor de s , menos dispersos os dados da amostra são, e quanto maior

o valor de s , maior a dispersão entre os dados. A fórmula para cálculo do Desvio Padrão é dada por:

$$s = \text{sqrt} \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

A Variância (s^2), por sua vez, é simplesmente o quadrado do Desvio Padrão, sendo assim:

$$s^2 = \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

O Desvio Padrão é uma medida estatística que nos ajuda a entender o quão espalhados estão os dados ao redor da média. Já a variância é uma medida matemática que também nos ajuda a entender essa dispersão, mas de uma forma diferente. Por exemplo, se somarmos várias distribuições de dados que não têm relação entre si, a variância da soma será igual à soma das variâncias dessas distribuições individuais. Isso não acontece com o desvio padrão. No entanto, uma vantagem do desvio padrão é que ele é expresso nas mesmas unidades da variável original, o que pode ser mais fácil de entender em algumas situações, principalmente estatística aplicada.

A última das medidas de dispersão descritas aqui, e provavelmente a mais importante se trata do Intervalo Interquartil (IIQ). Esta medida nos informa quais valores se encontram nos 50% centrais de uma distribuição de dados de nosso interesse. A ideia dessa medida é similar à da mediana; porém, diferentemente da mediana, que divide nossa amostra em duas metades, cada uma contendo 50% da amostra, a divisão em quartis divide a amostra em quatro partes, ou seja, em porções que representam 25% da amostra total. Assim sendo, temos quatro quartis:

- Q1 (0-25%): Primeiro Quartil;
- Q2 (25-50%): Segundo Quartil;
- Q3 (50-75%): Terceiro Quartil e
- Q4 (75-100%): Quarto Quartil.

A partir dos quartis definidos acima, os 50% centrais da nossa amostra seriam aquele compreendidos entre as porcentagens 25-75% da nossa amostra. Este intervalo é, finalmente, o IIQ, cujo valor é dado por:

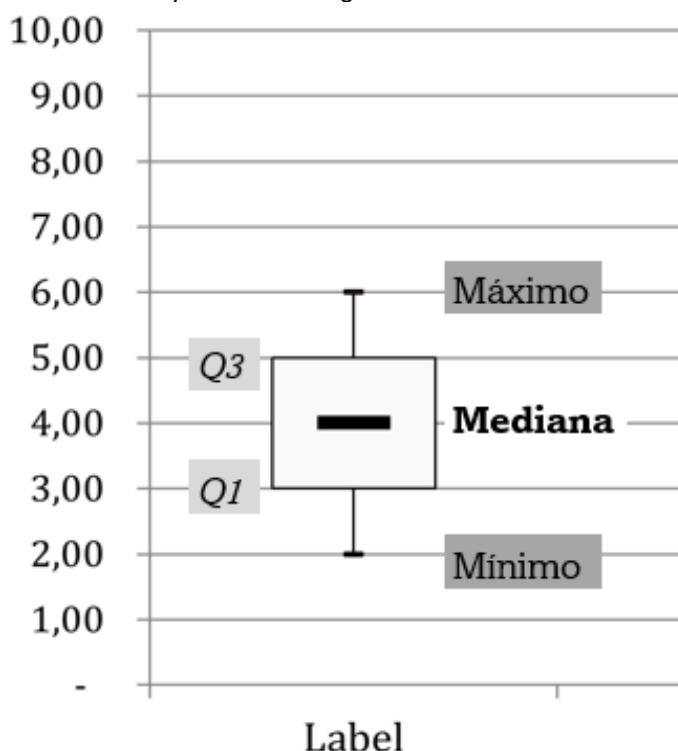
$$IIQ = Q3 - Q1$$

Assim, podemos definir o IIQ como sendo o intervalo de dado que está compreendido entre o primeiro quartil (Q1) e o terceiro quartil (Q3). Podemos também definir a mediana como quartil; no caso, a mediana é idêntica ao valor do segundo quartil (Q2).

5.11.3 Combinando valores médios com medidas de dispersão: o gráfico de caixa ou *boxplot*

Kronthaler (2023) postula que o gráfico de caixa (doravante chamado de *boxplot*) é uma simples representação gráfica, construída com medidas estatísticas facilmente calculadas que permite analisar a variação de variáveis ordinais ou métricas. Um *boxplot* é obtido quando, a partir de um conjunto de dados, as medidas de extremos (máximo e mínimo), a mediana e o intervalo interquartil (Q3-Q1) são representadas conjuntamente em um único gráfico, cuja representação é padronizada. Por meio de um *boxplot*, é possível realizar inferências acerca de tendências do conjunto de dados de maneira simples. A aparência de um *boxplot* simétrico genérico é como segue na Figura 14:

Figura 14: Aspecto típico de um *boxplot* simétrico genérico.



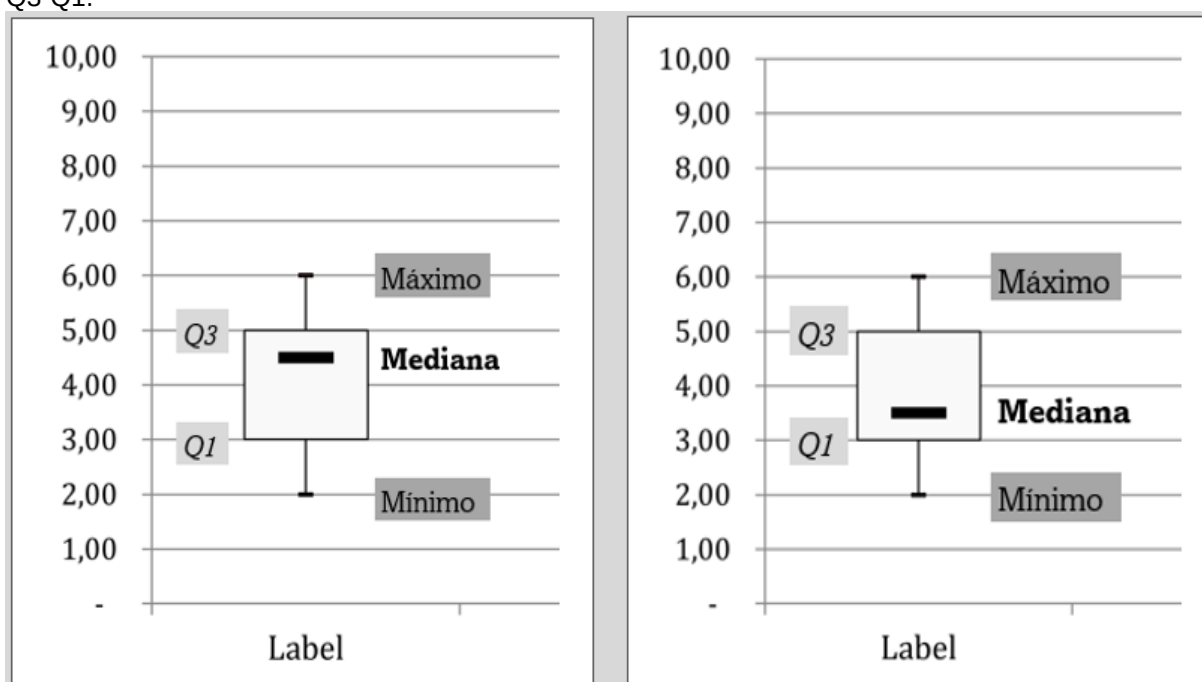
Fonte: Elaboração própria.

Podemos observar diretamente do gráfico as seguintes medidas estatísticas:

- ✓ Máximo = 6
- ✓ Mínimo = 2
- ✓ Primeiro IIQ = 3
- ✓ Terceiro IIQ = 5
- ✓ Mediana = 4

Este *boxplot* genérico nos traz a informação que, em um certo conjunto de dados encerrados entre os valores $6 \leq x \leq 2$, os 50% centrais ($Q3-Q1$) se encontram entre os valores $5 \leq y \leq 3$. Além disso, este *boxplot* especificamente é denominado *simétrico*⁴⁸ pois a mediana divide a representação em duas metades simétricas entre si. Tal aspecto do *boxplot* é bem raro e geralmente ele apresenta aspecto assimétrico, como segue na Figura 15:

Figura 15: *Boxplots* apresentando assimetrias. Observe que a mediana se desloca dentro do intervalo $Q3-Q1$.



Fonte: Elaboração própria.

Os *boxplots* foram uma grande contribuição para o nosso trabalho, pois nos permitiram comparar conjuntos de dados e identificar variações estatísticas entre os conjuntos obtidos durante a implementação do *design* de maneira bastante simplificada. Isso foi possível pois tal recurso nos possibilita traçar diversos gráficos

⁴⁸ Não iremos detalhar matematicamente a medida de assimetria estatística, pois exige um tratamento matemático o qual não concerne o texto; o entendimento qualitativo da medida apresentou suficiência para o autor. No entanto, em caso de interesse, recomenda-se a leitura do seguinte artigo: Doanne, D. P.; Seward, L. E. Measuring Skewness. **Journal of Statistics**, v. 19, n. 2, p. 1–18, 2011.

em uma mesma análise. Trazemos na Tabela 2 três conjuntos de valores genéricos para os quais as medidas estatísticas para construir os *boxplots* foram calculadas.

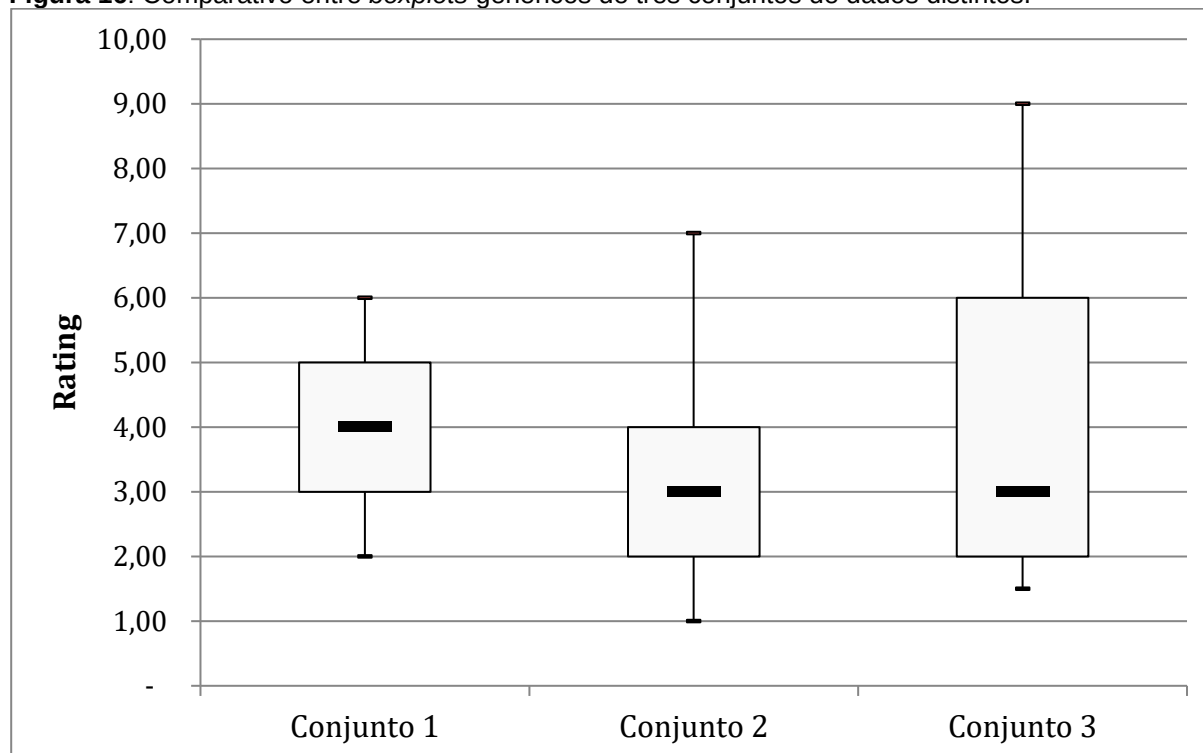
Tabela 2: Medidas calculadas para cada um dos conjuntos representativos.

	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3
Máximo	6,00	7,00	9,00
Q3	5,00	4,00	6,00
Média	4,00	3,00	3,00
Mediana	4,00	3,00	3,00
Q1	3,00	2,00	2,00
Mínimo	2,00	1,00	1,50

Fonte: Elaboração própria.

Em seguida, trazemos os *boxplots* referentes a cada um dos conjuntos na Figura 16:

Figura 16: Comparativo entre *boxplots* genéricos de três conjuntos de dados distintos.



Fonte: Elaboração própria.

Como é possível observar, apesar de haver um aumento crescente nos valores máximos dos conjuntos ($X_{max1}=6$; $X_{max2}=7$; $X_{max3}=9$), o que poderia nos levar a pensar que está ocorrendo um aumento dos valores, ao analisar o IIQ e a mediana de

cada um dos conjuntos temos uma ideia mais coerente do que de fato acontece. Há pouca variação da mediana, e os quartis de cada um dos conjuntos também apresentam pouca discrepância de valores; mesmo no Conjunto 3, cujo IIQ é o maior de todos, isso apenas indica que ocorre uma maior dispersão dos valores do conjunto, porém não há um aumento efetivo dos valores em relação aos conjuntos anteriores. A linha de tendência (tracejada) baseada no valor da mediana, é um artifício que aponta a não ocorrência de variação estatisticamente significativa dos valores entre os três conjuntos.

Os *boxplots* foram uma grande contribuição para o nosso trabalho, pois nos permitiram comparar conjuntos de dados e identificar variações estatísticas entre os conjuntos obtidos durante a aplicação do *design*. Realizamos três comparações, uma para cada instrumento, e ao analisar graficamente a variação dos ratings, conseguimos inferir se houve um aumento na compreensão dos conteúdos químicos pelos alunos.

5.12 Triangulação

O procedimento de triangulação das informações é capaz de tornar a análise dos dados algo mais apurado e confiável, pois, ao empregar diversos instrumentos de coleta de informação em conjunto com o fim de obter um panorama mais geral e real do objeto estudado, as informações como um todo tornam-se mais fundamentadas e minimizam as limitações singulares de cada instrumento. Flick (2009, p. 72) afirma que o processo de triangulação de informações, alicia métodos e produz dados:

[...] que possibilitem entender o sentido subjetivo e uma descrição de práticas e meios sociais [...] no emprego de uma abordagem interpretativa das práticas sociais, que devem ser combinados a uma abordagem reconstrutiva para analisar pontos de vista e sentidos além de uma situação ou atividade atual.

O autor ainda reforça que o intento do processo de triangulação de informações é a produção de uma linha argumentativa que ligue as diversas perspectivas teóricas utilizadas, e não a simplória justaposição de dados obtidos por diferentes instrumentos de coleta. A intenção do procedimento de triangulação de dados é *combinar* e *cruzar* múltiplos pontos de vista, os quais provêm de diversos instrumentos de coleta de dados. Assim, a triangulação permite ao pesquisador empregar diversas técnicas analíticas, o que possibilita incursões ao objeto de pesquisa com diferentes níveis de profundidade e diversificada intencionalidade, as quais posteriormente responderão ao problema de pesquisa proposto de acordo com suas potencialidades.

Em uma primeira etapa, é necessário apontar quais fontes de informações e instrumentos de coleta de dados serão empregados na triangulação. Este procedimento é diretamente conectado com o problema de pesquisa proposto. Em seguida, os instrumentos são analisados para verificar qual ou quais questionamentos contidos no problema de pesquisa são respondidos por cada um deles. Após este alinhamento dos instrumentos com o problema de pesquisa, a triangulação dos instrumentos é realizada, unindo os instrumentos que respondem aos questionamentos comuns entre si. Com os instrumentos triangulados, agora eles podem ser empregados conjuntamente, cada um com sua finalidade, profundidade e alcance específicos, porém sendo utilizados em comunhão para responder uma mesma questão.

É importante notar que, quando os instrumentos estão triangulados, não se pode mais considerar os dados de cada um individualmente para fins de interpretar e tirar conclusões as quais prestarão contas ao problema de pesquisa. Tais interpretações e conclusões devem vir do *todo*, ou seja, os dados de todos os instrumentos atrelados entre si, com o fim de responder um questionamento, devem ser levados em conta simultaneamente. Na ocasião de uma possível divergência ou conflito entre dados, o pesquisador deve explicar o porquê de tais conflitos. É bastante importante notar também que a pluralidade de instrumentos não precisa se restringir aos *métodos de coleta*, mas também ao *tipo de dado coletado* – ou seja, a triangulação permite que dados *qualitativos* e *quantitativos* sejam analisados conjuntamente com o fim de responder a um problema de pesquisa.

Para esta tese de doutorado, triangulamos os instrumentos de coleta de dados e as questões de pesquisa conforme detalhado no Quadro 15:

Quadro 15: Síntese da triangulação realizada para a análise do *corpus* compreendido por esta pesquisa.

QUESTÃO DE PESQUISA	FONTES DE PESQUISA (Modalidade e Tipo) e INSTRUMENTOS DE PESQUISA			
	Sujeitos	Documentos		
	Alunos do 1º Ano do curso de Licenciatura	Relatórios Finais	Refletindos	Formulário de Hipóteses e Proposta de Experimento
Enunciado	Grupo Focal	Análise de Conteúdo		
De que maneira a implementação do design afeta a compreensão acerca dos aspectos da	✓		✓	

Natureza da Investigação Científica de ingressantes de um curso de graduação em química?				
Como a implementação do design impacta a compreensão dos conceitos químicos de ingressantes de um curso de graduação em química?		✓	✓	✓
Em que medida a implementação do design, pautado na epistemologia bachelardiana, proporciona um afastamento dos ingressantes de um curso de graduação em química da experiência comum, levando-os a desenvolverem uma identidade característica da experiência científica?	✓	✓		✓

Fonte: Elaboração própria.

6. Resultados e discussão

6.1 Primeira Questão de Pesquisa: Compreensão da Natureza da Investigação Científica

De que maneira a implementação do design afeta a compreensão acerca dos aspectos da Natureza da Investigação Científica de ingressantes de um curso de graduação em química?

6.1.1 Considerações iniciais sobre NiC

Para analisar e discutir tal questão de pesquisa, nos baseamos em dois instrumentos de coleta de dados distintos, conforme consta no Quadro 13, a saber:

1. Transcritos dos Grupos Focais;
2. Refletidos respondidos pelos grupos.

Dessa maneira, a fim de melhor organizar a discussão a ser realizada, decidimos por inicialmente discutir cada um dos dados dos instrumentos de maneira agrupada. No caso, agrupamos as discussões sobre os Grupos Focais em um bloco, e as discussões sobre os refletidos respondidos em um outro bloco. Por fim, trazemos um panorama da turma acerca de ambos os documentos, com a finalidade de assim realizar um desfecho apropriado acerca de como entendemos que o *design* impactou na compreensão dos grupos sobre os aspectos de NiC.

Por fim, apesar de a base analítica para esta etapa se tratar da fundamentação fornecida pelos diversos trabalhos de Lederman e seu grupo, sobretudo Lederman e colaboradores (2014), pensamos ser importante que tivéssemos uma lente generalizada de análise, com o intuito de ser um primeiro filtro de dados antes do *corpus* de análise passar pelo crivo das categorias analíticas em si. Tal dispositivo teve, como propósito primevo, auxiliar o próprio pesquisador a se aclimar e se ajustar na condução das análises, ou seja, endossar as suas próprias capacidades analíticas. Assim sendo, dentro do contexto da nossa conversa sobre a análise de dados educacionais relacionados aos conceitos de Natureza da Investigação Científica (NIC), podemos entender os seguintes significados para as noções menos informadas, mistos e mais informadas:

- ✓ **Noções Menos Informadas:** refere-se a um nível de compreensão do conceito de NiC que é básico, superficial ou limitado. Os alunos com noções menos informadas podem ter dificuldade em identificar os princípios fundamentais da investigação científica, podem confundir os métodos de pesquisa ou ter uma noção distorcida do papel da evidência empírica na construção do conhecimento científico.
- ✓ **Noções Mistas:** indica uma variedade de níveis de compreensão do conceito de NiC, com alguns aspectos sendo compreendidos de forma mais clara e outros menos. Os alunos com noções mistas podem demonstrar competência em certos aspectos da investigação científica, enquanto ainda têm dificuldades em outros aspectos. Isso pode resultar em uma compreensão parcial ou inconsistente do processo de investigação científica.
- ✓ **Noções Mais Informadas:** representa um nível avançado de compreensão do conceito de NiC, caracterizado por uma compreensão abrangente, precisa e sofisticada do processo de investigação científica. Os alunos com noções mais informadas são capazes de aplicar princípios de investigação científica de forma crítica e reflexiva, demonstrando uma compreensão profunda dos métodos, técnicas e valores subjacentes à prática científica.

Postas as diretrizes básicas da nossa análise, em seguida partimos para a descrição do primeiro bloco de análise desta Questão de Pesquisa, que trata justamente dos transcritos dos grupos focais e sua consequente análise.

6.1.2 Primeiro bloco: grupos focais

Como evidenciado no Quadro 13, o Grupo Focal foi utilizado com vistas de contemplar a dois dos três pilares desta tese: os aspectos de NiC e os aspectos sobre Experiência Comum *versus* Experiência Científica de Bachelard (1996). Assim sendo, as questões postas no Roteiro de Condução (Apêndice E), endereçadas a coletar informações sobre NiC dos sujeitos de pesquisa, foram as seguintes:

- ✓ Questão de Aquecimento (QAq);
- ✓ Questão Desencadeadora 1(QD1);
- ✓ Questão de Aprofundamento 1 (QAp 1.1).

Contudo, tais questões não se referiam a um ou outros aspectos de NiC de maneira específica (ao contrário do caso das questões dos refletidos, as quais foram

desenhadas de maneira se relacionarem diretamente a aspectos específicos de NiC). Em vista dessa não especificidade, decidimos que seria mais adequado não realizar análises estatísticas frequenciais acerca das menções atribuídas aos aspectos; nos contentamos com a categorização das falas dos sujeitos aos aspectos e, principalmente, com a classificação dos segmentos categorizados, que se deu em três possibilidades, como já comentamos anteriormente:

- ✓ Noções mais informadas sobre NiC;
- ✓ Noções mistas sobre NiC;
- ✓ Noções menos informadas sobre NiC.

Dessa maneira, com a finalidade de maximizar o rigor analítico, os transcritos dos grupos focais foram categorizados de acordo com os aspectos de NiC trazidos no Quadro 3, e os critérios para classificação dos trechos categorizados foram obtidos *a posteriori*, durante a própria leitura e análise dos transcritos dos grupos focais. Decidimos por essa estratégia uma vez que os aspectos de NiC (que foram empregados como categorias analíticas obtidas *a priori*) somente trazem informações suficientes para delimitar o que seriam as noções mais informadas. A nossa ideia inicial era realizar uma análise individual dos grupos e, após isso, procurar possíveis entrelaçamentos entre os dados e então produzir análises dos grupos como um todo. Contudo, ao cabo da análise inicial, alguns imprevistos surgiram e, na ocasião, decidimos mudar nossa sistemática de análise e discussão dos dados. Comentamos adiante em detalhe os acontecimentos.

O primeiro ponto sensível da leitura dos transcritos que nos levou a mudar nossas intenções *a priori* de análise se referiu à quantidade de trechos codificados em cada um dos transcritos. Uma média de 7 trechos codificados por transcrito foi obtida; contudo a flutuação desse valor foi bastante significativa. A título de exemplo, um grupo teve 15 trechos codificados em seu transcrito, porém outro grupo teve apenas 1 trecho codificado. Um segundo ponto que nos trouxe a uma reflexão sobre a forma com que esse bloco deveria ser analisado se referiu à frequência de atribuições para cada categoria. Ao cabo da categorização, as frequências do Quadro 16 foram obtidas para cada um dos aspectos.

Quadro 16: Visão geral da quantidade de trechos codificados na análise dos grupos focais.

Aspecto de NiC	Noções menos informadas	Noções Mistas	Noções mais informadas	Total de trechos Codificados
Aspecto 1	3	3	5	11
Aspecto 2	2	4	6	13
Aspecto 3	1	1	5	7
Aspecto 4	0	1	3	4
Aspecto 5	0	0	2	2
Aspecto 6	0	0	2	2
Aspecto 7	1	1	3	5
Aspecto 8	0	1	0	1

Fonte: elaboração própria.

Como é notável ao ler o Quadro 16, algumas categorias possuem um número razoável de aparições, enquanto outras praticamente não foram detectadas. O mais problemático dessa questão foi o fato de que, para algumas categorias (A4, A5, A6 e A8), apenas um ou dois grupos fizeram menção. E tal achado, apesar de em uma primeira instância poder indicar algum problema durante a análise dos transcritos, pode ser explicado de outra forma. O primeiro ponto que pensamos que poderia explicar tal comportamento reproduzido no Quadro 16 se deve ao fato de que algumas categorias são mais frequentes na fala dos sujeitos do que outras. Por exemplo: as categorias A1 e A2, que se referem aos aspectos fundamentais da investigação científica (teste de hipóteses *versus* problema de pesquisa para A1 e a problemática da existência do Método Científico em A2) foram as mais encontradas ao longo dos transcritos analisados. Isso, em nosso entendimento, se deve sobretudo ao fato de tais elementos serem mais intrigantes e mais próximos dos problemas e noções espontâneas dos sujeitos do que, por exemplo, a categoria A8 (que disserta sobre o conceito de explicação no contexto da investigação científica). Pensamos que esse fator de *proximidade* subjetivo pode ter sido altamente relevante quando da realização dos grupos focais.

Um outro fator igualmente impactante se trata do fato de que nossas questões do grupo focal não se referiam especificamente a nenhum aspecto de NiC. As questões foram desenhadas de maneira a terem alguma inclinação aos conceitos de NiC ou os conceitos bachelardianos, mas nenhuma delas era explicitamente

endereçada para tais conceitos. Em virtude disso, era possível que, nas falas dos sujeitos, vários trechos fossem codificados ou que praticamente nenhum trecho fosse codificado (como de fato aconteceu conforme comentado anteriormente). Pensamos que tal ocorrência refletiu a natureza mais subjetiva do grupo focal, pois Barbour (2009) afirma que o moderador do grupo focal deve procurar não enviesar as falas dos respondentes, primando pela resposta mais genuína, mais refletiva do que os sujeitos realmente pensam sobre o assunto em debate.

Assim sendo, com o intuito de não prejudicar a qualidade e acurácia da análise dos dados dos grupos focais, duas decisões foram tomadas com respeito à maneira com que a análise seria feita, como segue:

- ✓ *Exclusão de trechos codificados referentes a certas categorias.* Em consonância com os critérios de confiabilidade e significância para os procedimentos de codificação e análise propostos por Bardin (1977), os trechos codificados para as categorias A4, A5, A6, A7 e A8 foram excluídos da análise;
- ✓ *Análise coletiva dos grupos.* Com a finalidade de evitar distorções e interpretações equivocadas, ao invés de analisar os grupos individualmente (por transcrito), decidimos por agrupar todos os trechos codificados, analisando todos os grupos como sendo uma entidade única. Dessa maneira, o risco de distorções é reduzido consideravelmente e o panorama analítico do nosso trabalho é preservado.

Definidos os detalhamentos da nossa análise, iniciamos a análise dos grupos focais. Nos Quadros 17 a 19 trazemos extratos representativos das falas dos grupos acerca de cada uma das categorias selecionadas, para cada um dos nivelamentos estabelecidos. Em seguida, fizemos uma discussão na ordem disposta nos quadros, iniciando com os extratos menos informados, passando pelos mistos e finalizando com os mais informados.

Quadro 17: Extratos representativos dos trechos codificados como sendo menos informados para as categorias assinaladas.

A1	A2	A3
Ah, eu acho que desde o início nós tivemos que pensar, refletir, criar uma hipótese do que estaria relacionado com as amostras e como nós íamos relacionar com a “temo”, principalmente com a temperatura ali, então como uma amostra ia esfriar, outra ia esquentar, e como nós íamos identificar qual amostra era o quê. Então é um laboratório básico, mas é basicamente o que um cientista faz: ele cria hipótese, ele vai testando (...) Nós seguimos um método científico, né.	Eu lembro que tentei me colocar na situação, de como eu agiria ali, de cara eu vi que tinha muita coisa que seria muito inviável de usar, tinha batata, coisas que realmente pensei que eram só para distrair. E a primeira impressão que tive olha que olhei e bati o olho nas fórmulas, pensei: “Poxa, precisamos de algo que vai gerar, liberar oxigênio”, tanto é que isso foi “bom”, porque conseguimos escolher um certo, mas foi “ruim”, pois escolhemos um que não reagia, que não liberava, então nem sempre é o que nós vemos. Lembro que tínhamos o que pesquisar, tinha livro, tinha até os <i>iPads</i>, e nós meio que pesquisamos muito por cima, falamos: “Não, é isso daqui mesmo”, foi mais ou menos assim, e nós não seguimos um método assim científico do que nós deveríamos realmente fazer.	É, foi ele [o professor assistente] nos explicar como cada fator ia influenciar em que e como nós íamos identificar qual material usar.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 18: Extratos representativos dos trechos codificados como sendo mistos para as categorias assinaladas.

A1	A2	A3
E também por ser a primeira prática que pegamos para fazer nesse modelo, de nós procurarmos essa orientação, nós não conseguíamos dividir bem o que era hipótese, o que era o levantamento, então aos poucos, com o decorrer das práticas, começamos intuitivamente a fazer isso, mas de uma maneira bem natural, nós não ficávamos preso a pensar o que teria que ser feito primeiro, não, de uma maneira natural acho que conseguimos desenvolver bem essa parte de levantar hipótese do questionamento, e aí conseguimos fazer, dar o seguimento das práticas.	Como o experimento realizado com o Google, ele teve que fazer uma equipe especializada para desviar o pessoal, porque eles perceberam que todo o sistema que eles usaram de persuasão no sistema de notificação do Google, sistemas de rolagem infinita, você tem que usar de métodos científicos para fazer pesquisas para ter um certo resultado que você queira ou minimizar um certo efeito que você teve. Mas você encontra tudo isso em bases científicas com dados e evidências, e pesquisando o procedimento.	Acho que dentro do que foi apresentado, do que vocês entregaram para nós, algumas pistas, até mesmo o problema, eu lembro que nessa primeira parte cinética quanto aos antiácidos, eu lembro que eu pensava que surgia muitas hipóteses dos porquê das reclamações dos clientes, poderia ser até mesmo o clima, e lembro que tinham algumas que eram reclamações muito iguais e que não fazia sentido ser o clima, umidade, aí lembro que fizemos até uma tabela e julgávamos muito em questão da qualidade do produto, que é uma coisa que não era bem cinética, mas era algo que poderia ser também.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 19: Extratos representativos dos trechos codificados como sendo mais informados para as categorias assinaladas.

A1	A2	A3
Orador A: A primeira diferença é que, provavelmente, mudaríamos, foi em uma questão que respondemos que, deixe-me ver, a investigação científica se iniciava com uma hipótese e não com questionamento. Para mim, o primeiro erro foi esse. Orador C: Sim, concordo. Porque, no momento, pensamos que realmente não era um questionamento e sim uma hipótese. Só que, na verdade, estávamos errados, porque não conseguimos identificar que aquilo era um questionamento, porque precisávamos encontrar. Orador B: Porque na nossa cabeça, a hipótese era qualquer ideia que se tinha. E na investigação científica não existia o questionamento, você já entrava direto com a hipótese, que você achava que era aquilo. Orador C: Acho que é, principalmente, devido aos textos. Às vezes, confundia um pouco. Porque não era um questionamento nosso. Estamos no texto, acho que foi por isso que	Outra coisa também, aprendemos a pensar, porque querendo ou não, com um roteiro pronto é como seguir uma receita de um bolo; nem pensamos, só pegamos, fazemos e depois, estudaremos o que aconteceu. Assim, achei superbacana, porque nos forçávamos a pensar: "por que isso acontece, que isso vai, isso dará certo? Vai dar errado?" Isso, realmente, é a vida, é o dia a dia de um cientista que é pensar, porque não terá nada pronto para você. Você está pesquisando, você encontrará a solução.	Eu também achei bem legal que dá para podermos pensar em como químico trabalha na indústria, porque além de avaliar qual era o melhor sal e qual nível de aquecimento e resfriamento, nós tínhamos que trabalhar qual era o mais barato para conseguirmos comprar em grande escala se fôssemos realmente da indústria. Ache que era um ponto bem interessante de podermos trabalhar, fazer esse tipo de avaliação.

aconteceu, de acharmos que é uma hipótese, já pronta. Mas, na verdade, não, era um questionamento.		

Fonte: Elaboração própria.

6.1.3 Análise dos extratos representativos da categoria menos informados

Iniciando a nossa discussão, pensamos que o primeiro extrato seja o mais pitoresco de todos. O trecho em questão se refere à atividade 2 de termoquímica (identificação de amostras desconhecidas) e é muito interessante observar como a ideia de trabalhar ou criar hipóteses a serem testadas é um elemento recorrente no extrato. O trecho mais marcante desse extrato, segundo nossa análise, foi “...*mas é basicamente o que um cientista faz: ele cria hipótese, ele vai testando*”. É muito interessante observar como a visão do trabalho científico que esse grupo traz é limitada – e, conseqüentemente, largamente ingênua – trazendo uma ideia bastante vaga e simplória da atuação do cientista, que parece que simplesmente todos os dias comparece a seu local de trabalho, pensa em algo para testar e, simples assim, realiza o teste. Não existe um raciocínio, um levantamento de dados, uma proposição de etapas de pesquisa e, sobretudo, não existe um problema! É muito singular como que um problema bem expresso – há dois frascos, e seus respectivos conteúdos são desconhecidos. Como identificar? – passa completamente despercebido pelos sujeitos do grupo. O que é interessante é que, apesar de não perceberem, eles no mesmo extrato trazem elementos que se relacionam com a etapa de reconhecimento e levantamento de ideias para resolver o problema:

(...) nós tivemos que pensar, refletir, *criar uma hipótese* do que estaria relacionado com as amostras e como nós íamos relacionar com a “termo”, principalmente com a temperatura ali, então como uma amostra ia esfriar, outra ia esquentar, e como nós íamos identificar qual amostra era o quê.

Como é possível notar, essa fala deles é repleta de termos que podemos pensar como verbos de ação da taxonomia de Bloom (Ferraz and Belhot, 2010): Refletir é um verbo de ação relacionado ao nível 4 da taxonomia (analisar); relacionar, por sua vez, se enquadra no nível 2 (entender); por fim, temos o verbo identificar, que nós entendemos como sendo relacionado ao nível 3 (aplicar). Contudo, apesar de, em nossa análise, ser bastante patente que estamos falando de processos cognitivos de nível mediano, o grupo atribui todas essas ações ao ato de criar uma hipótese, e não à proposição e resolução de um problema.

Há um porém: também precisamos levar em conta o *criar*, posto logo no começo da fala, que é relacionado ao estrato mais elevado da taxonomia e, não por coincidência, nomeia o nível 6 dela. E ele de fato está presente – o grupo de fato

precisa criar um procedimento para a identificação das amostras. O material de apoio que fora fornecido (livros, tabletes para acessar a *internet*) não continha um procedimento formal para resolver o problema. Então, esse criar é genuíno! Com base nisso, podemos notar como, inicialmente (uma vez que estamos falando da primeira SEI do *design*) os alunos possuem uma ideia pouco informada da atividade científica e, sobretudo, sobre o aspecto A1, entendendo que todo o complexo processo que eles desempenharam para resolver o problema proposto não passou de um levantamento e teste de hipóteses. Cabe ressaltar que tais ações podem ter ocorrido; contudo, a maneira com que o grupo interpreta suas ações e as encaixota como sendo apenas um processo de “criação e teste de hipóteses” é bastante ingênuo – fato que, para todos os efeitos, é perfeitamente compreensível para um grupo que está passando pela primeira atividade investigativa de nosso *design*.

O segundo extrato representativo (que se refere ao A2), possui várias informações diferentes, mas vamos nos atentar particularmente ao trecho que é de nosso interesse, que consta ao final da fala: “... *foi mais ou menos assim, e nós não seguimos um método assim científico do que nós deveríamos realmente fazer*”. É bastante claro que nesse trecho subjaz a existência de um método específico, correto a se seguir para resolver o problema proposto (no caso, esse extrato se refere à prática 3 da SEI de cinética, a crise no espaço). Isso mostra que, mesmo praticamente ao cabo de duas SEIs, esse grupo ainda possui noções menos informadas sobre A2. Isso somente reforça o argumento (feito na seção de conclusões desta tese) que certos aspectos de NiC propostos por Lederman e colaboradores (2014) são de dificuldade significativamente maior de serem construídos do que outros.

Além disso, observando o resto da fala, é possível notar como o grupo apresentou dificuldades em articular um procedimento para resolver o problema, apesar de terem apresentado uma capacidade parcial de analisar qual dos reagentes propostos poderiam ser utilizados. Tal dado nos possibilita sugerir que esse processo de organização de ideias e articulação de um protocolo de resolução de problemas ainda permanecia um desafio para esse grupo em particular.

Por fim, temos o extrato representativo para o A3. Para contexto, esse extrato se refere à atividade 3 de termoquímica (dispositivos de aquecimento e resfriamento de emergência). Como o extrato é pequeno, trazemos ele em sua integralidade aqui por conveniência: “*É, foi ele [o professor assistente] nos explicar como cada fator ia*

influenciar em que e como nós vamos identificar qual material usar”. Aqui o fator crucial para termos codificado esse trecho como sendo menos informado é o fato de que, ao invés de se pautar nas informações e materiais fornecidos, bem como o problema proposto, o grupo optou pelo caminho passivo, diretivo, de se apoiar fundamentalmente nas falas do professor assistente para embasar seus procedimentos. Assim sendo, seus procedimentos não podem sequer ser classificados como sendo investigativos, uma vez que eles não realizam nenhum tipo de procedimento independente do que o professor assistente indicou.

6.1.4 Análise dos trechos codificados como sendo mistos

Dando sequência na análise, o extrato representativo que selecionamos para o A1 traz uma fala bastante interessante. Para contexto, a fala do grupo se refere à prática 3 de termoquímica, e aproveitamos o ensejo para comentar como que nessas práticas da primeira SEI aparecem com frequência codificações menos informadas – algo que consideramos ser perfeitamente plausível.

Para analisar esse trecho, precisamos trabalhar em partes. Inicialmente, é necessário comentar que o trecho, apesar de fundamentalmente se apoiar na prática de Termoquímica 3, também possui uma fala que é transversal, se referindo ao *design* como um todo:

E também por ser a primeira prática que pegamos para fazer nesse modelo, de nós procurarmos essa orientação, nós não conseguíamos dividir bem o que era hipótese, o que era o levantamento, então aos poucos, com o decorrer das práticas, começamos intuitivamente a fazer isso.

Essa fala é fundamental pois ela revela que o grupo, inicialmente, possuía um entendimento menos informado sobre o A1, mas que conforme a aplicação do *design* prosseguiu, eles foram capazes de avançar positivamente na compreensão do aspecto, “...acho que conseguimos **desenvolver bem essa parte de levantar hipótese do questionamento**, e aí conseguimos fazer, dar o seguimento das práticas”. É bem interessante notar como que a porção grifada reflete claramente uma postura mista do A1; eles concebem a importância do questionamento, mas ela permanece atrelada a um processo de levantamento de hipóteses. Essa incapacidade de desvencilhar, de romper a suposta ligação entre problema e hipótese apareceu em outras falas de outros grupos, porém pensamos que deste grupo foi mais impactante.

O extrato seguinte foi de difícil classificação; acabamos optando por categorizá-lo como sendo misto, mas ele estaria, a nosso ver, mais posicionado num interstício

entre misto e mais informado. Um fato bastante interessante é que a fala que o grupo traz sobre A2 não tem absolutamente nada a ver com o *design*; o aluno que falou relacionou algo externo (uma pesquisa que ele tinha conhecimento) com o aspecto. O trecho que mais nos chamou a atenção foi o seguinte:

(...) você tem que usar de métodos científicos para fazer pesquisas para ter um certo resultado que você queira ou minimizar um certo efeito que você teve. Mas você encontra tudo isso em bases científicas com dados e evidências, e pesquisando o procedimento.

O fato de o grupo assumir que existem “métodos científicos para fazer pesquisas” já aponta para um entendimento mais apropriado do A2, contudo a relação estreita entre método de pesquisa e resultado esperado que é colocada finda por minar parcialmente a fala, apesar de ela como um todo ser bastante interessante e adequada. Em decorrência desse acumulado, entendemos que a fala tem um caráter misto.

Para o último aspecto, é necessário fazer uma breve contextualização: a prática a qual o trecho se refere é a de cinética 2 (o problema dos antiácidos), que foi a nossa produção interdisciplinar. Por conveniência, trazemos rapidamente o problema, pois a fala do grupo é bastante dependente de uma aproximação com ele: uma situação-problema hipotética foi proposta, na qual os grupos, fornecidos diversos dados sobre a venda de antiácido de uma marca genérico, na forma de pastilha ou pó, deviam explicar a diferença observada nas vendas entre regiões e propor um novo plano de vendas que maximizasse o lucro da empresa. O trecho codificado é um pouco confuso – porém podemos notar algumas colocações interessantes. A primeira delas vem no seguinte trecho,

Acho que dentro do que foi apresentado, do que vocês entregaram para nós, algumas pistas, até mesmo o problema, eu lembro que nessa primeira parte cinética quanto aos antiácidos, eu lembro que eu pensava que surgia muitas hipóteses dos porquês das reclamações dos clientes (...)

Nesse trecho, é bem explícito que o grupo está considerando as informações providas e refletindo, com base nelas, para resolver o problema, sobretudo quando eles trazem a fala sobre as “reclamações dos clientes”, que foi um importante conjunto de dados disfarçado como comentários de clientes que inserimos no roteiro da atividade. Muito do trabalho dessa atividade era propositivo e interpretativo, e justamente na interpretação dos comentários dos clientes esse grupo os interpretou de maneira incorreta, o que acarretou uma conclusão errônea da parte deles de como alterar o plano de vendas da empresa.

6.1.5 Análise dos trechos codificados como sendo mais informados

Dando início à análise do último bloco de extratos representativos, iniciando pelo primeiro extrato, uma característica bastante peculiar dele é o fato de que esse é o único no qual mais de um orador participa da fala; um outro fato notável é que ele se refere ao fato deles concordarem ou não com uma resposta que eles haviam dado no refletindo de termoquímica, ou seja: é uma fala feita logo ao início do grupo focal deste grupo. A fala do primeiro sujeito (Orador A) é bastante clara:

A primeira diferença é que, provavelmente, mudaríamos, foi em uma questão que respondemos que, deixe-me ver, a investigação científica se iniciava com uma hipótese e não com questionamento. Para mim, o primeiro erro foi esse.

Em seguida, o Orador C complementa:

Sim, concordo. Porque, no momento, pensamos que realmente não era um questionamento e sim uma hipótese. Só que, na verdade, estávamos errados, porque não conseguimos identificar que aquilo era um questionamento (...)

E por fim, trazemos a curiosa fala do orador B:

Porque na nossa cabeça, a hipótese era qualquer ideia que se tinha. E na investigação científica não existia o questionamento, você já entrava direto com a hipótese, que você achava que era aquilo.

Esse trecho é muito diferente dos demais por diversos motivos. O primeiro motivo é o encadeamento das ideias entre os seus diferentes componentes, o que revela que todos eles possuem um entendimento comum sobre a pergunta – eles possuíam uma noção menos informada sobre a ideia de hipótese e problema, a qual, em virtude das repercussões da aplicação do *design*, foi modificada para um entendimento mais informado. Uma fala específica do orador B é muito interessante, *“Porque na nossa cabeça, a hipótese era qualquer ideia que se tinha”*. A existência de uma suposta sinonímia entre ideia e hipótese subjazia a noção menos informada de que ideia e hipótese seriam a mesma coisa. É importante refletir que essa questão da sinonímia, da palavra pode ter sido relevante no amadurecimento do pensamento de outros alunos, só que não foi comentada. A mesma ideia de sinonímia aparece novamente na fala do Orador C, ao dizer que *“no momento [da escrita da resposta ao refletindo] pensamos que realmente não era um questionamento e sim uma hipótese”*.

Tais constatações podem inferir que, talvez, a mera exposição dialógica junto ao debate ativo dos alunos sobre as noções de NiC não sejam suficientes para que a desconstrução de certas noções menos informadas seja propiciada, sobretudo no que tange ao domínio da atribuição de significados. Uma discussão mais profunda sobre

a importância da significação e de como os conhecimentos prévios afetam a compreensão de alguns conceitos é feita no segundo bloco, que discute sobre os refletidos.

Partindo para o segundo extrato representativo, que discute sobre o A2, temos uma fala bastante rica; vamos dissecá-la em três partes. Em um primeiro momento, temos a seguinte colocação:

Outra coisa também, aprendemos a pensar, porque querendo ou não, com um roteiro pronto é como seguir uma receita de um bolo; nem pensamos, só pegamos, fazemos e depois, estudaremos o que aconteceu.

Esse trecho é muito interessante por dois motivos: o primeiro é a evidente e contundente crítica ao modelo do laboratório tradicional, com o roteiro como “uma receita de bolo”, crítica tal que já é documentada na literatura como por exemplo no trabalho de Hodson (2005). Porém, o comentário mais significativo se refere a menção ao ato de pensar. O locutor afirma que, com nosso *design*, “[nós] aprendemos a pensar”, enquanto no caso de experimentações tradicionais “[nós] nem pensamos”. É muito impactante um aluno de primeiro ano trazer esse tipo de raciocínio reflexivo sobre o seu *modus operandi* em laboratório, sendo capaz de notar a necessidade da passagem de uma postura passiva para uma postura ativa, tal qual Carvalho (2013) propõe que ocorra quando da aplicação da metodologia do Ensino por Investigação.

O segundo ponto também se trata de um movimento reflexivo, “*Assim, achei superbacana, porque nos forçávamos a pensar: por que isso acontece, que isso vai, isso dará certo? Vai dar errado?*”. Novamente, é de grande valia ver esse tipo de movimento de reflexão, sobretudo o questionamento “*por que isso acontece*”, que é um dos questionamentos fundamentais da ciência em seu âmago.

Por fim, vem o glorioso e último trecho, “*Isso, realmente, é a vida, é o dia a dia de um cientista que é pensar, porque não terá nada pronto para você. Você está pesquisando, você encontrará a solução*”. Temos um sujeito, iniciante de curso, que traz uma fala que é perfeitamente alinhada com a noção mais informada do aspecto 2. O aparente simples argumento de que “*...não terá nada pronto para você*” representa um rompimento com a noção de que a prática científica é algo de teor comprobatório, linear e sequencial (Lederman *et al.*, 2014). Para efeito de comentário, este grupo foi o único que teve um trecho codificado como sendo mais informado no segundo bloco de Refletidos na SEI de Eletroquímica.

O último trecho codificado para o A3 representa uma fala um pouco destoante das duas anteriores. O grupo traz uma nuance diversificada para a discussão, ao incorporar um elemento bastante importante que pouco foi comentado por outros grupos,

(...) porque além de avaliar qual era o melhor sal e qual nível de aquecimento e resfriamento, nós tínhamos que trabalhar qual era o mais barato para conseguirmos comprar em grande escala [como] se fôssemos realmente da indústria.

Essa conexão trazida no trecho destaca revela que o grupo não apenas pensou na problemática envolvendo o aspecto químico do problema trazido (para contexto, a fala se refere a atividade 3 de termoquímica, de dispositivos de aquecimento/resfriamento de emergência) mas também pensou na esfera externa que circunda o problema, que é o fator financeiro envolvido. Ao contemplar os dois aspectos do problema, podemos inferir que esse grupo genuinamente refletiu e ponderou no problema proposto em sua completude para trazer uma proposta resolutive.

Com isso, finalizamos o primeiro bloco de discussões sobre os aspectos de NiC, que tratou de alguns extratos representativos que selecionamos para ilustrar como as falas dos grupos se relacionou aos aspectos de NiC trabalhados. Em sequência, prosseguimos com as análises, trazendo nossas ponderações acerca do segundo *corpus* de documentos estudados para esta questão de pesquisa, os refletindo.

6.1.6 Segundo bloco: refletindo

Para dar início à discussão do segundo bloco, trazemos nas páginas a seguir, para fins de praticidade de fluidez do texto, todos os dados obtidos ao longo da análise estatística, sendo eles tabelas, cálculos e gráficos. Em seguida, recapitulamos rapidamente do que se tratam cada um dos aspectos trabalhados. Na sequência, a análise independente de cada um dos aspectos foi feita, e o desfecho desta seção é realizado trazendo os insights e inferências globais do que foi achado durante a análise.

Assim como na análise dos grupos focais, o procedimento de codificação do *corpus* de documentos dos refletindo se deu em três categorias, a saber: Menos Informada (cor associada: verde), Misto (cor associada: amarelo) e Mais Informada (cor associada: azul). Ainda, antes de trazer os dados, é necessário explicar alguns elementos especiais da nossa análise, como seguem:

- A *variável de análise Índice de Assertividade (IA)*. Esta variável foi obtida a partir de um intenso movimento teórico com a finalidade de encontrar de uma maneira de mensurar o quanto os grupos foram capazes de compreender cada um dos aspectos de maneira simples, de pronto entendimento e de fácil compreensão para o leitor. O IA é um valor normalizado para a unidade (ou seja, seu valor varia entre 0 e 1), onde 0 indica ausência de qualquer compreensão sobre o aspecto em questão, e 1 indica compreensão totalmente adequada do aspecto. A fórmula para o cálculo dessa variável é como segue:

$$IA = (0 * \% TCMel) + (0,5 * \% TCMix) + (1 * \% TC Mal)$$

Em que

- ✓ IA = Índice de Assertividade
- ✓ %TCMel = Percentil de trechos codificados como sendo Menos Informados;
- ✓ %TCMix = Percentil de trechos codificados como sendo Mistos;
- ✓ %TCMal = Percentil de trechos codificados como mais Menos Informados.

Como é perceptível, o IA nada mais é do que uma média ponderada normalizada para a unidade. As respostas codificadas como sendo Menos Informadas não contribuem para o valor parcial de IA, as respostas codificadas como Mistos contribuem com 0,5 para o valor parcial de IA, e as respostas codificadas como sendo Mais Informadas contribuem com 1 para o valor parcial de IA. Assim sendo, é fácil verificar que IA é uma variável normalizada; se todas as respostas são menos informadas (ou seja, %TCMel = 100) temos

$$IA = (0 * 100\%) + (0,5 * 0\%) + (1 * 0\%) = 0$$

Da mesma forma, podemos verificar que o valor máximo de IA é a unidade, pois o valor máximo de IA é alçado se todas as respostas são mais informadas (ou seja, %TCMal = 100), assim temos

$$IA = (0 * 0\%) + (0,5 * 0\%) + (1 * 100\%) = 1$$

Uma parte significativa da análise estatística realizada para os aspectos se baseia no valor do IA e como este varia ao longo da aplicação do *design*.

Um segundo ponto importante se trata do Aspecto 8 postulado por Lederman e colaboradores. Aproveitamos o ensejo para refrescar a memória dos leitores acerca

de o que cada um dos aspectos trabalhados em nosso *design* se refere, de maneira sucinta:

- ✓ Aspecto 1: Todas as investigações científicas se iniciam com uma questão e não necessariamente testam uma hipótese;
- ✓ Aspecto 2: Não existe um conjunto único de passos a serem seguidos em todas as investigações (e.g. não há um método científico);
- ✓ Aspecto 3: Os procedimentos investigativos são guiados pela questão proposta;
- ✓ Aspecto 4: Cientistas realizando os mesmos procedimentos podem não obter os mesmos resultados;
- ✓ Aspecto 5: Os procedimentos investigativos podem influenciar os resultados;
- ✓ Aspecto 6: As conclusões de uma pesquisa devem ser consistentes com os dados coletados;
- ✓ Aspecto 7: Dado científico e evidência científica são conceitos distintos;
- ✓ Aspecto 8: Explicações são desenvolvidas a partir de uma combinação de dados coletados e o que já é sabido.

Recapitulados brevemente os 8 aspectos de NiC trabalhados ao longo da aplicação do *design*, um segundo lembrete que se faz pertinente, para clareza, se trata das perguntas constantes no Refletindo. Tais perguntas eram endereçadas para aspectos específicos, e tinham como característica um crescimento progressivo na dificuldade ao longo da implementação do *design*, de maneira que na SEI de Termoquímica, as questões realizadas possuíam baixa dificuldade, na SEI de Cinética Química as questões possuíam dificuldade intermediária, e na SEI de Eletroquímica as questões eram significativamente mais difíceis.

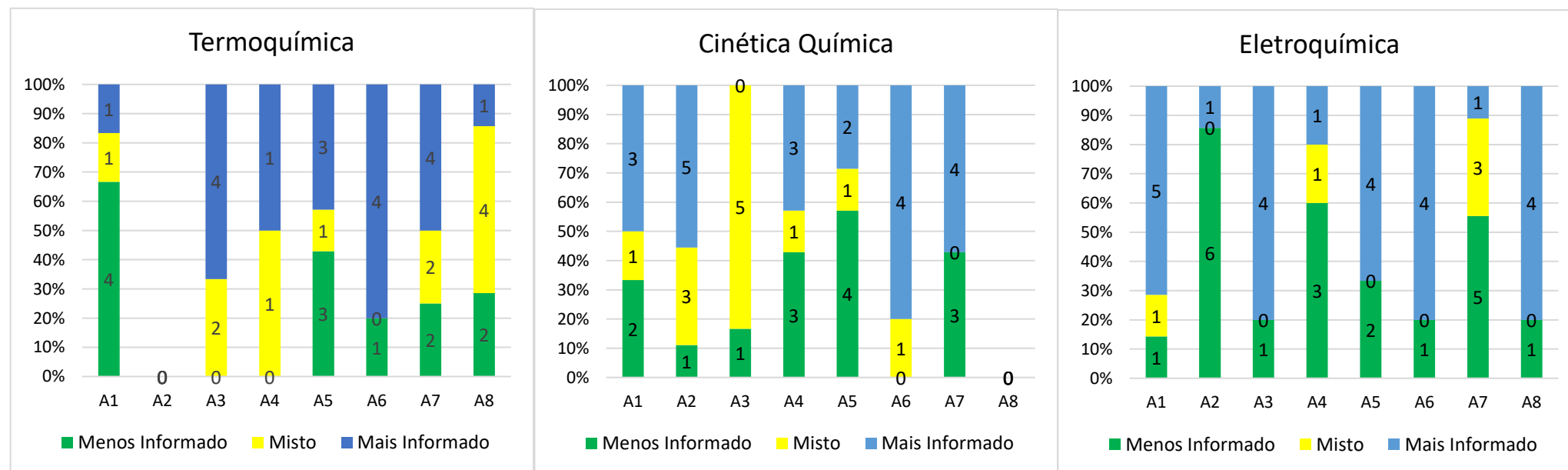
Por fim, passamos para a problemática envolvendo o Aspecto 8. Por descuido do grupo de trabalho, na SEI de Cinética Química, o Aspecto 8 acabou não sendo contemplado por nenhuma das questões propostas. Em virtude desse fato intempestivo, para fins de consistência e evitar a produção de análises e inferências empobrecidas, o grupo de trabalho decidiu pela remoção do Aspecto 8 da análise e discussão. Dessa forma a seguir damos início aos procedimentos analíticos em si

desta questão de pesquisa, iniciando pelo panorama da turma para os conceitos de NiC em relação a aplicação do *design*.

Tabela 3: Panorama da frequência de trechos codificados ao longo da intervenção para os aspectos de NiC.

Estrato Categoral/SEI	Termoquímica	Cinética Química	Eletroquímica
Menos Informado	12	14	20
Misto	11	12	5
Mais Informado	18	21	24

Fonte: Elaboração própria.

Figura 17: Gráficos de barras empilhadas contendo informações gerais sobre as codificações realizadas em cada uma das SEIs. Os números dentro das barras indicam o número de trechos codificados.

Fonte: Elaboração Própria.

6.1.7 Panorama do desempenho dos grupos

Em termos globais dos aspectos, não há muitas informações úteis, uma vez que a nossa intenção aqui é avaliar a evolução ou, melhor dizendo, a variação dos trechos codificados/IA para os aspectos de maneira individual ao longo da aplicação do *design*. Contudo, ao verificar a Tabela 3 e a Figura 17 podemos obter algumas informações iniciais interessantes:

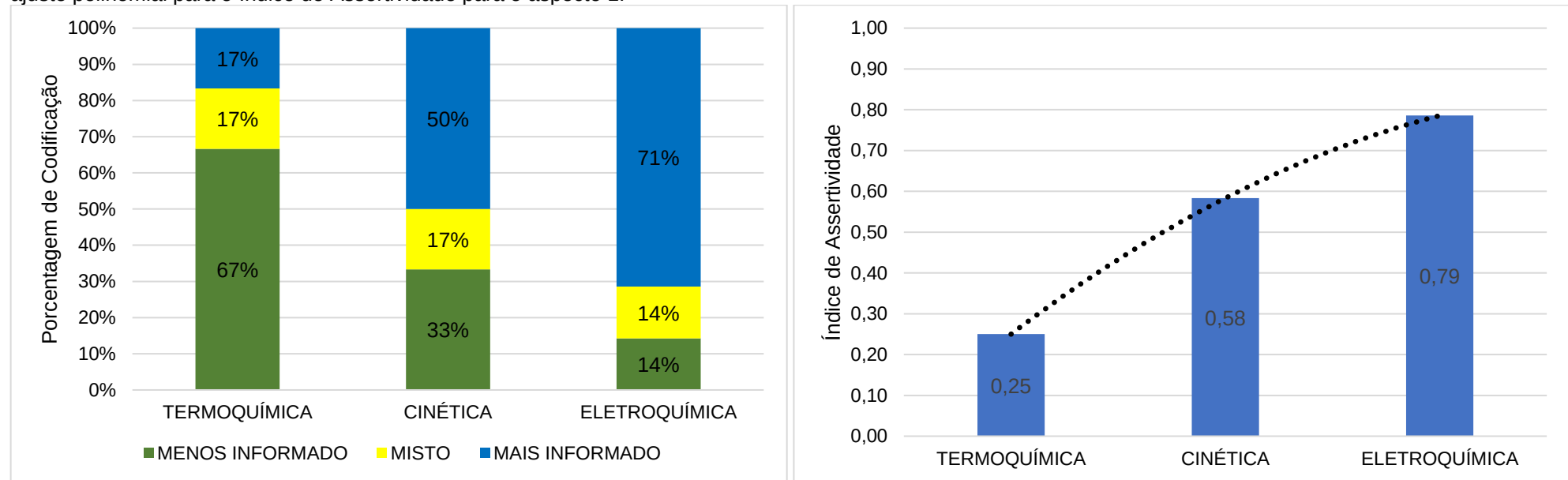
1. Ao verificar a Tabela 3, podemos observar que a quantidade de trechos codificados como sendo mais informados aumentam em aproximadamente +33%;
2. Ao passo que, quando analisamos a mesma quantidade para trechos codificados como menos informados, esse valor foi de +60%;
3. Por fim, talvez a informação inicial mais significativa se refira à marcante diminuição de trechos codificados como sendo mistos na SEI de eletroquímica. Há uma redução de -58,3% em relação ao valor obtido em cinética, que é essencialmente idêntico ao de termoquímica. Temos, assim, que as codificações apresentam uma forte polarização na última SEI do *design*. Tal polarização podendo ser explicada, por exemplo, pelo fato de os questionamentos propostos serem mais complexos e assim suscitar respostas mais pensadas, refletidas.

Como comentado, essa primeira discussão é bastante breve, uma vez que a análise global não possibilita uma inspeção mais profunda e adequada dos aspectos de maneira individual, se limitando a uma visão geral da frequência em que os trechos codificados são registrados e atribuídos para cada uma das categorias. A seguir, iniciamos a discussão de cada um dos aspectos, seguindo a ordem da breve listagem colocada anteriormente.

Tabela 4: Matriz de geração de dados para o Aspecto 1 de NiC.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
Menos Informado	4	2	1
Misto	1	1	1
Mais Informado	1	3	5
Menos Informado	67%	33%	14%
Misto	17%	17%	14%
Mais Informado	17%	50%	71%
Índice De Assertividade	0,25	0,58	0,79

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 18: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 1 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 1.

Fonte: Elaboração Própria.

6.1.8 Aspecto 1: Teste de hipóteses ou resposta de uma pergunta?

Lederman e seus colegas (2014) defendem que seria importante, de maneira geral, que os alunos fossem capazes de entender que os processos científicos começam a partir de perguntas, questões, problemas. E que tais processos não necessariamente envolvem o teste de uma hipótese, apesar de nada impedir que, no decorrer do protocolo de pesquisa, haja tal testagem.

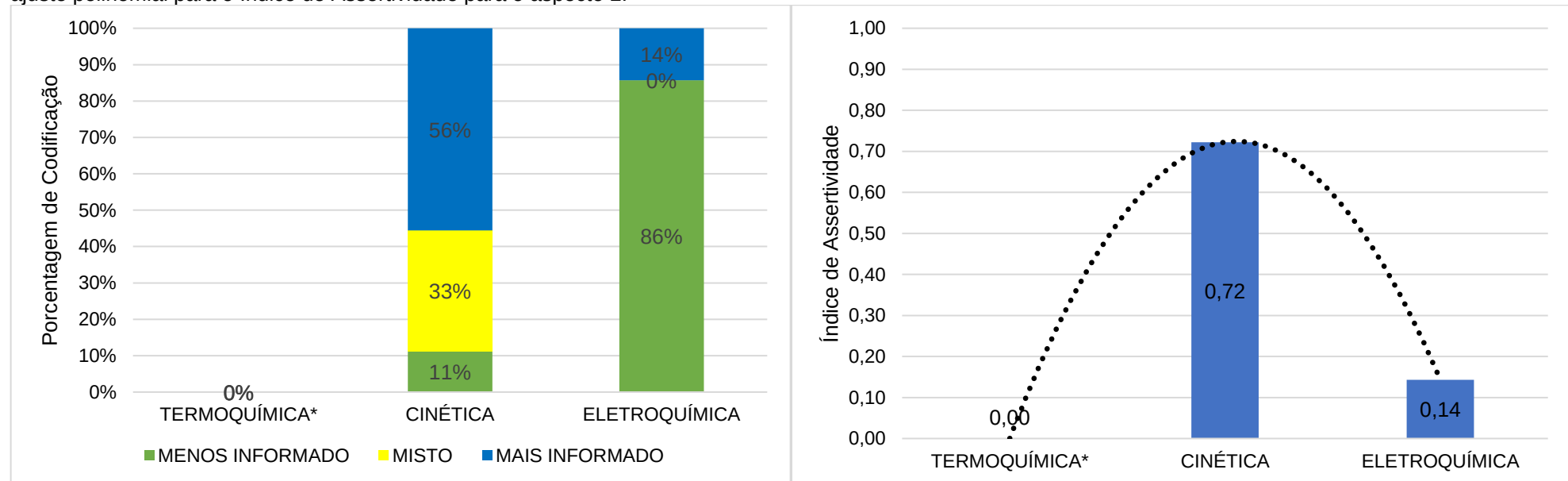
Observando a Figura 18, podemos notar na linha de tendência que a compreensão dos alunos é crescente ao longo da implementação do *design* ($IA = 0,25 \blacktriangleright 0,58 \blacktriangleright 0,79$). Isso é evidente também ao analisarmos a frequência de trechos codificados como sendo menos informados e mais informados. Os trechos menos informados apresentam um decrescimento contínuo ($4 \blacktriangleright 2 \blacktriangleright 1$), enquanto os trechos mais informados, em plena contraposição, revelam um crescimento bastante significativo, especialmente entre as SEIs de Termoquímica e Cinética ($1 \blacktriangleright 3 \blacktriangleright 5$). Os trechos codificados como mistos apresentam uma variação que é estatisticamente insignificante.

Dessa forma, podemos entender que os grupos, de maneira geral, foram capazes de compreender um dos aspectos que, apesar da aparente simplicidade, se trata de um dos mais fundamentais sobre NiC. A mudança de uma ideia empirista, espontaneísta (Gil-Pérez *et al.*, 2001) da prática científica para uma noção mais amadurecida, na qual a ciência não possui somente uma finalidade em si própria, mas sobretudo anseia por responder questões, problemas postos pela cidadela científica (como por exemplo, os mais variados avanços científicos no entendimento da estrutura da matéria) e a sociedade (como por exemplo as inumeráveis pesquisas realizadas na busca por um imunizante durante a pandemia do vírus Sars-CoV-19). Essa mudança é algo que possui um valor enorme, sobretudo ao considerarmos que tais grupos são compostos por alunos ingressantes de um curso de Química. Dessa forma finalizamos a discussão sobre o aspecto 1, e passamos para o próximo.

Tabela 5: Matriz de geração de dados para o Aspecto 2 de NiC.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
Menos Informado	0	1	6
Misto	0	3	0
Mais Informado	0	5	1
Menos Informado	0%	11%	86%
Misto	0%	33%	0%
Mais Informado	0%	56%	14%
Índice De Assertividade	0,00	0,72	0,14

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 19: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 2 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 2.

Fonte: Elaboração Própria.

6.1.9 Aspecto 2: Não há um Método Científico?

Esse aspecto, junto com A7, talvez seja uma das noções de NiC mais complexas e difíceis de serem construídas. O entendimento de que há uma larga, imensa variedade de metodologias dentro de uma mesma disciplina científica, a qual expande ainda mais ao considerarmos todo o campo científico, se posiciona em riste ao que os alunos são expostos e ensinados ambientalmente sobre como os processos científicos ocorrem (Lederman *et al.*, 2014). Tanto é que podemos observar um comportamento largamente anômalo ao observarmos a Tabela 5 e a Figura 19.

Em um primeiro momento, pensamos que a ausência de trechos codificados para esse aspecto na SEI de termoquímica seria problemático como no caso de A8, e que teríamos que excluir da análise um dos aspectos de NiC mais fulcrais que Lederman e seus colegas (2014) propõem. Mas havia um porém: diferentemente de A8, todas as SEIs tinham uma pergunta que contemplava A2! Então, qual seria o motivo para não haver um registro sequer? Duas propostas foram levantadas para tentar explicar o ocorrido:

1. A adesão à não existência de um Método Científico é bastante dificultosa, e discursar sobre o tema pode ter sido uma tarefa muito exigente para a primeira fase da aplicação do *design*. Assim, os alunos não possuíam entendimento suficiente para dissertar sobre tal aspecto e isso explicaria a ausência de trechos codificados;
2. Uma segunda ideia seria que nossa questão, da maneira como que foi escrita, não foi clara o suficiente para os alunos pensarem ou refletirem sobre a problemática envolvendo a noção de Método Científico. Essa perspectiva também é capaz de explicar a ausência de trechos codificados.

No fim das contas, o grupo de pesquisa não quis tomar partido de nenhuma das propostas; preferimos simplesmente expô-las no texto, uma vez que ambas são bastante consistentes e podem explicar o fenômeno observado.

Comentado sobre a problemática da SEI de termoquímica, avancemos para as próximas duas SEIs, as quais foram analisadas em conjunto, sobretudo pelo perfil bastante peculiar do gráfico de IA e seus valores. O IA em cinética, que apresenta um valor bastante satisfatório (0,72), despenca para 0,14 em eletroquímica.

Diferentemente dos questionamentos antecedentes, que trataram A2 de maneira mais simplificada, o questionamento realizado durante a SEI de eletroquímica foi direto, pedindo aos alunos que realizassem uma argumentação sobre a existência ou não do método

científico. Assim sendo, podemos inferir que, apesar dos dados disponíveis para este aspecto serem fragilizados (por conta do acontecido durante a SEI de termoquímica), ao cabo da implementação do *design*, fica bastante patente que uma porção largamente majoritária dos grupos possuem um entendimento menos informado sobre A2. Pensando nas reflexões que Lederman e colaboradores (2014) realizam, é muito comum que as pessoas, de modo geral, sejam apresentadas à uma prática científica largamente experimental e, sobretudo, exata. A ideia transmitida é que o cientista nada mais é do que um mero executor de passos pré-determinados cuja intenção primeva é testar uma hipótese ou comprová-la.

Agora, pensando em nossos princípios de *design*, temos dois pontos que pensamos ser importante de serem discutidos aqui. O primeiro se trata de que, assim como no mestrado (Zytkuewicz, 2018), pensamos que uma ideia fortemente arraigada como a noção de método científico pudesse ser desconstruída e melhorada com apenas um único ciclo (apesar de, dessa vez, o *design* trabalhar os conceitos de NiC em três instâncias, e não em apenas uma como no mestrado). Talvez tenhamos, novamente, sido ingênuos em relação ao esforço necessário para desconstruir certos primeiros conhecimentos (Bachelard, 1996).

Um segundo ponto se trata do que o próprio Lederman e seu grupo (2014) comentam sobre a forma com que tais aspectos de NiC devem ser trabalhados. Em seu artigo, eles colocam de maneira taxativa que os conceitos de NiC devem ser trabalhados explicitamente com os alunos. Nós seguimos essa orientação, e isso pode ser notado principalmente por termos iniciado a aplicação do *design* com uma aula especial a qual tratou apenas dos 8 aspectos de NiC com o documento que produzimos para os alunos (Apêndice B). Além disso, ao longo das diversas atividades experimentais que realizamos durante a aplicação do *design* o docente responsável, o auxiliar e o pesquisador sempre que possível procuravam levar os alunos a refletir sobre aspectos de NiC. Contudo, aparentemente o que é proposto no artigo (Lederman *et al.*, 2014) exige uma promoção muito mais impactante dessa explicitação e sistematização dos conceitos de NiC.

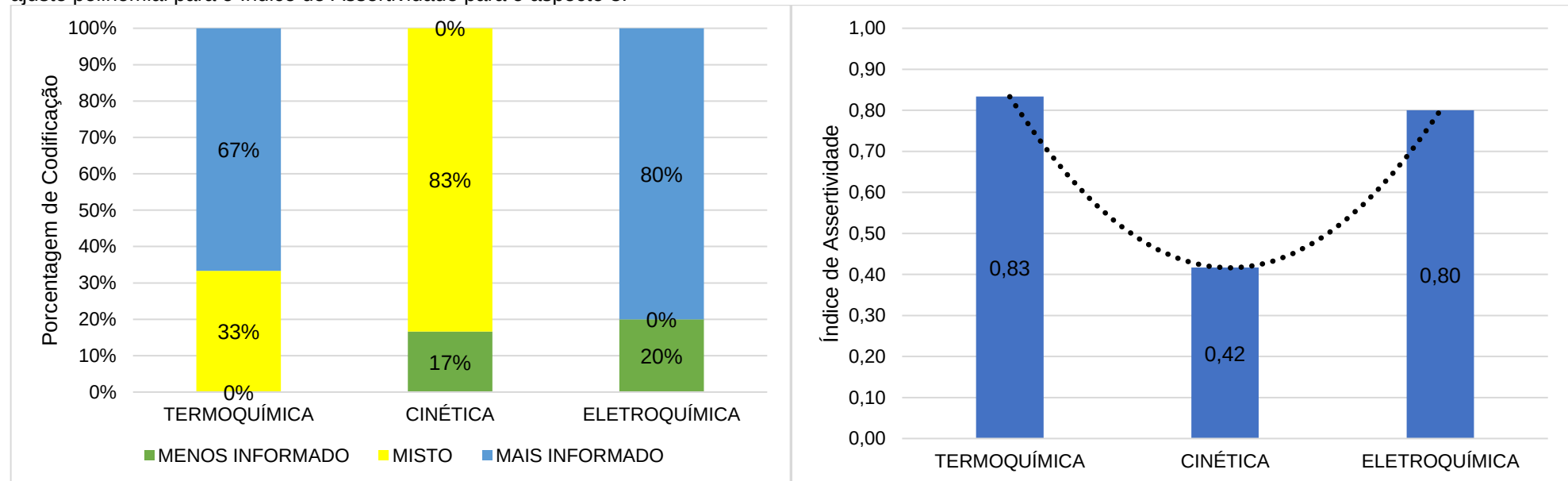
É importante, contudo, fazer um ressaltar pois não podemos tomar o ocorrido em A2 como norma; como pode ser observado ao longo das diversas tabelas e gráficos aqui dispostos, os aspectos diferem largamente em seu comportamento transversal com respeito ao IA. O que podemos dizer, por ora (uma fala mais elaborada é realizada mais adiante, nas conclusões desta tese), existem aspectos mais simples, aspectos intermediários e aspectos de difícil compreensão, apesar de tal escalonamento não ser

proposto por Lederman e colaboradores (2014). Feitos estes apontamentos, finalizamos a análise com respeito ao aspecto 2, e prosseguimos então para a análise do aspecto 3.

Tabela 6: Matriz de geração de dados para o Aspecto 3 de NiC.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
Menos Informado	0	1	1
Misto	2	5	0
Mais Informado	4	0	4
Menos Informado	0%	17%	20%
Misto	33%	83%	0%
Mais Informado	67%	0%	80%
Índice De Assertividade	0,83	0,42	0,80

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 20: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 3 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 3.

Fonte: Elaboração Própria.

6.1.10 Aspecto 3: procedimentos propostos *versus* questão de pesquisa

Lederman e colaboradores (2014) pontuam que, independentemente do percurso adotado para responder uma questão (já subentendendo a intrínseca pluralidade de protocolos de pesquisa na prática científica), tal percurso necessita responder à questão posta. Isso significa que, mesmo que haja algum desvio, que sublinhas problemáticas surjam ao longo da pesquisa, a conclusão da pesquisa necessita atender, inextrincavelmente, à questão que lhe gerou. Esse aspecto dialoga diretamente com o anterior, uma vez que, evidentemente (para nós cientistas), os supostos protocolos padrões do método científico não atendem a todo tipo de pesquisa dentro de uma área do saber, e muito menos ainda quando pensamos na infinitude da dimensão da esfera científica.

Posto esse prolegômeno, o primeiro achado interessante que foi notado se encontra na Tabela 6, mais especificamente na linha das noções menos informadas. É possível notar, ao acompanhar a variação dos dados, um sutil, porém consistente, aumento no percentual de respostas categorizadas como menos informadas. Esse fenômeno pode ser explicado, por exemplo, pela complexidade crescente dos questionamentos de NiC realizados ao longo da implementação do *design* para esse aspecto.

Um segundo achado interessante se refere à variação do percentil dos dados mistos, como é possível observar tanto na Tabela 6 e na Figura 20. O valor de 83% de noções mistas, associado à SEI de cinética sugere a ocorrência de um potencial processo de síncrese no entendimento dos grupos em relação ao aspecto A3. Além disso, é possível notar a ausência de trechos codificados como mais informados na SEI de Cinética Química, ao passo que, na SEI de Termoquímica, dois terços dos trechos categorizados foram classificados como sendo mais informados. Tal disparidade entre os temas abordados pode indicar variações significativas na profundidade da compreensão do conceito A3 pelos participantes, conforme aplicado aos diferentes contextos de aprendizagem.

Apesar do processo de síncrese que ocorreu na SEI de cinética, podemos notar que uma porção muito significativa dos grupos finalizou a intervenção com uma noção mais informada sobre A3. Tal entendimento é deveras importante pois o entender que o norte para a resolução de qualquer problema é questão que ele suscita é um aprendizado extremamente valioso para alunos de um curso de graduação em química.

Aqui, porém, cabe fazer um breve comentário sobre como alguns aspectos de relacionam. A2 e A3 são aspectos bastante próximos em termos das ideias que eles defendem (um se refere à inexistência de um método científico, e o outro se refere à

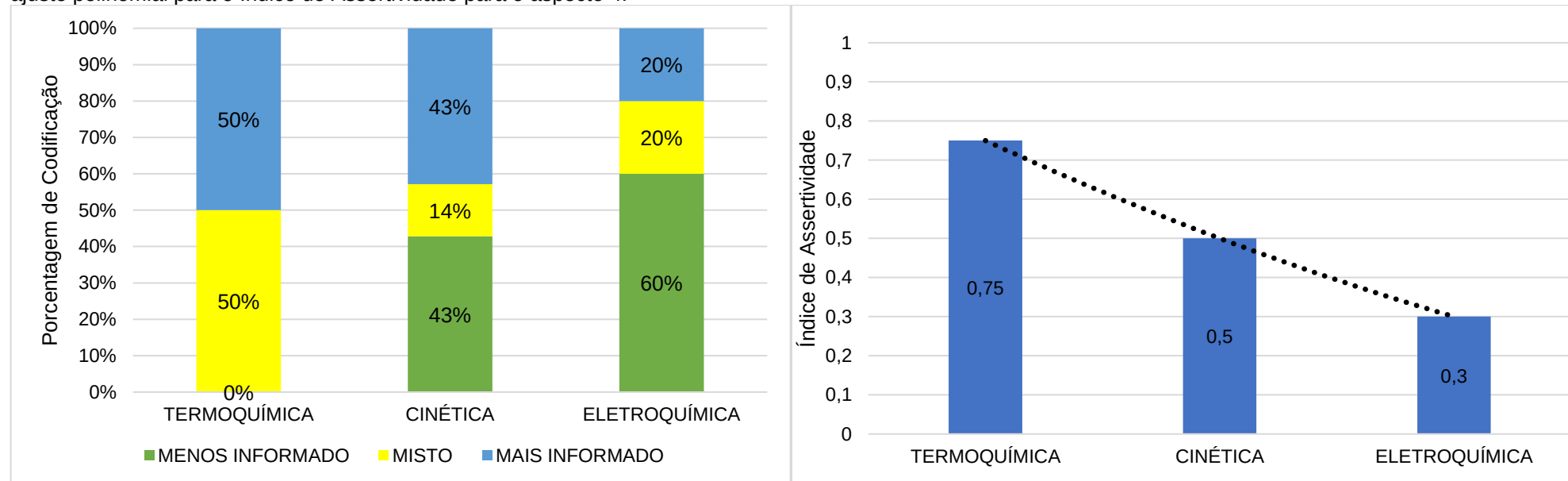
pluralidade de protocolos experimentais, apesar de todos precisarem necessariamente apresentar total correspondência com a questão que lhes suscitou). Como é notável, o valor de IA ao fim da aplicação do *design* para A2 (0,14) é extremamente distinto do que fora obtido para A3 (0,80). Como é possível que aspectos tão próximos tenham obtido avaliações tão distintas entre si?

Uma possibilidade que o grupo de pesquisa levantou para isso seria uma questão de significação por parte dos alunos de o que seria “o método científico”. Pensamos que a ideia que os alunos possuem, de método científico, seja diferente do que é postulado por Lederman e colaboradores (2014). Pode ser, por exemplo, que eles considerem que tudo que se faz um laboratório, inclusive as nossas próprias atividades experimentais investigativas, que eles considerem o percurso delas nada mais do que iterações com diferenças aqui e acolá da aplicação do método científico. Tal hipótese seria bastante razoável, considerando a complexidade do A2 e a pouca experiência/contato dos grupos com as atividades científicas que eles realizaram até o momento da implementação do *design*. Com isso finalizamos a análise do aspecto 3 de NiC que foi trabalhado em nosso *design*, e avançamos para o aspecto 4.

Tabela 7: Matriz de geração de dados para o Aspecto 4 de NiC.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
Menos Informado	0	3	3
Misto	1	1	1
Mais Informado	1	3	1
Menos Informado	0%	43%	60%
Misto	50%	14%	20%
Mais Informado	50%	43%	20%
Índice De Assertividade	0,75	0,5	0,3

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 21: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 5 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 4.

Fonte: Elaboração Própria.

6.1.11 Aspecto 4: Procedimentos iguais, cientistas diferentes

Lederman e seus colegas (2014) enfatizam veementemente o impacto que a interpretação dos dados possui em uma investigação científica, sendo que tal interpretação não a deslegitima; em verdade, tal traço, humano e intrínseco, permite que os entendimentos e concepções de cada cientista sejam influenciados em algum grau pela sua visão e entendimento dos dados, e mesmo assim ele produz análises e conclusões absolutamente legítimas. E, curiosamente, junto desse aspecto tão especial e de embasamento aparentemente simples, temos o primeiro comportamento anômalo em nossa implementação do *design*; o valor de IA decresce progressivamente ao longo de sua aplicação, como é possível observar no gráfico de Assertividade da Figura 21.

É interessante observar no gráfico de variação como a distribuição percentual das codificações evolui ao longo da implementação do *design*, especialmente quando consideramos os estratos menos informados e mais informados.

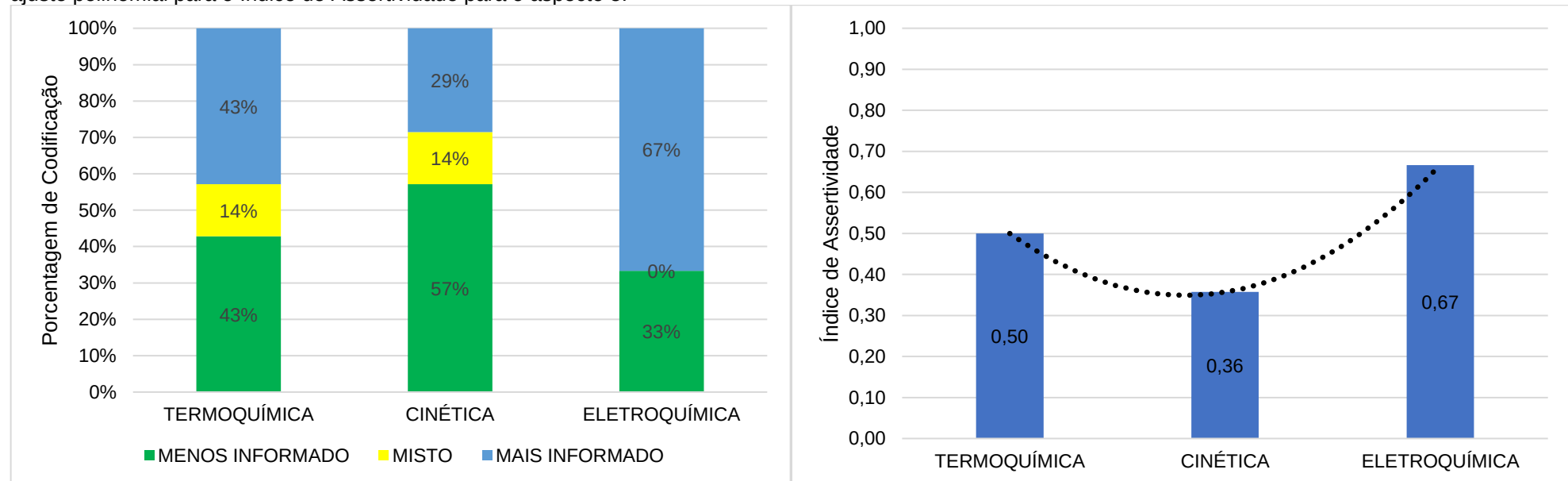
Inicialmente, podemos observar que o estrato menos informado, inicialmente ausente (0%), gradativamente ganha espaço, alcançando significativos 60% ao término da aplicação do *design*. Em contrapartida, o estrato mais informado, começa em 50% e decresce para 20% ao longo da aplicação do *design*. Isso sugere uma transição de uma maior predominância de noções mais adequada para uma maior presença de noções menos adequadas de A4. Por outro lado, os trechos codificados como sendo mistos apresentam uma redução de 50% para 20%, o que sugere que há um processo de substituição de noções mistas para noções menos informadas conforme a se percorre o *design* e a consequente dificuldade dos questionamentos acerca de A4 aumentam.

Essa análise revela uma evolução gradual e negativa da avaliação do entendimento dos grupos do aspecto 4 ao longo da aplicação do *design*, com uma tendência bastante expressiva no aumento na presença de noções menos informadas ao longo da implementação do *design*. O que podemos sumarizar para A4 é que, apesar de nosso *design*, foi de grande dificuldade para os alunos entenderem que não existe um vínculo rígido entre resultados obtidos e procedimentos realizados, sobretudo que o aspecto subjetivo, interpretativo do trabalho científico impacta nas conclusões e resultados de uma pesquisa. Como se observa na seção anterior sobre os grupos focais e os extratos representativos, a noção de que desvios de um suposto "resultado correto" são persistentemente creditados a erros e inconsistências nos protocolos e execução de procedimentos. Fechamos assim a discussão do aspecto 4, e damos continuidade a nossa análise passando para o próximo aspecto da lista.

Tabela 8: Matriz de geração de dados para o Aspecto 5 de NiC.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
Menos Informado	3	4	2
Misto	1	1	0
Mais Informado	3	2	4
Menos Informado	43%	57%	33%
Misto	14%	14%	0%
Mais Informado	43%	29%	67%
Índice De Assertividade	0,50	0,36	0,67

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 22: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 5 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 5.

Fonte: Elaboração Própria.

6.1.12 Aspecto 5: mesmos problemas, diferentes abordagens

Para Lederman e colaboradores (2014), os alunos precisam entender que há uma conexão lógica entre todos os variados elementos e compromissos de uma investigação científica; sua metodologia, seus protocolos específicos, seus dados coletados e conclusões obtidas. E que, em tais investigações, a maneira com que cada um desses elementos trabalhados influencia diretamente em seu desfecho, ou seja, suas conclusões – e tais influências são perfeitamente aceitáveis. Aqui, queremos inicialmente destacar como esse aspecto é bastante similar em essência ao anterior, apesar de serem ortogonais em relação à variável em questão (em A4 os cientistas e suas subjetividades são a variável, e em A5 as abordagens investigativas são a variável) – o comportamento do gráfico de A5 na Figura 22 para o IA é completamente diferente – sendo mais similar ao gráfico flutuante de A3 na Figura 20, porém com uma flutuação menos grosseira entre as SEIs.

Em um primeiro momento, observando a flutuação do valor do IA, a variação dos trechos codificados como mais informados oscila significativamente ao longo da aplicação do *design*, como podemos acompanhar na Tabela 8 (43% ► 29% ► 63%). O mesmo padrão, porém inverso, é notado nos percentis de trechos codificados como menos informados (43% ► 57% ► 33%). Outro fator bastante marcante da análise de A5 é a quantidade extremamente baixa de trechos codificados como sendo mistos; de um total de 20 codificações, apenas 2 foram codificadas como sendo mistas, representando um total de 10% de todas as codificações para A5 nos refletindos.

Agora é necessário voltar ao embate entre os aspectos A4 e A5. Como já discutimos, o perfil da linha de tendência para o valor do IA muda drasticamente entre os aspectos, apesar de sua similitude em essência. Na tentativa de entender o porquê disso, nos debruçamos em nossas atividades propostas – e analisamos como os alunos se desempenharam nelas. Nessa toada, uma interpretação que chegamos é que a prática de Cinética 3 (crise no espaço, que envolvia a escolha de um catalisador) foi, talvez, muito impactante para ambos os aspectos – porém de maneira paradoxal. Pensamos que a prática 3 de cinética, justamente por trabalhar com uma pluralidade de caminhos para resolver o problema e pelos grupos terem opções diversificadas para selecionar (os grupos usaram 5 dos 7 catalisadores disponibilizados) pode ter impactado na compreensão deles acerca dos aspectos 4 e 5.

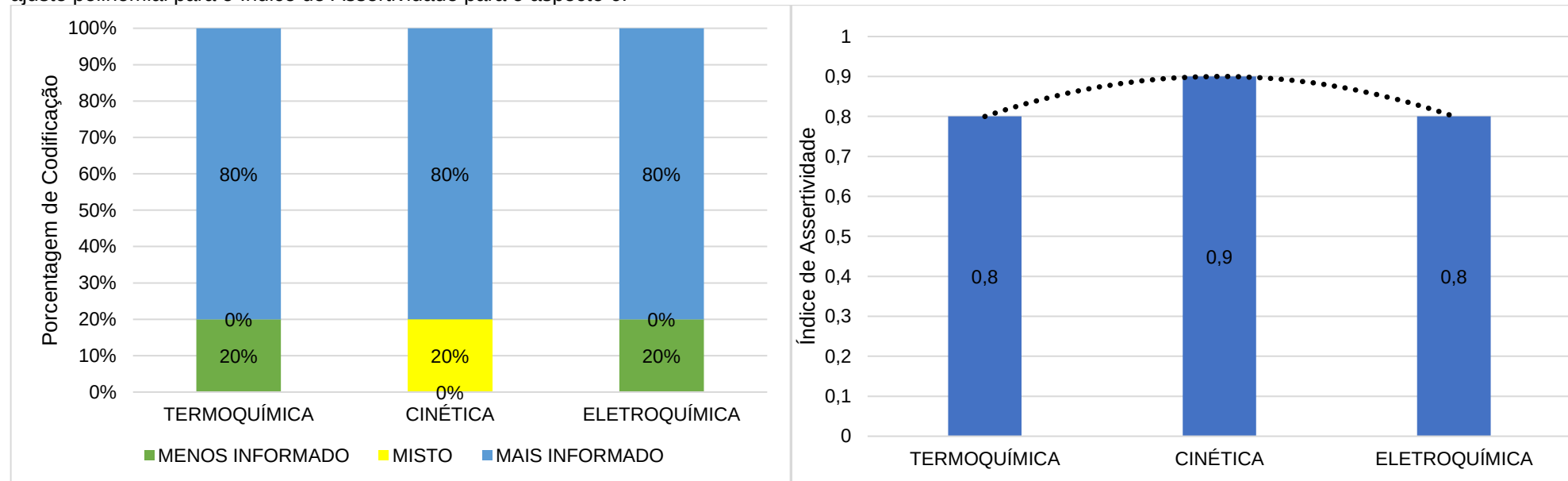
Em nosso ver, a pluralidade de opções e de resultados foi bastante benéfica aos grupos, alumando a ideia central do A5. Contudo, por outro lado, os alunos podem ter

associado a possibilidade de escolha dos catalisadores como uma espécie de questão de múltipla escolha – em que havia escolhas erradas e escolhas certas. Isso pode ter refletido nos alunos terem interpretado que não havia um processo interpretativo e subjetivo, mas meramente uma questão de escolhas certas e erradas, a qual, talvez, no entendimento deles, seja um processo decisório puramente racional e conceitual. Sendo que, claramente, é um processo largamente influenciado por subjetividades; o próprio conhecimento e entendimento de cada um dos membros do grupo é em si um amálgama de conhecimentos objetivos e entendimentos subjetivos. Com isso finalizamos a análise do aspecto 5, e seguimos com nossa toada rumo ao aspecto 6.

Tabela 9: Matriz de geração de dados para o Aspecto 6 de NiC.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
Menos Informado	1	0	1
Misto	0	1	0
Mais Informado	4	4	4
Menos Informado	20%	0%	20%
Misto	0%	20%	0%
Mais Informado	80%	80%	80%
Índice De Assertividade	0,8	0,9	0,8

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 23: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 6 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 6.

Fonte: Elaboração Própria.

6.1.13 Aspecto 6: consistência entre dados e conclusões obtidas

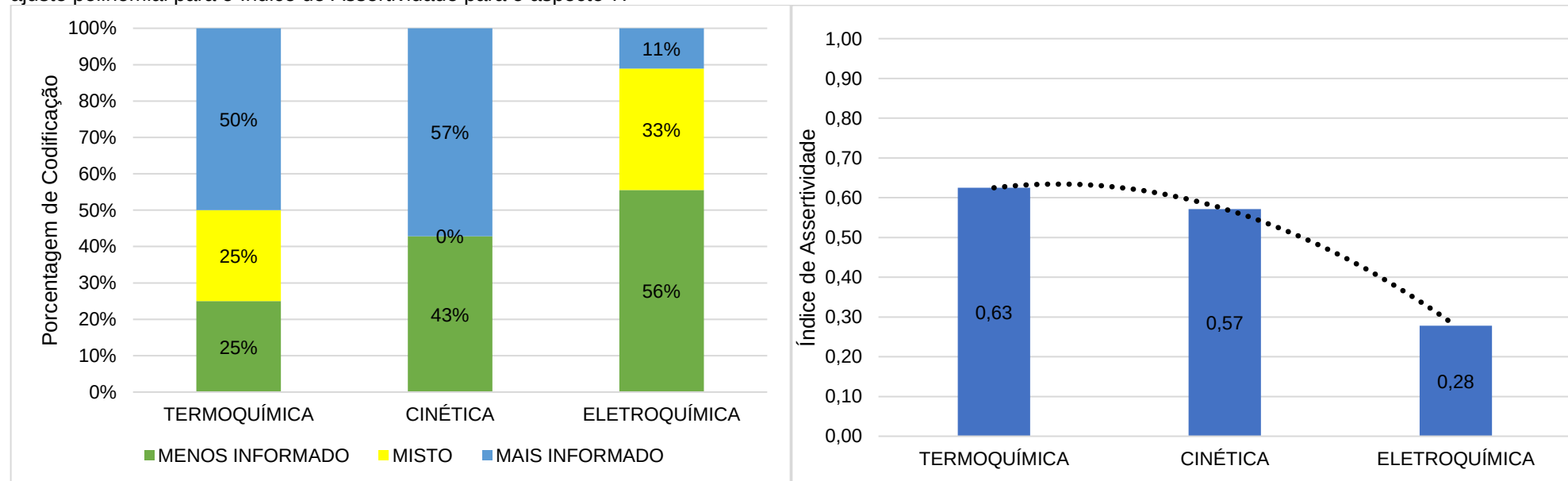
Aqui temos o aspecto que, com base em sua análise, consideramos ser o de mais fácil compreensão. Para Lederman e colaboradores (2014), os alunos precisam entender que o processo de construção de explicações, argumentos em uma investigação científica necessitam ser, em alguma medida, conectado aos dados coletados e terem uma relação funcional com eles. A ideia central aqui é que a força de um argumento é medida com respeito ao que lhe fundamenta – o que, no caso uma investigação científica, são os dados e evidências obtidos ao longo da pesquisa.

A julgar pelo perfil do gráfico de IA e o gráfico de variação, é possível inferir que os grupos, de maneira geral, dominam a ideia de que as conclusões de uma pesquisa devem ser consistentes com os dados coletados. O elevado valor transversal de IA (80% ► 90% ► 80%) indica que aparentemente a ideia central de A6 já era algo aceito e compreendido pelos grupos antes de passarem pela implementação do *design*. Aqui cabe um breve comentário sobre como as atividades experimentais tradicionais (Carvalho, 2013), apesar de condenadas pelo Ensino por Investigação, por terem de maneira um intenso e expresso vínculo entre dados coletados e conclusões obtidas (Domin, 1999), findam por proporcionar fulcro para o entendimento deste aspecto de NiC – apesar de tal fulcro ser absolutamente não intencional. Fechamos assim a discussão do aspecto 6, e dessa forma prosseguimos para a discussão do último aspecto analisado nesta etapa, que é o aspecto 7.

Tabela 10: Matriz de geração de dados para o Aspecto 7 de NiC.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
Menos Informado	2	3	5
Misto	2	0	3
Mais Informado	4	4	1
Menos Informado	25%	43%	56%
Misto	25%	0%	33%
Mais Informado	50%	57%	11%
Índice De Assertividade	0,63	0,57	0,28

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 24: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 7 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 7.

Fonte: Elaboração Própria.

6.1.14 Aspecto 7: dados e evidências científicas não são a mesma coisa?

A pergunta feita acima é – apesar da simples e aparente fácil resposta – trata de um dos aspectos que, pensamos nós, ser um dos mais difíceis de todos os propostos por Lederman e colegas (2014). A ideia central é absolutamente simples: enquanto os dados científicos são as informações objetivas coletadas por meio de experimentos ou observações, a evidência científica é a interpretação desses dados dentro do contexto de uma hipótese ou teoria, fornecendo suporte ou refutação a ela. O grande detalhe, que é de suma importância notar, apesar da aparente simplicidade de suas definições, elas exigem uma larga bagagem conceitual.

Vamos elaborar um pequeno ensaio aqui, com a ajuda do dicionário Oxford da Língua Portuguesa (Press, 2024). Para entender o conceito de dado científico, o sujeito precisa primeiro entender o que é uma *informação objetiva* (conjunto de conhecimentos reunidos sobre determinado assunto, fundada em uma base imparcial) e diferenciar o conceito de *experimento* (trabalho científico que se destina a reproduzir um fenômeno) da ação específica de *observar* (considerar com atenção determinado evento).

Quando passamos para o conceito de evidência científica, a discussão se torna ainda mais nebulosa. Para entender o que é uma evidência científica, o sujeito precisa entender o que é uma interpretação (ação de interpretar, de perceber o sentido de algo ou de atribuir um sentido a algo), o significado formal de contexto (relação de circunstâncias que acompanham um fato ou uma situação). Não suficiente, o sujeito ainda precisa compreender e discernir dois conceitos sofisticados; o conceito de hipótese (proposição que se admite, independentemente do fato de ser verdadeira ou falsa, como um princípio a partir do qual se pode deduzir algo) e de teoria (conjunto de regras ou leis, que geralmente são sistematizados, e relativos a uma área específica do conhecimento humano).

A partir deste breve ensaio, podemos notar que, apesar da definição de dado e evidência científica poder ser expressa em quatro linhas, a bagagem conceitual que lhes confere suporte é muito mais densa e complexa. Não é de impressionar que, ao longo da aplicação do *design* – e sobretudo ao seu fim –, os grupos revelem uma porcentagem muito maior de compreensões parciais ou menos informadas (56% + 33% = 89%) do que os apequenados 11% de trechos codificados como sendo mais informados conforme a Figura 24 revela – para ciência, apenas um dos grupos participantes trouxe ideias mais informadas sobre o A7.

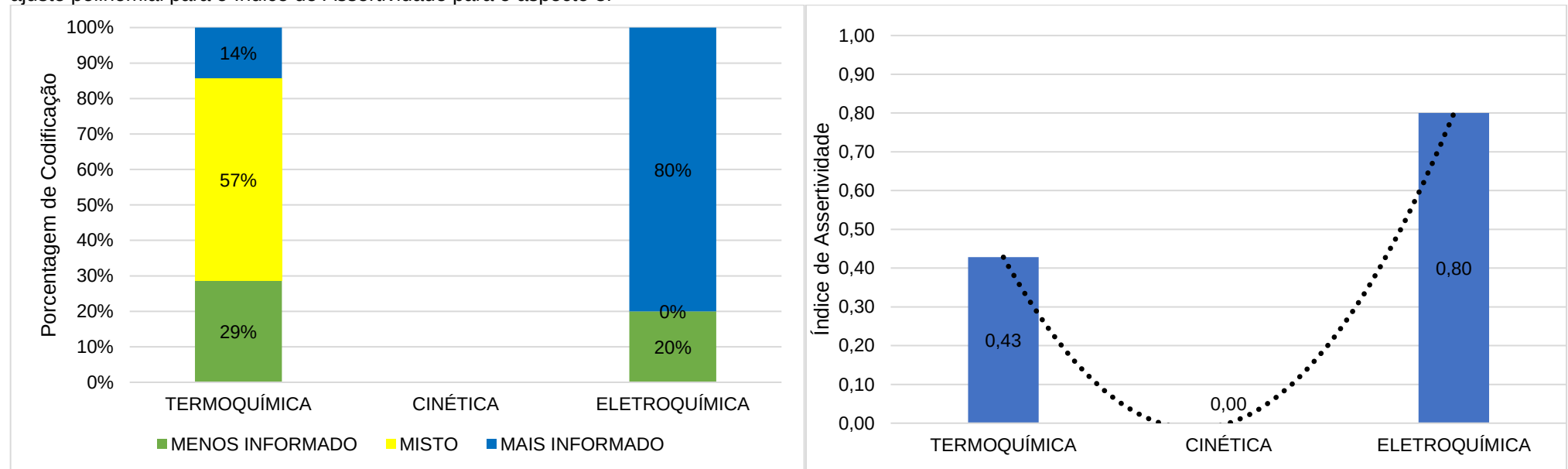
Aqui, nós temos mais um caso que mostra como o nível de dificuldade maior da pergunta é bastante revelador sobre o conhecimento dos alunos em relação a determinado aspecto. No caso do questionamento de NiC em eletroquímica, assim como o que aconteceu em relação ao A2 (que trata da existência do método científico, outro conceito extremamente complexo e dependente de diversos entendimentos prévios), ao serem perguntados diretamente se um conjunto de informações seriam dados ou evidências vimos que, de maneira geral, os grupos não entenderam a diferença entre as duas ideias.

Um fato interessante é que, do ponto de vista da fundamentação para as questões referentes ao A7 em cinética e eletroquímica, as questões são bastante similares (ambas pedem para que os grupos respondam se um conjunto de informações são dados ou evidências científicas). Porém, no caso de eletroquímica, a inquirição direta seguida do pedido de refutação, ou seja, de sustentação dos conceitos de dado e evidência científica, é um processo muito mais exigente ao considerarmos a taxonomia de Bloom (Ferraz e Belhot, 2010). Na questão proposta na SEI de cinética, os níveis trabalhados se referem aos verbos *compreender* e *aplicar*, que se situam nos níveis 2 e 3 da taxonomia. Em contrapartida, a pergunta feita na SEI de eletroquímica exige os verbos *compreender*, *analisar* e *sintetizar*, que se referem, respectivamente, aos níveis 2, 4 e 5 da taxonomia de Bloom. Assim sendo, é bastante razoável, segundo a discussão aqui realizada, que os grupos tivessem bastante dificuldade de entender tais conceitos em sua plenitude.

Tabela 11: Matriz de geração de dados para o Aspecto 8 de NiC.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
Menos Informado	2		1
Misto	4		0
Mais Informado	1		4
Menos Informado	29%		20%
Misto	57%		0%
Mais Informado	14%		80%
Índice De Assertividade	0,43	0,00	0,80

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 25: Gráfico de barras empilhadas para a porcentagem de codificação para cada uma das SEIs trabalhadas com respeito ao aspecto 8 e gráfico de barras simples com ajuste polinomial para o Índice de Assertividade para o aspecto 8.

Fonte: Elaboração Própria.

Como comentado no início da análise e discussão dessa primeira questão de pesquisa, o aspecto 8 não foi analisado ou discutido por conta do equívoco ocorrido na SEI de cinética química. Dessa forma, finalizamos a análise dessa primeira questão de pesquisa, a qual se revelou riquíssima em detalhamentos e discernimentos a respeito de como é um trabalho altamente sofisticado e complexo ensinar, aos nossos graduandos, os diversos aspectos de NiC. Chamamos a atenção especialmente para a natureza bastante diversificada da avaliação da aprendizagem dos grupos para cada um dos aspectos (com base no valor de IA) e do perfil bastante peculiar de cada uma das curvas de ajuste polinomial construídas. A seguir damos continuidade em nossas análises, passando para a segunda questão de pesquisa, que tratou dos conteúdos químicos trabalhados em nosso *design*.

6.1.15 Desfecho e considerações finais sobre NiC

Para encerrar esta etapa sobre a primeira questão de pesquisa, pensamos ser interessante realizar um movimento de consolidação acerca do que fora discutido.

Começando pela nossa análise e discussão dos grupos focais, é importante comentarmos sobre as repercussões das problemáticas que comentamos acerca do ocorrido quando da AC dos transcritos dos grupos focais. Por conta delas, nossa análise acabou significativamente enfraquecida, com apenas 3 dos 8 aspectos de NiC sendo analisados nesta etapa. Sendo assim, é importante frisar como a maneira com que conduzimos o grupo focal e, sobretudo, como ele foi escrito (baseado no roteiro que consta no Apêndice E) impactou a análise e discussão para os grupos focais.

Dito isto, é interessante notar, com base nos extratos representativos trazidos nos Quadros 17-19, como ocorre uma grande variedade de falas postas pelos grupos acerca dos 3 aspectos estudados, e como cada uma delas nos fornece uma noção acerca da compreensão dos grupos com respeito aos aspectos de NiC. Entre os extratos menos informados, pudemos notar como existe, de fato, uma certa resistência dos sujeitos para com a desconstrução de suas noções próprias e acomodação dos aspectos de NiC – sobretudo no que tange aos extratos referentes aos aspectos A2 e A3. Tal dificuldade é reforçada nos extratos representativos que foram codificados como sendo mistos, que exibem muito claramente que os sujeitos estão passando por um processo de síncrese; em momentos diferentes (como fizemos questão de frisar ao explicitar acerca de qual das atividades do *design* cada fala se refere), mas definitivamente ocorre uma tentativa de mudança, de desconstrução e construção de entendimentos próprios.

Contudo, conforme pudemos observar para os extratos codificados como sendo mais informados, é possível ter reflexões profundas e adequadas com respeito aos mais variados momentos da aplicação do *design*: desde o que se escreveu nas respostas aos primeiros refletidos, como se observa no extrato representativo para A1, como a fala registrada para A2, que se refere a uma das últimas atividades do *design* (Eletroquímica 2). Com isso em mãos, é seguro dizer que, com base nos grupos focais, há, de fato, uma tentativa de melhoria acerca das compreensões dos aspectos de NiC pelos grupos; contudo, o momento no qual cada grupo sedimenta tais compreensões é variável, podendo ocorrer logo na primeira SEI do *design*, mas também podendo ocorrer na última SEI.

Na análise dos refletidos, pensamos que essa volatilidade observada quando da análise dos grupos focais é bastante reforçada pelos vários dados que trouxemos. Para todos os gráficos que obtivemos com respeito aos aspectos estudados (A1-A7), é notável que, para cada aspecto, o perfil do gráfico de IA é essencialmente único; a curva de ajuste polinomial exibe, no máximo, comportamento similar entre um ou outro aspecto. No entanto, não há um par de aspectos que revelam forte correlação. Em vez disso, tivemos polinomiais com aparências largamente diversificadas, exibindo comportamentos ora similares ao de uma reta, ora similares a uma parábola – mas todas apresentando desenhos únicos.

Pensando em uma rápida classificação para as curvas de ajuste polinomial com respeito ao IA, temos o seguinte:

- Polinomiais crescentes: A1;
- Polinomiais decrescentes: A4 e A7;
- Polinomiais parabólicas côncavas: A3 e A5;
- Polinomiais parabólicas convexas: A2 e A6.

Com base nessa breve classificação do perfil das curvas de ajuste polinomial e nas discussões e análises que fizemos para cada um dos aspectos estudados, podemos notar que, definitivamente, não há dados ou evidências que suportem que houve uma compreensão clara, pelos grupos, dos aspectos de NiC como um todo. É possível, no entanto, inferir que certos aspectos foram compreendidos pelos grupos. Por exemplo, é evidente (também sendo o único caso) que os grupos revelaram uma crescente capacidade de compreensão para A1. Além disso, para certas SEIs, alguns aspectos demonstram maior IA, indicando que talvez haja alguma correlação entre os conteúdos abordados nas SEIs e a maneira com que os alunos relacionam tais conteúdos com os aspectos de NiC.

É, ainda, pertinente trazermos aqui alguns comentários sobre os dados da Tabela 3. Em relação a SEI de eletroquímica, ocorre um evidente processo de consolidação dos entendimentos dos grupos de maneira global em relação aos aspectos – com apenas ~10% das codificações sendo consideradas mistas (5 de 49). As outras 44 codificações se distribuem de maneira bastante similar: 20 de 49 para Menos Informado (~41%) e 24 de 29 para Mais Informado (~49%). Com relação à

variação das codificações para o estrato mais informado ao longo da aplicação do *design*, temos os valores de ~44% (18 de 41) em Termoquímica, ~44,5% (21 de 47) em Cinética Química e, por fim, como já posto, ~49% (24 de 49) para Eletroquímica. Assim, podemos observar que há um crescimento relativo de trechos codificados como sendo Mais Informados, porém, a variação do percentual é pequena (44% ► 49%). Por conta disso, pensamos que, apesar de não termos feito tal tratamento estatístico refinado com os nossos dados (estabelecimento de um intervalo de confiança), entendemos que se trata de uma variação estatisticamente insignificante.

Dessa forma, com base nos achados que obtivemos nos grupos focais, nos dados da nossa análise dos refletidos e nesses breves comentários acerca dos dados contidos na Tabela 3, entendemos que, de maneira geral, a implementação do *design* não apresentou melhora significativa da compreensão dos grupos estudados acerca dos aspectos de NiC. Contudo, pensamos ser evidente que, sem nosso *design*, os alunos matriculados na disciplina (englobando tanto os sujeitos de pesquisa quanto aqueles que foram excluídos pelos critérios) teriam praticamente nenhuma noção do conceito de NiC, quiçá a existência de aspectos e discussões teóricas acerca de como se dá a lide científica. Portanto, apesar de entendermos que não há uma melhora do entendimento dos sujeitos de pesquisa sobre NiC, é importante apontar que, por conta de nosso *design*, tais conceitos e ideias foram expostos, e acreditamos que este primeiro contato, apesar de não apresentar melhora significativa ao longo da implementação do *design*, é um ponto positivo em termos da formação científica de todos os alunos matriculados na disciplina, não somente dos sujeitos analisados.

6.2 Segunda Questão de Pesquisa: Compreensão dos Conteúdos Químicos

Como a implementação do design impacta a compreensão dos conceitos químicos de ingressantes de um curso de graduação em química?

6.2.1 Considerações iniciais sobre os conteúdos químicos

Recapitulamos aqui brevemente alguns conceitos que foram levantados acerca do Espírito Científico, particularmente suas características. De acordo com a AC que realizamos do livro *Formação do Espírito Científico* (Bachelard, 1996), as características mais mencionadas por Bachelard sobre o Espírito Científico foram, em ordem decrescente:

- Criticidade (n=15);
- Racionalidade e Abstração (n=14);
- Questionamento (n=12);
- Variação da Experiência (n=11).

Das características listadas acima, todas, em alguma medida, exigem um entendimento pleno sobre o conteúdo trabalhado. Em verdade, o ideal para o Espírito Científico é haver um domínio factual sobre aquilo que está sendo posto em prova, uma vez que a mente descuidada tem facilidade para ceder às intuições, prejudicando o processo dialético da construção do conhecimento (Bachelard, 1996).

No caso desta tese, nós empregamos três documentos produzidos pelos grupos para averiguar a compreensão dos conteúdos químicos. Trazemos novamente o Quadro 20 para ilustrar com clareza quais e quando tais documentos foram produzidos:

Quadro 20: Relação entre as atividades experimentais realizadas compreendidas no *design* e os documentos produzidos.

		Tipo de Instrumento Avaliativo		
		<i>Documentos Físicos</i>	<i>Refletindo</i>	<i>Relatórios</i>
IDENTIFICAÇÃO DA AULA	Termoquímica 1		✓	
	Termoquímica 2	✓	✓	
	Termoquímica 3	✓	✓	✓
	Cinética Química 1		✓	
	Cinética Química 2	✓	✓	
	Cinética Química 3	✓	✓	✓
	Eletroquímica 1		✓	
	Eletroquímica 2	✓	✓	
	Eletroquímica 3	✓	✓	✓

Fonte: Elaboração Própria.

Embasamos para esta discussão nos aspectos comentados de Estatística que fundamentaram a análise. Os procedimentos para o cálculo dos *ratings* e avaliação desses documentos foram comentados na seção que detalha os procedimentos da AC. Para ciência, algumas outras análises estatísticas paralelas foram conduzidas com a finalidade de obter algumas informações além das que apresentamos a seguir, mas não fazem parte do cerne analítico desta seção. Por conta disso, optamos por trazer tais análises estatísticas de maneira condensada no Apêndice R. Apresentamos em seguida que tipos de análises estatísticas foram realizadas para, em seguida, iniciarmos as discussões sobre os *boxplots*.

6.2.2 Análises estatísticas realizadas

Para a elaboração dos *boxplots*, além do levantamento e organização dos *ratings* para cada um dos documentos, foram calculadas as seguintes medidas estatísticas:

- ✓ Média ($\bar{X}$);
- ✓ Mediana (M);
- ✓ Intervalo Interquartil (IIQ), mais especificamente o IIQ referente ao intervalo Q3-Q1;
- ✓ Alcance (A) = Máximo - Mínimo.

Em mãos desses dados, diversos *boxplots* foram obtidos, somando um total de 6 gráficos. Tais gráficos foram juntados em dois grupos cada um contendo três gráficos, a saber:

- Um primeiro grupo de *boxplots* (Figuras 26 a 28), em que cada gráfico se refere a um dos documentos trabalhados ao longo de toda a aplicação do *design* (ou seja, tais gráficos se referem aos *ratings* particulares de cada tipo de documento produzido em cada uma das três SEIs);
- Um segundo grupo de *boxplots* (Figuras 29 a 31), em que cada um dos gráficos se refere a uma das SEIs trabalhadas (ou seja, a análise se refere aos *ratings* internos de cada uma das SEIs).

Postos estes breves esclarecimentos, a seguir iniciamos nossas análise e discussões desta questão de pesquisa, iniciando pelo primeiro grupo de *boxplots*, como segue.

6.2.3 Análise e discussão de dados: primeiro grupo de *boxplots*

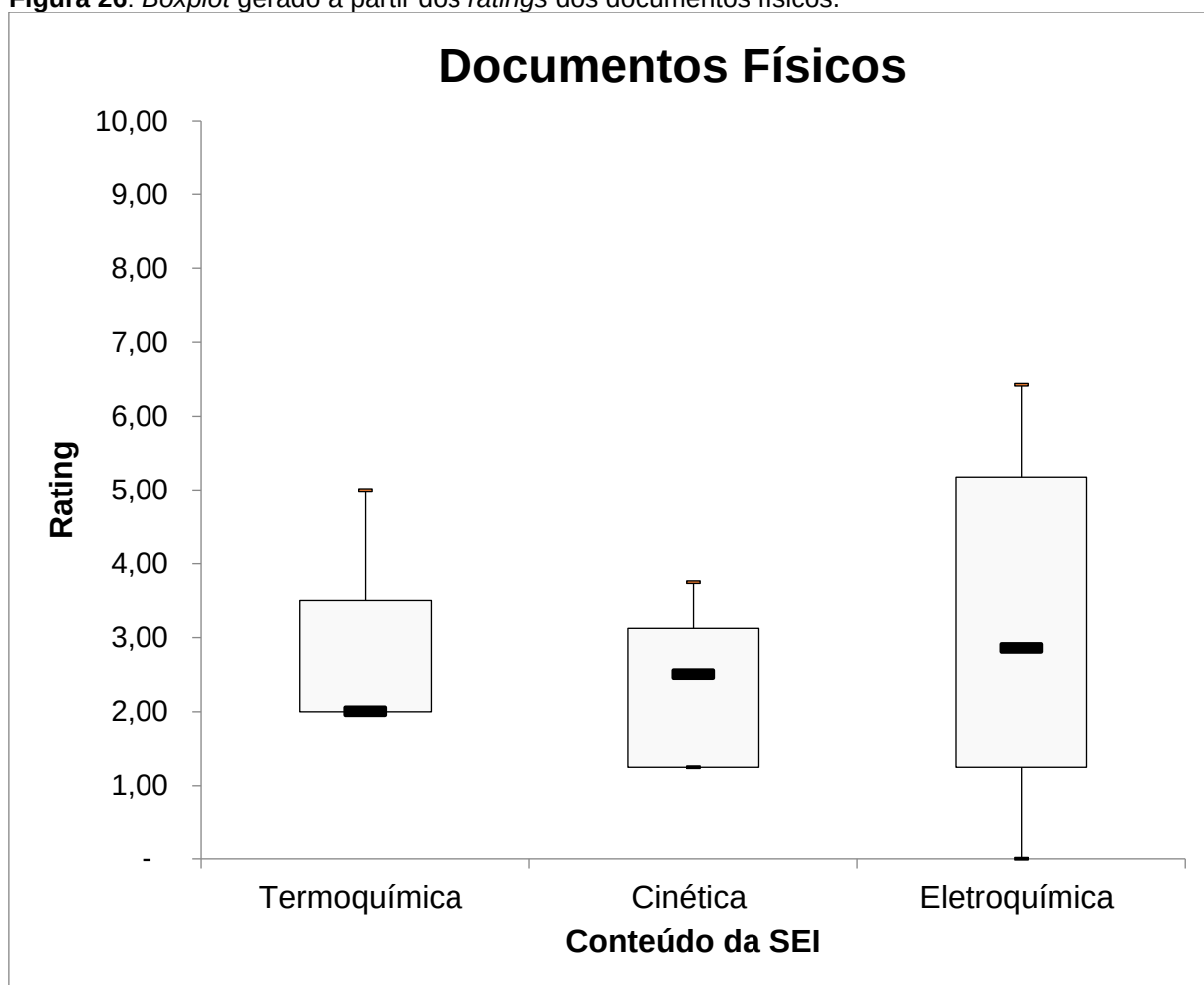
Apresentamos os *boxplots* do primeiro grupo (Figuras 26 a 28), junto da matriz de dados associada a cada um dos gráficos plotados (Tabelas 12 a 14).

Tabela 12: Matriz de dados utilizada na construção do *boxplot* dos Documentos Físicos.

	Docs Termo	Docs Cinética	Docs Eletro
Máximo	5,00	3,75	6,43
Q3	3,50	3,13	5,18
Média	2,86	2,32	3,16
Mediana	2,00	2,50	2,86
Q1	2,00	1,25	1,25
Mínimo	2,00	1,25	0,00

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 26: *Boxplot* gerado a partir dos *ratings* dos documentos físicos.

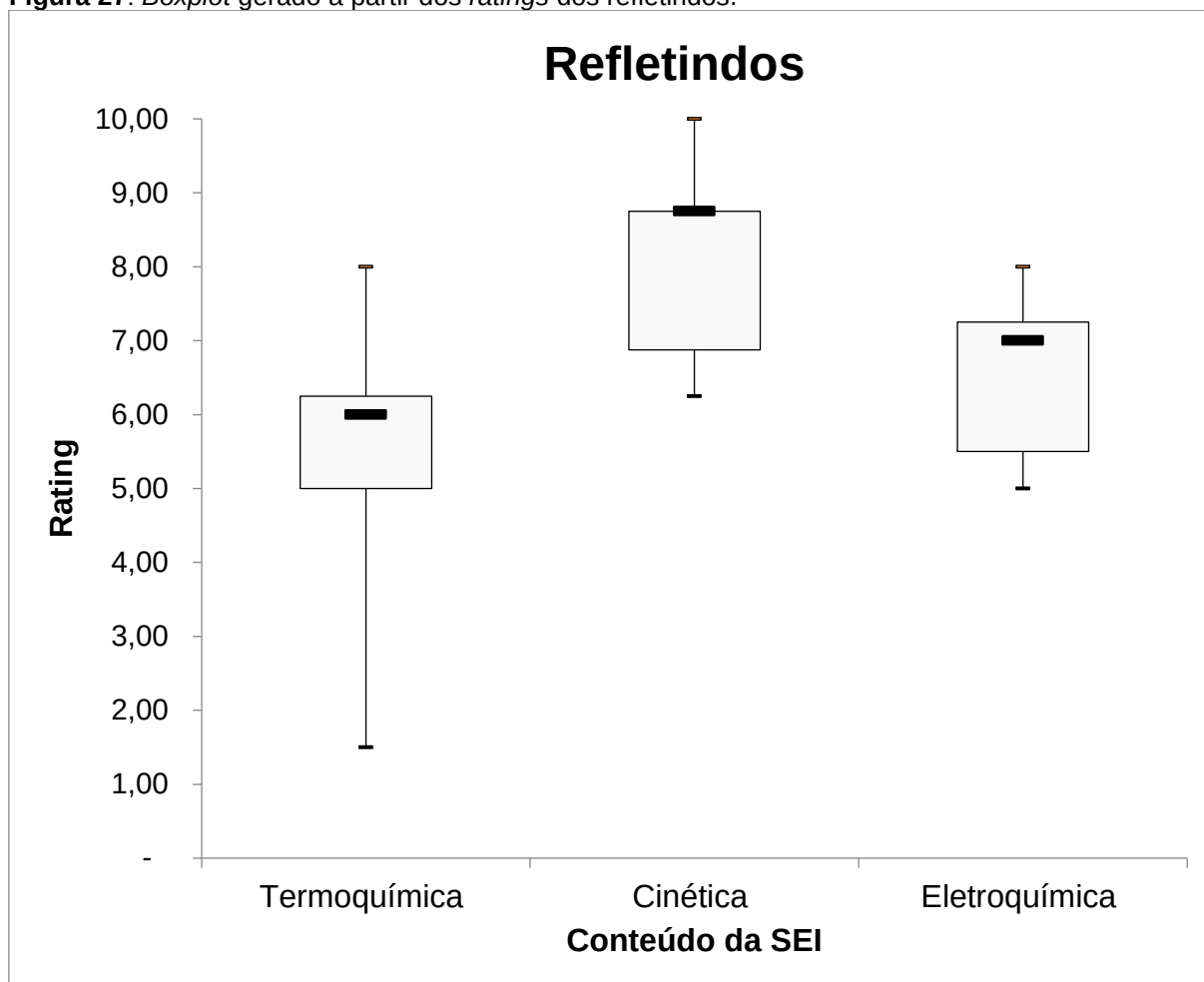


Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 13: Matriz de dados utilizada na construção do *boxplot* dos refletindos.

	Ref Termo	Ref Cinética	Ref Eletro
Máximo	8,00	10,00	8,00
Q3	6,25	8,75	7,25
Média	5,43	8,04	6,50
Mediana	6,00	8,75	7,00
Q1	5,00	6,88	5,50
Mínimo	1,50	6,25	5,00

Fonte: Elaboração própria.

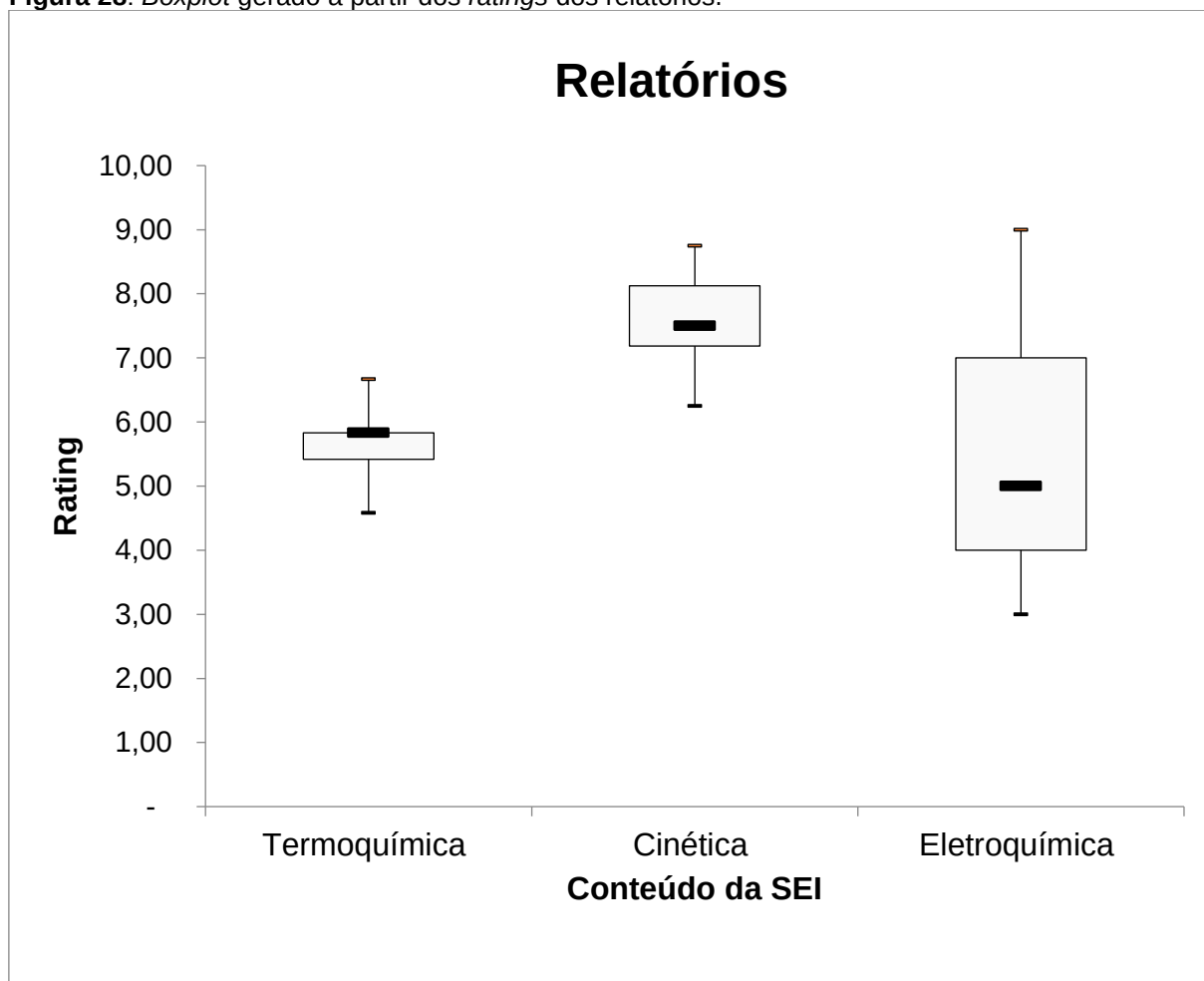
Figura 27: *Boxplot* gerado a partir dos *ratings* dos refletindos.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 14: Matriz de dados utilizada na construção do *boxplot* dos relatórios.

	Rel Termo	Ref Cinética	Rel Eletro
Máximo	6,67	8,75	9,00
Q3	5,83	8,13	7,00
Média	5,65	7,59	5,57
Mediana	5,83	7,50	5,00
Q1	5,42	7,19	4,00
Mínimo	4,58	6,25	3,00

Fonte: Elaboração própria.

Figura 28: *Boxplot* gerado a partir dos *ratings* dos relatórios.

Fonte: Elaboração própria.

Começamos pela Figura 26, que se refere aos documentos físicos. O primeiro dado bastante notável que podemos tirar é o fato de que, exceto em eletroquímica, os *ratings* para os documentos estão consistentemente abaixo da média (5). No caso das SEIs de termoquímica e cinética, todos os documentos físicos fornecidos pelos grupos foram avaliados com um *rating* > 5 . Ainda falando dos *ratings* de maneira global, é importante ressaltar o valor da mediana (M) dos *ratings* em cada uma das sequências: 2,00 para termoquímica, 2,50 para cinética e 2,86 para eletroquímica. Tal valor indica que a metade inferior da turma teve um *rating* abaixo desses valores. Além disso, é interessante notar a consistência do valor de M . Mais adiante isso é discutido com mais detalhes, mas um comentário inicial é feito com respeito ao desvio padrão (s_m) associado a M , que é de 0,43. Em outras palavras, o valor de s_m é menor que 20% do valor de M , indicando uma oscilação bastante pequena.

Um outro dado que nos revela a consistência do valor dos *ratings* dos grupos é o Intervalo Interquartil (IIQ), que apresenta sobreposição total ou parcial ao longo de todas as SEIs, com os IIQs de termoquímica e cinética estando contidos dentro do IIQ de eletroquímica. E não somente o IIQ apresenta baixa discrepância; tirando a sequência de eletroquímica, que tem um valor de Alcance (A) de 6,43, as SEIs de termoquímica e cinética química têm valores de alcance de 3,00 e 2,50, respectivamente. Isso, considerando uma avaliação em escala decimal, indica que os *ratings* dos alunos estão significativamente condensados.

A sequência de eletroquímica, que tem a aparência mais distinta das demais, apresentou tanto um intervalo de *ratings* maior ($A = 6,43$), como o próprio IIQ foi mais disperso ($Q3-Q1 = 3,93$). Tal discrepância pode ser atribuída a uma possível melhoria no desempenho de alguns grupos na elaboração dos documentos físicos. Isso é respaldado pelo fato de que o IIQ de eletroquímica, ao conter um maior intervalo de valores de *ratings* e contendo os IIQs das SEIs anteriores indica que aqueles 50% centrais, apesar de mais dispersos, apresentam uma dispersão mais positiva do que negativa. Esse aspecto peculiar dos *ratings* de eletroquímica para os documentos físicos é aprofundado na discussão do segundo grupo de *boxplots*.

Como avaliação final e mais importante, analisando o valor central das medidas (M) é possível observar que há um aumento da mediana, ao longo da implementação do *design*, apesar de bastante discreto. Contudo, tal aumento após a análise estatística foi considerado insignificante (Valor médio da mediana = $\underline{M} = 2,45$). A nossa

interpretação final é que, de maneira geral, o desempenho dos grupos ao longo da aplicação do *design* em relação a elaboração dos documentos físicos não se alterou. Os motivos para isso não foram possíveis de discernimento acurado, mas a hipótese mais endossada é que ali, no dinamismo da atividade investigativa, os alunos têm dificuldades para sintetizar, organizar e defender ideias. Além disso, temos o complexo processo social que envolve o debate de ideias e a busca do consenso entre os pares do grupo, que por sua vez são seguidos de uma tentativa de sistematizar e externar tais ideias em folhas de papel; tal processo, altamente complexo, pode ter sido especialmente mais difícil para os grupos, uma vez que estamos tratando de alunos ingressantes.

Partindo agora para a discussão do *boxplot* dos refletidos que consta na Figura 27, iniciamos os trabalhos comentando o componente mais chamativo do gráfico: a distribuição dos *ratings* para a SEI de termoquímica. De maneira significativamente distinta das outras SEIs trabalhadas ao longo da aplicação do *design*, os refletidos de termoquímica apresentam um valor de A substancialmente elevado ($A = 6,50$) quando comparado aos demais, sendo próximo ao valor do dobro da SEI de cinética ($A = 3,75$) e mais que o dobro do valor da medida para a SEI de eletroquímica ($A = 3,00$). Tal variação, contudo, não foi grande o suficiente para considerar que algum dos *ratings* atribuídos fosse considerado um *outlier* ou valor aberrante⁴⁹. Uma possível interpretação para esse comportamento dos dados se deve ao fato de que as perguntas envolvidas nos refletidos foram substancialmente distintas das que os alunos costumavam responder nas sequências antecedentes. Em sequências anteriores, as perguntas sobre os conteúdos químicos trabalhados costumavam ser bastante diretas e facilmente relacionáveis com a atividade experimental realizada, enquanto quando da aplicação do *design* as perguntas se tornam mais interpretativas e reflexivas. Tal transição, quiçá abrupta, pode ter sido responsável por esse comportamento peculiar demonstrado no gráfico.

De modo geral, o *rating* dos grupos foi substancialmente melhor do que os *ratings* obtidos nos documentos físicos. Além disso, é interessante notar como os IIQs

⁴⁹ Um *outlier* ou valor aberrante ou ainda valor atípico é um dado que apresenta um grande afastamento dos demais elementos de uma série de dados. A existência de um *outlier* em uma série de dados geralmente implica em prejuízos para a análise estatística. O tratamento matemático ou maiores detalhamentos sobre a métrica excedem a discussão desta tese, mas caso o leitor se interesse, é recomendada a leitura de Wada, K. Outliers in official statistics. **Japanese Journal of Statistics and Data Science**, v. 3, n. 2, p. 669-691, 2020.

de todas as SEIs são compactos (IIQ = 1,25 · 1,87 · 1,75 respectivamente). Diferentemente do caso anterior, aqui também é notado um aumento discreto, porém estatisticamente significativo dos *ratings* dos grupos com base nos valores das medianas ($M = 6,00 \cdot 8,75 \cdot 7,00$, respectivamente) e seu valor médio ($\underline{M} = 7,25$) ser 1,25 maior do que o valor inicial da medida. Com base nesse entendimento, agregado ao fato de os *ratings* estarem bastante condensados e concentrados na metade superior da escala, podemos inferir que houve um aumento estatisticamente significativo dos *ratings* dos grupos ao longo da aplicação do *design* com respeito aos refletidos. Por fim, é interessante notar como o desempenho dos grupos foi consistentemente melhor após a SEI de termoquímica, com pouca sobreposição entre os IIQs das SEIs de cinética e eletroquímica com o IIQ da SEI de termoquímica, bem como uma dispersão dos *ratings* (manifestada em termos do valor de A) significativamente pequenos.

Partindo para a Figura 28, que refere aos relatórios, a primeira observação notável se trata de que os valores dos *ratings* atribuídos para esse documento em específico são bastante consistentes, com valores de A bastante pequenos, exceto para a SEI de eletroquímica ($A = 2,08 \cdot 2,50 \cdot 6,00$, respectivamente). Aqui podemos, ao retomar o gráfico inicial, notar que as maiores discrepâncias entre os *ratings* recaem na sequência de eletroquímica; tal fato é mais bem discutido no próximo grupo de *boxplots*.

Um aspecto bastante singular do gráfico se trata da queda significativamente brusca do valor de M entre as SEIs de Cinética e Eletroquímica. Tal constatação, ao ser aliada ao fato da SEI de Eletroquímica possuir as maiores discrepâncias acumuladas (soma dos valores de A ao longo da SEI, será tratado posteriormente no próximo grupo), nos permite mencionar um *lugar comum* recorrente na fala dos sujeitos e até mesmo dos docentes que participaram do grupo de trabalho: o conteúdo de eletroquímica é amplamente considerado um dos mais difíceis do curso. Pensamos ser bastante imediato chegar a mesma conclusão ao analisar os *boxplots* aqui fornecidos e tal constatação se torna ainda mais evidente quando da análise dos *boxplots* para as SEIs individuais.

Um fato interessante notado na matriz geradora do gráfico é como boa parte dos grupos, de maneira geral, possuem um desempenho razoável ($\text{rating} \approx 5$) ou melhor. Isso pode ser notado a partir dos valores de Q1 (que se refere ao quartil inferior dos

ratings). O valor de Q1 (5,42 · 7,19 · 4,00, respectivamente) indica que 75% da turma teve um rating atribuído ao relatório que foi maior que esse valor. Assim, é possível inferir que os grupos possuem, sim, ao contrário do observado com os documentos físicos, um conhecimento adequado do conteúdo químico trabalhado. Tal conhecimento se torna mais notável quando eles saem de uma situação altamente dinâmica como a de uma atividade investigativa para uma situação de reflexão embasada na literatura e culminância, que é o caso da elaboração do relatório final (para os quais eles geralmente possuíam 1 semana para elaborar após o término de cada SEI).

Por fim, nos resta inferir se houve ou não um aumento no entendimento sobre os conteúdos químicos no que diz respeito aos relatórios. Apesar do bom desempenho dos grupos, o valor da mediana *decrece* ao longo da aplicação do *design*, e tal decréscimo é em grande parte devido à SEI de eletroquímica. Posto isso, a variação da mediana ao longo da aplicação do *design* foi considerada estatisticamente insignificante ($M = 5,83 \cdot 7,5 \cdot 5,00$ respectivamente e $\underline{M} = 6,11$). Dessa forma, o nosso entendimento foi que os valores dos *ratings* atribuídos aos grupos, após a análise estatística para este primeiro grupo de *boxplots*, indicam não haver uma alteração estatisticamente significativa da compreensão dos conteúdos químicos pelos grupos durante a implementação do *design*. Finalizados os comentários e inferências referentes ao primeiro grupo de *boxplots*, a seguir apresentamos os *boxplots* do segundo grupo, junto da matriz de dados (Tabelas 15 a 17) associada a cada um dos gráficos desenhados.

6.2.4 Análise e discussão de dados: segundo grupo de *boxplots*

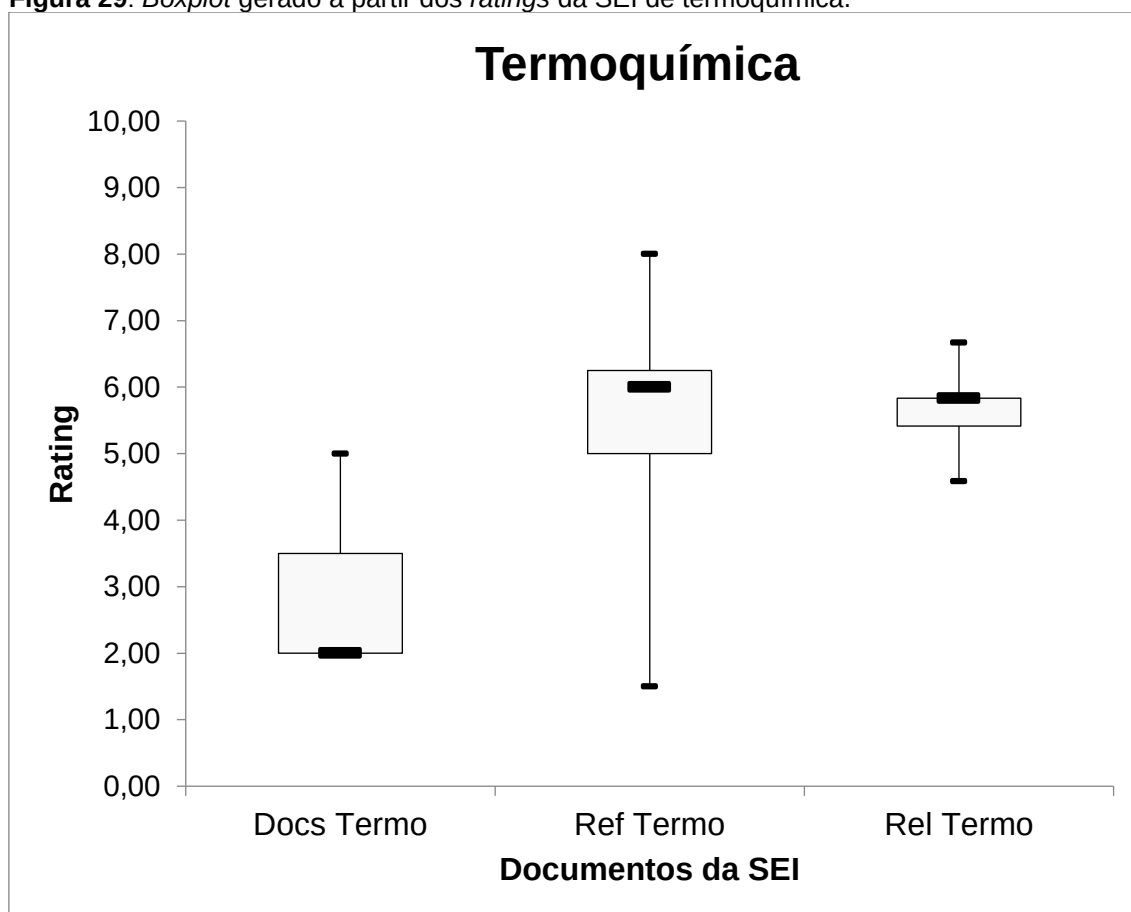
Apresentamos a seguir os *boxplots* do segundo grupo (Figuras 29 a 31), junto da matriz de dados associada a cada um dos gráficos plotados (Tabelas 15 a 17).

Tabela 15: Matriz de dados utilizada na construção do *boxplot* de Termoquímica.

	Docs Termo	Ref Termo	Rel Termo
Máximo	5,00	8,00	6,67
Q3	3,50	6,25	5,83
Média	2,86	5,43	5,65
Mediana	2,00	6,00	5,83
Q1	2,00	5,00	5,42
Mínimo	2,00	1,50	4,58

Fonte: Elaboração própria.

Figura 29: *Boxplot* gerado a partir dos *ratings* da SEI de termoquímica.

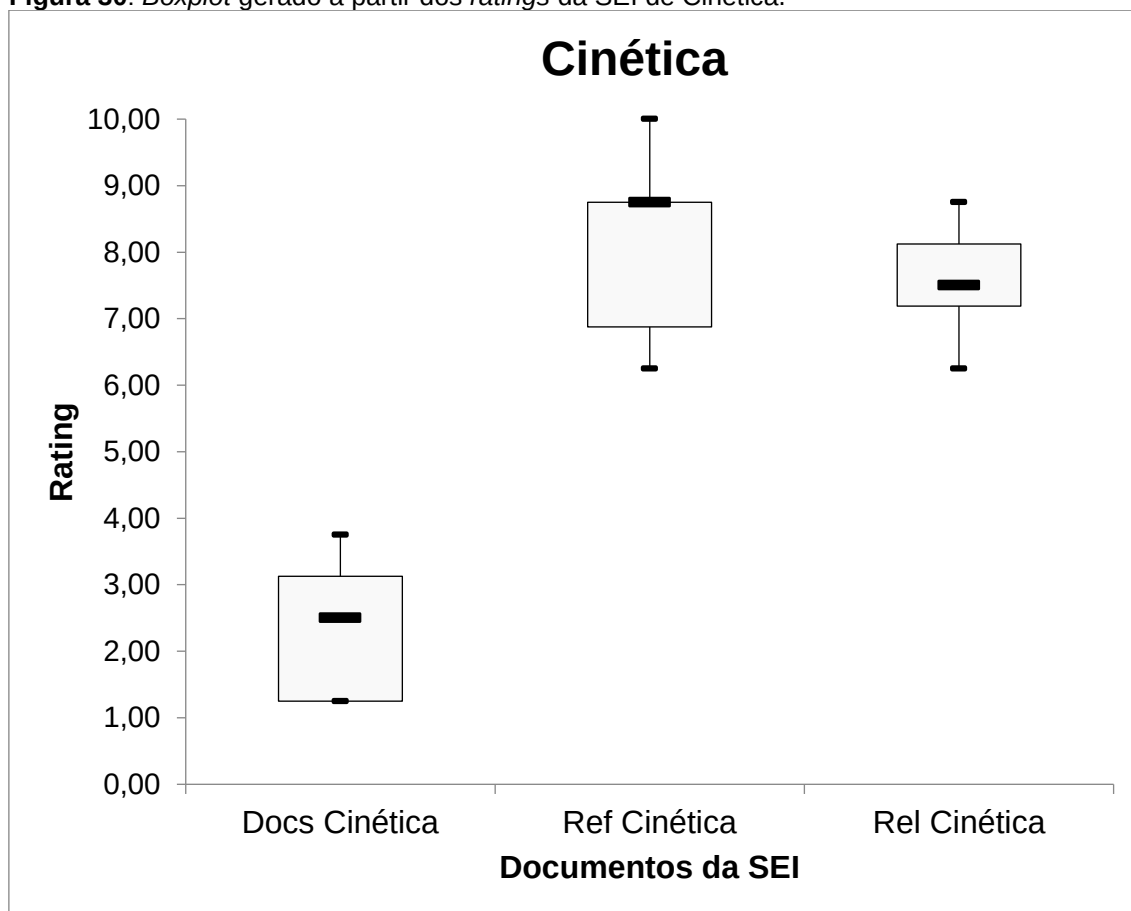


Fonte: Elaboração própria.

Tabela 16: Matriz de dados utilizada na construção do *boxplot* de Cinética Química.

	Docs Cinética	Ref Cinética	Rel Cinética
Máximo	3,75	10,00	8,75
Q3	3,13	8,75	8,13
Média	2,32	8,04	7,59
Mediana	2,50	8,75	7,50
Q1	1,25	6,88	7,19
Mínimo	1,25	6,25	6,25

Fonte: Elaboração própria.

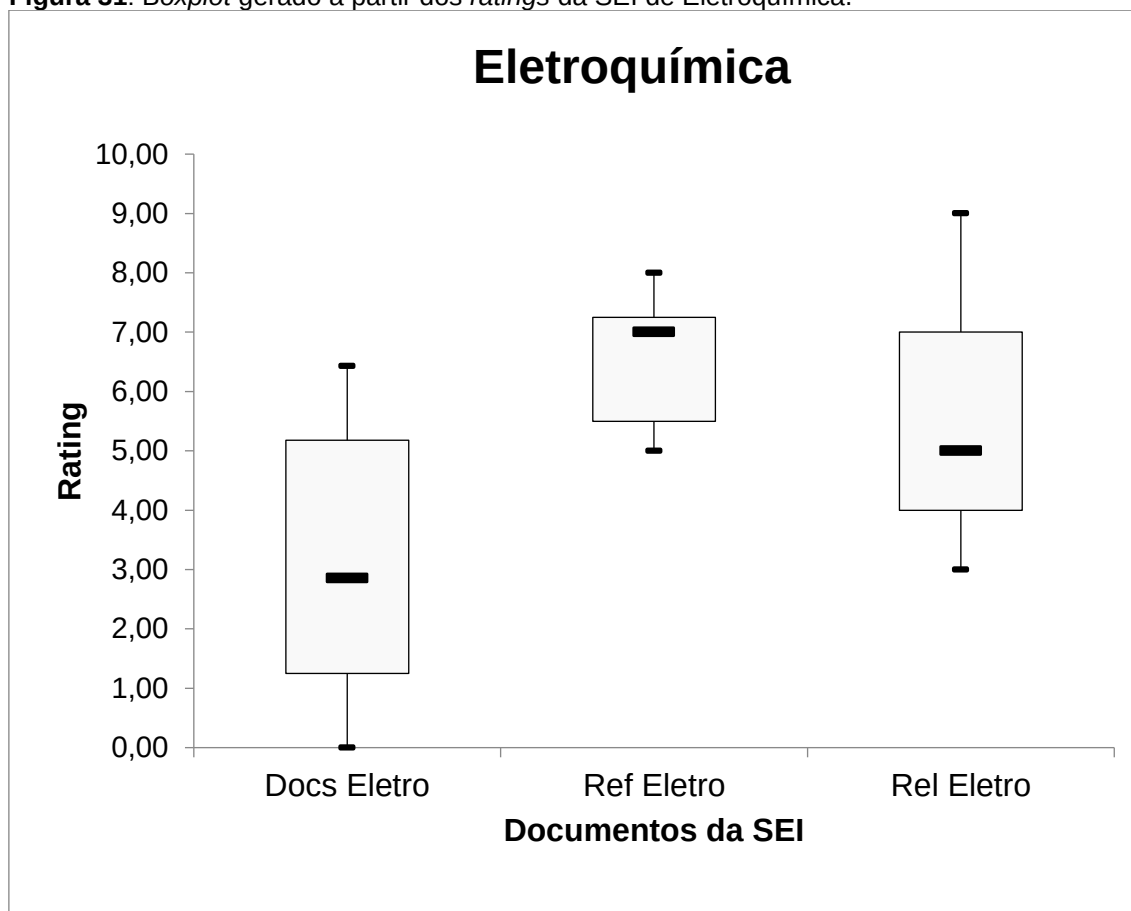
Figura 30: *Boxplot* gerado a partir dos ratings da SEI de Cinética.

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 17: Matriz de dados utilizada na construção do *boxplot* de Termoquímica.

	Docs Eletro	Ref Eletro	Rel Eletro
Máximo	6,43	8,00	9,00
Q3	5,18	7,25	7,00
Média	3,16	6,50	5,57
Mediana	2,86	7,00	5,00
Q1	1,25	5,50	4,00
Mínimo	0,00	5,00	3,00

Fonte: Elaboração própria.

Figura 31: *Boxplot* gerado a partir dos *ratings* da SEI de Eletroquímica.

Fonte: Elaboração própria.

Iniciando a discussão pelo que temos na Figura 29, que diz respeito à sequência de termoquímica, o aspecto que provavelmente mais chama a atenção no *boxplot* é o enorme valor de A para os refletidos de termo (A = 6,50) em forte contraste com o valor da medida para os documentos físicos (A = 3,00) e os relatórios (A = 2,08). Tal discrepância somente é igualada pelo valor da medida para os documentos físicos de Eletroquímica (A = 6,50). Apesar disso, o IIQ ao longo da SEI de termoquímica é bastante consistente, com uma diferença especialmente pequena para o relatório de termoquímica (Q3-Q1 = 0,41). Isso indica que os *ratings* dos 50% centrais dos nossos grupos oscilaram menos de meio ponto decimal.

O nosso entendimento acerca desse conjunto, ao analisar o comportamento dos *ratings* para os documentos físicos e refletidos, é que a SEI culmina em uma avaliação dos relatórios bastante consistente em conjunto de um aumento significativo dos *ratings* ao longo da SEI, apesar da significativa inconsistência dos *ratings* para os refletidos. Tal aumento é especialmente notado se analisarmos a variação percentual do valor de M ao longo da SEI:

$$Var (\%, M) = \frac{(5,83 - 2,00)}{2,00} * 100 = 191,67\%$$

A variação percentual de M nos indica que seu valor quase dobrou ao longo da SEI. Além disso, realizando uma análise individual das medidas que compõem o *boxplot*, todas as métricas apresentam um aumento, com exceção ao Mínimo que primeiro oscila negativamente antes de aumentar (Mín = 2,00 · 1,50 · 4,58). O aumento mais interessante para evidenciar se refere aos valores de Q1 (2,00 · 5,00 · 5,42) e Q3 (3,50 · 6,25 · 5,83), os quais indicam um deslocamento positivo dos 50% centrais dos *ratings* dos grupos ao longo da aplicação do *design*. Tal comportamento também é facilmente notado graficamente pela ausência de sobreposição entre o IIQ dos documentos físicos e os outros dois IIQs.

Com tais informações, pensamos ser bastante seguro inferir duas coisas:

- ✓ Há uma melhora significativa na compreensão dos conteúdos químicos ao longo da SEI de termoquímica, bem delineada pela variação das medidas estatísticas calculadas, sobretudo os valores dos quartis e do mínimo;
- ✓ Na ocasião do refletindo há bastante ruído (dispersão dos dados) e isso pode ser devido aos grupos estarem em um processo de síncrese do conteúdo

trabalhado, passando, então, para um estado de síntese dos conteúdos aprendidos na ocasião do relatório final da SEI.

Passando para a SEI de cinética, ao observarmos o gráfico constante na Figura 30, temos diversas informações bem impactantes que a diferem significativamente das demais. O primeiro se trata da enorme disparidade entre os gráficos referentes aos documentos físicos e os refletidos da sequência. Há um salto de mais de 5 pontos do valor da mediana associada aos documentos físicos para a mediana associada aos refletidos. Esse incremento da mediana entre documentos analisados é o maior observado ao longo de todo o decorrer da implementação do *design*.

Um segundo elemento bastante digno de nota é a baixa dispersão dos *ratings* para todos os documentos analisados nessa SEI. O valor agregado de A ($\sum A$) foi significativamente menor ($\sum A = 8,75$) do que o calculado para a sequência de termoquímica ($\sum A = 11,59$) e quase metade do valor obtido para eletroquímica ($\sum A = 15,43$). Isso nos informa que a turma, de maneira geral, apresentou *ratings* consistentes ao longo de toda a SEI, fato que podemos confirmar a partir dos valores de A individuais de cada documento ($A = 2,5 \cdot 3,75 \cdot 2,5$ respectivamente) e a dispersão ainda menor para os 50% centrais da turma, dados pela diferença Q3-Q1 (IIQ = $1,88 \cdot 1,87 \cdot 0,94$, respectivamente).

Além disso, é bastante notável a variação percentual da mediana dos *ratings* ao longo da SEI, a qual obteve um valor ainda maior do que aquele obtido para termoquímica,

$$Var (\%, M) = \frac{(7,50 - 2,50)}{2,50} * 100 = 200\%$$

Dessa forma, a partir do gráfico, da matriz de dados e da análise individual de algumas das medidas estatísticas calculadas é possível inferir duas coisas, das quais uma é uma inferência bastante crítica:

- ✓ O aprendizado dos grupos na sequência de Cinética Química é uma crescente bastante elevada, demonstrada sobretudo no gráfico para o relatório final da SEI, com notas entre 6,25 e 8,75;
- ✓ A ideia de que os grupos tiveram bastante dificuldade na escrita dos documentos físicos é reforçada pela análise transversal do gráfico de documentos físicos de cinética e termoquímica, por ocasião de ambos

revelarem um comportamento (na forma de *ratings* atribuídos) bastante similar. Contudo, mais adiante, na discussão sobre o *boxplot* de eletroquímica é possível notar uma quebra substancial dessa tendência.

Caminhando agora para a última SEI do nosso *design*, o gráfico gerado para ela ilustrado na Figura 31 é bastante peculiar. Um primeiro ponto que chama bastante à atenção se trata justamente de os *ratings* serem significativamente mais dispersos do que nas sequências anteriores, com ênfase especial aos documentos físicos. O valor de A associado aos documentos físicos é 6,43, e a diferença Q3-Q1 é 3,93 para essa região do gráfico. Tais valores, sobretudo quando comparados aos gráficos anteriores de cinética e termoquímica, apontam que algo de diferente aconteceu na confecção desses documentos pelos grupos para a sequência final do *design*. A simples análise da movimentação da mediana não nos fornece maiores informações ($M = 2,00 \cdot 2,50 \cdot 2,86$, respectivamente), mas uma análise mais acurada de outras medidas podem trazer informações mais sólidas, como segue.

Primeiramente, se faz necessária uma discussão sobre a assimetria da posição de M dentro do IIQ de eletroquímica para os documentos físicos. Ela está ligeiramente abaixo do centro da “caixa” que representa o IIQ; isso nos indica que os *ratings* do intervalo 0%-50% são ligeiramente mais condensados do que os *ratings* do intervalo 50%-100%. Quando trazemos o valor de M (2,86), o valor de Q3 (5,18) e o máximo (6,43), é possível inferir que os *ratings* do intervalo 50%+ estão mais esparsos, mas, de maneira geral, superiores aos obtidos nas SEIs anteriores. Podemos endossar essa afirmação ao destacarmos que o próprio valor de Q3 para o gráfico (5,13) é superior ao maior *rating* (Máximo) atribuído para as outras duas SEIs no segmento dos documentos físicos (Máx = 5,00 e 3,75, respectivamente). Dessa forma, pensamos ser seguro inferir que o período de aclimação dos grupos com os documentos físicos foi bastante impactante e, ainda assim, na última SEI do *design* uma parte significativa da turma (os 50% inferiores) ainda revelou dificuldades em utilizar o documento de maneira adequada. Contudo, do ponto de vista estatístico, fica claro que o percentil 50%+ teve um aumento bastante significativo do *rating* para esse documento na última SEI, com um aumento relativo do máximo de 28,57% quando comparado com a SEI de termoquímica e 71,43% de aumento quando comparado com a SEI de cinética. Quando da mensuração da variação relativa com respeito a Q3, o valor foi de 47,96% quando comparado com a SEI de termoquímica e 65,71%

quando comparado com a SEI de cinética. Dessa forma, com base na análise realizada, foi possível inferir que houve um aumento estatisticamente significativo dos *ratings* dos grupos para os documentos físicos na SEI de eletroquímica em relação ao mesmo documento nas SEIs anteriores.

Prosseguindo na análise, um outro aspecto bastante notável do gráfico para essa SEI é como as regiões do gráfico são significativamente mais dispersas do que o observado nas SEIs passadas. Como já comentado anteriormente, o valor de A acumulado (ΣA) é de 15,43, quase o dobro do valor de cinética (8,75). Isso nos indica que os *ratings* dos grupos são, de maneira quase global, mais dispersos, com apenas uma ressalva feita ao gráfico referente aos refletidos, que tem uma aparência bem próxima dos gráficos antecedentes.

Mais um aspecto bem interessante é a variação percentual do valor de M. Enquanto para as SEIs antecedentes os grupos apresentaram variações bem grandes, a variação percentual da mediana na SEI de eletroquímica é significativamente menor:

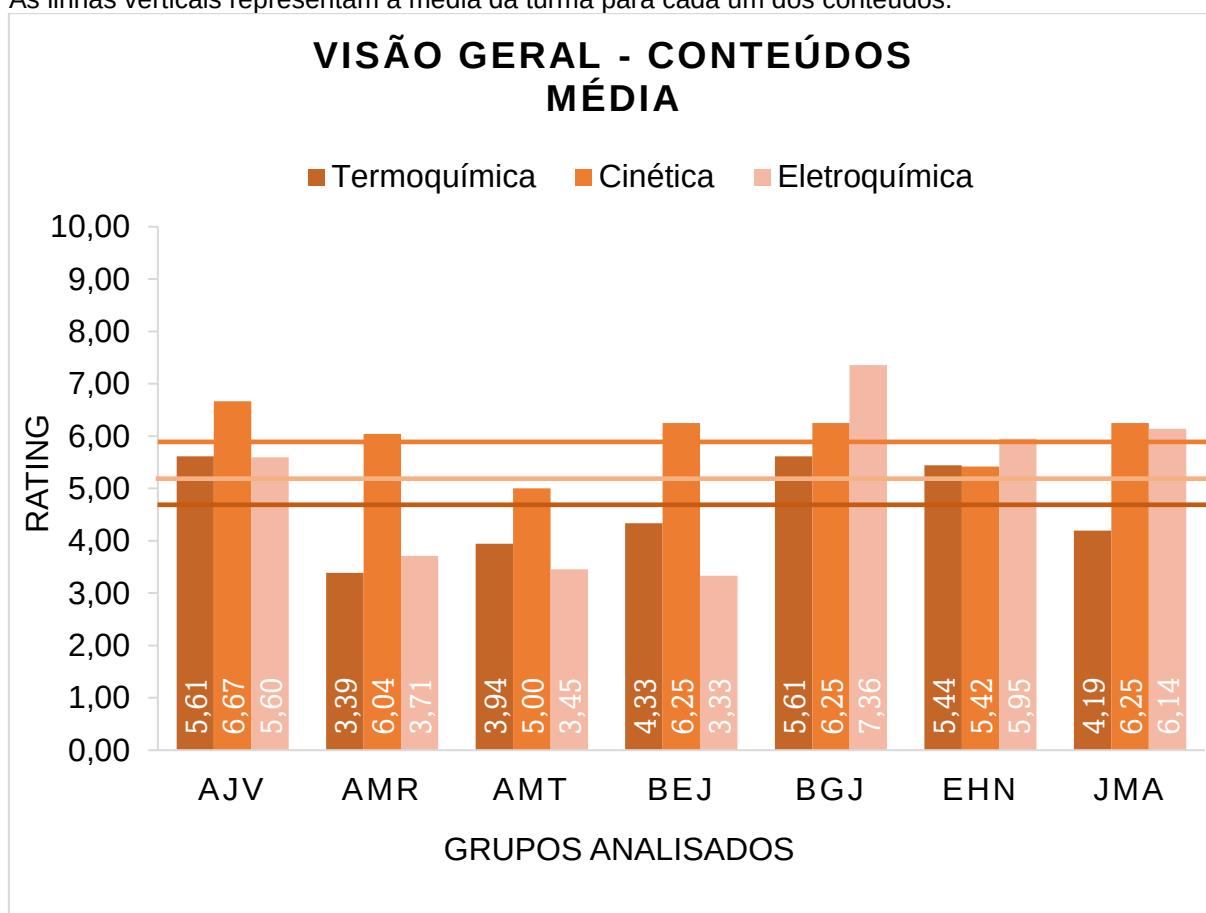
$$Var (\%, M) = \frac{(5 - 2,86)}{2,86} * 100 = 75\%$$

Tal valor, quando comparado aos outros dois (191,67% e 200,00%, respectivamente), nos fornece um possível reforço para a hipótese de que eletroquímica de fato tenha sido mais difícil do que os demais conteúdos, tal qual o lugar comum afirmado por alunos e notado pelos docentes. Tal aspecto é reforçado ao analisarmos comparativamente os valores de A (2,09 · 2,50 · 6,00, respectivamente) e Q3-Q1 (0,41 · 0,94 · 3,00, respectivamente) para os relatórios. Os *ratings* especificamente para os relatórios são substancialmente mais dispersos na SEI de eletroquímica, e o valor de M é o menor para as três SEIs (5,00 para eletroquímica, 5,83 para termoquímica e 7,50 para cinética química). Por fim, apesar dessas características bem peculiares do *boxplot* de eletroquímica, é bastante evidente que há um aumento dos *ratings* ao longo da SEI, apesar de tal aumento ser um tanto amortecido pelo aspecto bastante disperso dos *ratings* atribuídos aos grupos nessa SEI.

Antes de partir para o fechamento e considerações finais a respeito dessa questão de pesquisa, pensamos ser interessante trazer uma visão mais específica do desempenho dos grupos ao longo das SEIs, apesar de não termos realizado análises

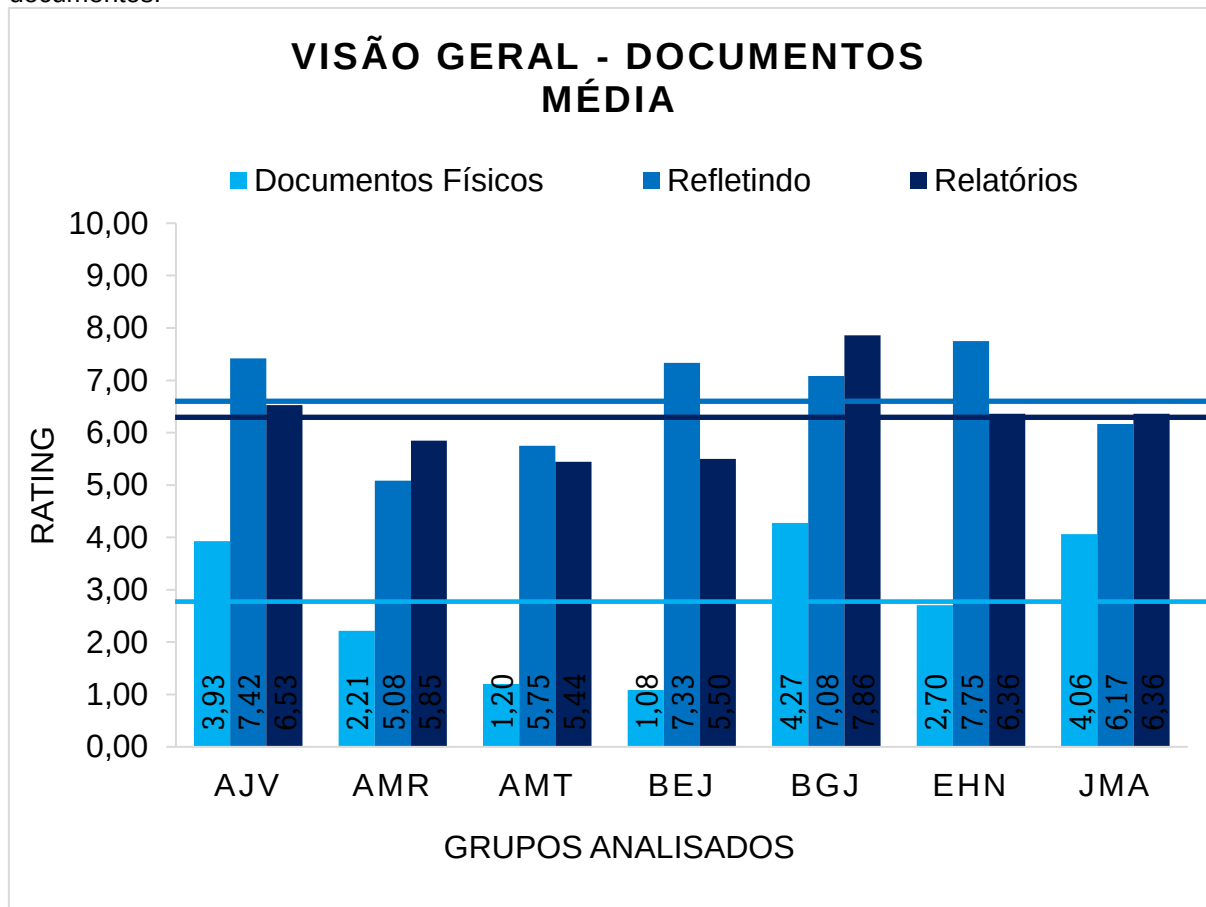
estatísticas específicas para o desenvolvimento dos grupos. Para isso, trazemos nas Figuras 32 e 33 dois gráficos de barra que ilustram o desempenho dos grupos quando fixamos as SEIs e quando fixamos os documentos. É interessante notar como tais gráficos corroboram com as tendências estatísticas que foram comentadas até então.

Figura 32: Gráfico de barras ilustrando o desempenho dos grupos com respeito às SEIs trabalhadas. As linhas verticais representam a média da turma para cada um dos conteúdos.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 33: Gráfico de barras ilustrando o desempenho individual dos grupos com respeito a cada um dos documentos elaborados. As linhas verticais representam a média da turma para cada um dos documentos.



Fonte: Elaboração própria.

Analisando inicialmente a Figura 32, o primeiro fator que é prontamente notado é como o desempenho dos grupos é largamente diversificado ao longo da implementação do *design*; temos variações de *ratings* de todos os tipos; crescentes, decrescentes, estáveis, picos isolados. É, no entanto, notável que todos os grupos obtiveram desempenhos razoáveis na SEI de cinética química – tanto é que tal SEI é a que apresenta o *rating* médio mais elevado de todos. Um segundo ponto interessante, do ponto de vista das SEIs, que já comentamos anteriormente na análise, é a instabilidade dos *ratings* na SEI de eletroquímica. Ao passo que ela possui o maior *rating* global individual da intervenção (7,36), ela também possui o menor (3,33).

Ainda comentando sobre as SEIs, é interessante notar como que não há uma progressão linear dos *ratings* dos grupos ao longo da aplicação do *design*. Em verdade, a variação do *rating* é bastante complexa – especialmente se consideramos os grupos individualmente. O único grupo que apresenta uma progressão linear e

positiva dos ratings é o grupo BGJ, com valores de *rating* 5,61 · 6,25 · 7,36 para cada uma das SEIs, respectivamente.

Passando para a Figura 33, o aspecto mais marcante do gráfico definitivamente é o valor médio significativamente menor para o *rating* dos Documentos Físicos quando comparado aos outros dois elementos. Curiosamente, o grupo BGJ aparece novamente em destaque, protagonizando o maior *rating* para tal documento. Dada a natureza dos Documentos Físicos, pensamos que a Figura 33 reforça o que já comentamos anteriormente neste capítulo – os grupos possivelmente não se atentaram muito a elaboração, escrita e detalhamento de seus protocolos em tais documentos – preferindo se dedicar mais ao debate e a execução de suas propostas resolutivas.

Em largo contraste, percebemos que, os refletidos e os relatórios finais – produzidos longe do contexto experimental – configuram *ratings* muito maiores e adequados para essencialmente todos os grupos analisados. Tal disparidade entre documentos, pensamos nós, não necessariamente implica em um prejuízo na compreensão dos conceitos químicos pelos grupos, contudo aponta que algum melhoramento no sentido de melhor desenhar e sustentar a produção dos Documentos Físicos pelos grupos deve ser realizada.

6.2.5 Desfecho e considerações finais sobre os conteúdos químicos

Para finalizar esta etapa da análise e discussão com respeito à segunda questão de pesquisa desta tese, pensamos que o principal debate a ser levantado aqui se trata da aparente contradição entre as nossas considerações sobre o primeiro bloco de *boxplots* (cujas variáveis são os documentos analisados) e o segundo bloco de *boxplots* (cujas variáveis são as SEIs que compreenderam o *design* aplicado).

A nosso ver, ficou patente na segunda etapa da análise dos *boxplots* que ocorre uma melhora na compreensão dos conteúdos químicos pelos grupos ao longo das SEIs ao fixarmos os documentos; tal melhora sendo bem assentada nos diversos gráficos, cálculos e discussões desenvolvidas neste capítulo. Por exemplo, na SEI de termoquímica ficou assentado que ocorre uma melhora na compreensão dos conteúdos químicos pelos grupos (bem delineada pelo *boxplot* da SEI). Além da SEI de termoquímica, um aumento bem caracterizado foi observado na SEI de cinética química, a qual apresentou um crescimento expressivo do valor do *rating* quando comparado às demais SEIs. A SEI de Eletroquímica foi a única que apresentou uma tendência dissonante, com uma variação de *ratings* menos pronunciada, possivelmente devido à maior complexidade dos conteúdos. Contudo, apesar do que foi observado na última SEI, pensamos que o *design* como um todo, com respeito aos conteúdos químicos trabalhados, ilustra a importância e como a variação dos graus de liberdade intelectual das atividades ao longo de cada SEI impactou positivamente na compreensão dos conteúdos químicos pelos grupos, haja vista a permanente tendência de aumento dos *ratings* ao longo de cada uma das SEIs.

É importante frisar, porém, que, apesar da compreensão dos conteúdos químicos ser estatisticamente válida e positiva para esse caso, o mesmo não pôde ser dito quando a comparação foi feita longitudinalmente, no primeiro bloco de *boxplots* (fixando as SEIs). Nesse caso, apenas os refletidos exibiram uma variação estatística significativa (e positiva). Para os outros dois documentos, a variação dos valores não foi estatisticamente significativa. Tal insignificância não se limita apenas a, mas é bem manifestada, por exemplo, no valor de *s* para os documentos físicos ($s = 0,43$), o que indica que os *ratings* dos documentos físicos são altamente consistentes entre si ao longo de todas as SEIs. No caso dos documentos físicos, inferimos que os grupos, de maneira geral, tiveram dificuldades de gerenciamento de tarefas e de tempo durante as atividades investigativas, dedicando um tempo, no

geral, pequeno para o preenchimento do documento. Tal constatação se deu por uma impressão do pesquisador quando da leitura e análise de tais documentos, os quais por diversas vezes apenas apresentavam discussões aqui e acolá e equações soltas. Para os refletidos, pensamos que os *ratings*, excetuando o caso de termoquímica, foram bastante consistentes e de maneira geral os grupos obtiveram um desempenho bastante satisfatório. Nossa interpretação para a dispersão observada nos *ratings* de Termoquímica é que os grupos foram impactados pela mudança abrupta da natureza e teor das questões colocadas.

Postas essas breves considerações, pensamos que essa aparente contradição tem seu enraizamento principal na SEI de Eletroquímica. Pensamos ser importante reconhecer que a complexidade intrínseca dos conteúdos dessa SEI pode ter influenciado no *rating* dos grupos. E tal ideia tem apoio dos dados e discussões que realizamos: a SEI de Eletroquímica claramente foi a mais desafiadora do nosso *design*, impactando negativamente nos *ratings* e medianas dos *ratings* como um todo, e isso é notado em ambos os blocos analíticos. Até mesmo, por exemplo, quando da análise da variação percentual da mediana em relação às SEIs (referente ao segundo bloco de *boxplots*), no caso da SEI de eletroquímica, ainda apresente uma variação positiva, registra a menor variação percentual das três SEIs. Assim sendo, pensamos que a complexidade do conteúdo de Eletroquímica contribuiu significativamente na avaliação geral dos *ratings* no primeiro bloco de *boxplots* analisados ao trazer o menor valor médio para os *ratings* dentre as três SEIs que compreenderam nosso *design*.

Nesse sentido, entendemos que, apesar do que foi observado com o valor dos *ratings* e a mediana dos *ratings* quando da análise do primeiro bloco de *boxplots*, o aumento dos *ratings* dos documentos estudados (descrito na análise do segundo bloco de *boxplots*) sugere um impacto positivo na forma como os alunos expressam e registram seus conhecimentos, e não podemos deixar tal fato passar despercebido. Nesse sentido, vale a pena comentar como a maneira que nosso *design* se desenvolveu, pensando em seus princípios. Por conta da maneira com que desenhamos o *design*, ele incorporou *feedbacks* bastante frequentes ao longo de sua aplicação. Assim, os nossos *feedbacks* construtivos e formativos, ao possibilitarem aos grupos oportunidades de revisar, repensar e refletir sobre suas escritas, pode ter ajudado no aperfeiçoamento de suas habilidades comunicativas.

Portanto, pensamos que nosso *design* (como foi bem assentado nos dados do primeiro bloco de *boxplots*) parece não ter impactado significativamente na compreensão dos conceitos químicos pelos alunos. Porém, por outro lado, o *design* impactou positivamente na maneira com que os alunos registram seus pensamentos e entendimentos sobre os conceitos, e isso é evidenciado na análise e discussão do segundo bloco de *boxplots*. Assim, entendemos que nosso *design* foi bem-sucedido com respeito à compreensão dos conceitos químicos (conforme ilustramos nas Figuras 32 e 33 e posteriormente discutimos), uma vez que as médias dos *ratings* dos grupos para as SEIs se distribuem ao redor do *rating* médio (5). Além disso, entendemos que nosso *design* foi capaz de aperfeiçoar a habilidade dos grupos de articularem e comunicarem seus conhecimentos.

6.3 Terceira Questão de Pesquisa: Afastamento da experiência comum e aproximação da experiência científica

Em que medida a implementação do design, pautado na epistemologia bachelardiana, proporciona um afastamento dos ingressantes de um curso de graduação em química da experiência comum, levando-os a desenvolverem uma identidade característica da experiência científica?

6.3.1 Considerações iniciais sobre o afastamento de uma experiência comum e a aproximação de uma experiência científica

Retomando o Quadro 14, propusemos 5 categorias analíticas que, por motivos de conveniência, chamamos de C1-C5. Ao longo da análise dos documentos físicos, notamos que a categoria C4 (Análise e Discussão de Dados) em particular retornava muito menos codificações do que as outras 4. Depois de refletir sobre o porquê tal categoria apresentou tal *improdutividade*, entendemos que envolve apenas o *levantamento de hipóteses e rascunhos de propostas experimentais e o procedimento de proposta experimental*. Não há uma fase de coleta e análise de dados – e nem tem como haver, pois os alunos só poderão realizar tais processos após terem o aval do docente para realizar a proposta experimental do grupo.

Dessa maneira, a categoria C4 foi excluída da análise e discussão dos documentos físicos, pois a análise e discussão de dados são irrelevantes para as etapas compreendidas nestes documentos. Possuindo caráter hipotético e propositivo, as demais categorias são suficientes para capturar a adequação e a natureza das atividades desenvolvidas pelos grupos neste segmento.

De maneira similar, para o último segmento, que concerne os grupos focais, uma outra categoria foi desconsiderada para a análise e discussão dos dados coletados. De maneira mais evidente do que o caso anterior, em um grupo focal é primoroso que haja uma comunicação espontânea e aberta entre os participantes com o fim de que os dados coletados sejam os mais próximos das percepções e entendimentos particulares dos sujeitos participantes (Barbour, 2009). Assim sendo, se espera que a linguagem em um grupo focal seja mais informal e reflexiva, com seus participantes exprimindo suas ideias e experiências pessoais da maneira que melhor lhes convém. Analisar a linguagem nesse contexto não proporcionaria discernimentos relevantes sobre a profundidade ou qualidade das discussões. Portanto, a categoria C5 (Linguagem) foi excluída da análise e discussão dos grupos focais.

Para o segundo segmento, que tratou dos relatórios elaborados pelos grupos ao cabo de cada uma das SEIs, todas as categorias apresentaram produtividade e, portanto, não houve a necessidade de exclusão de nenhuma delas. Postos estes esclarecimentos iniciais, damos início às análises e discussões propriamente ditas deste capítulo, seguindo a ordem cronológica a qual tais dados foram coletados.

6.3.2 Primeiro segmento: documentos físicos

Relembrando a Figura 7, os documentos físicos eram compostos por duas unidades, as quais apresentavam uma relação e sequência lógica entre si:

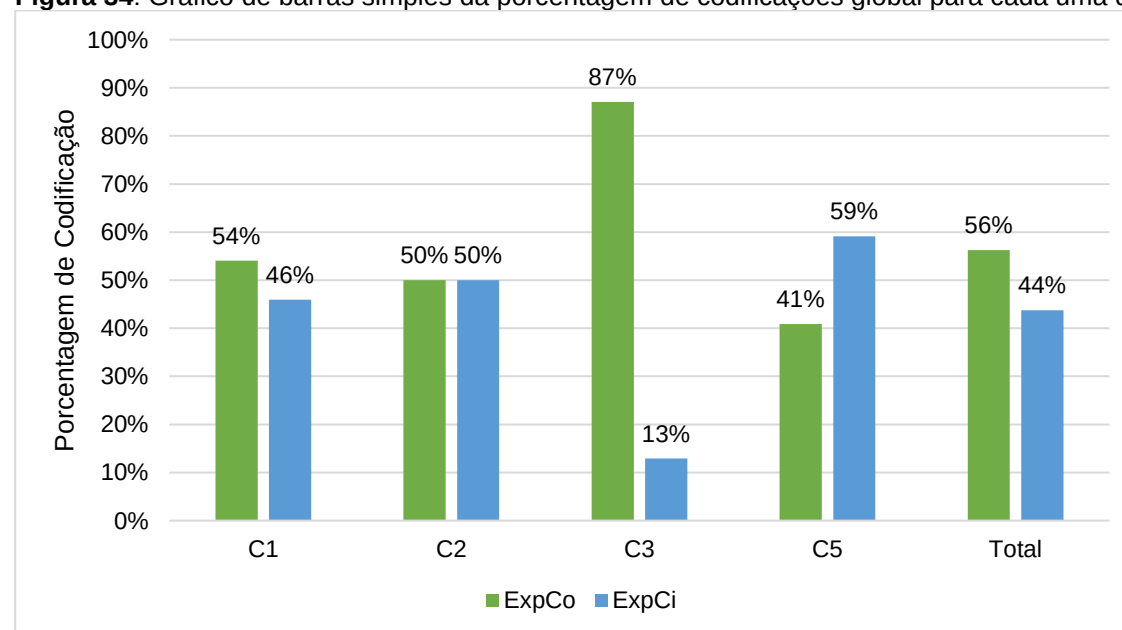
1. Documento de Hipóteses e Procedimentos Experimentais (Apêndice C);
2. Proposta de Procedimento Experimental (Apêndice D).

Tais documentos, como consta no próprio nome, foram os únicos produzidos de forma manuscrita, uma vez que os grupos os escreveram durante as aulas experimentais investigativas de cada uma das SEIs. Cabe ainda lembrar que, por serem necessários apenas em atividades investigativas, um total de dois pares de documentos deveria ser produzido por cada grupo em cada SEI, mais especificamente nas atividades 2 e 3. Para efeito, apesar de tais documentos serem separados em dois com fins pedagógicos, eles foram analisados e discutidos como sendo uma peça só. Com essas ponderações iniciais, apresentamos na Tabela 18 a frequência de codificações global (com respeito às categorias), seguida da Figura 34 que ilustra tais frequências em um gráfico de barras simples.

Tabela 18: Frequência global e porcentagem de codificações para cada uma das categorias analisadas nos documentos físicos.

Categoria/Estrato	C1	C2	C3	C5	Total
Mais Próximo da Experiência Comum (ExpCo)	20	16	27	18	81
Mais Próximo da Experiência Científica (ExpCi)	17	16	4	26	63
% ExpCo	54%	50%	87%	41%	56%
% ExpCi	46%	50%	13%	59%	44%

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 34: Gráfico de barras simples da porcentagem de codificações global para cada uma das categorias analisadas nos documentos físicos.

Fonte: Elaboração Própria.

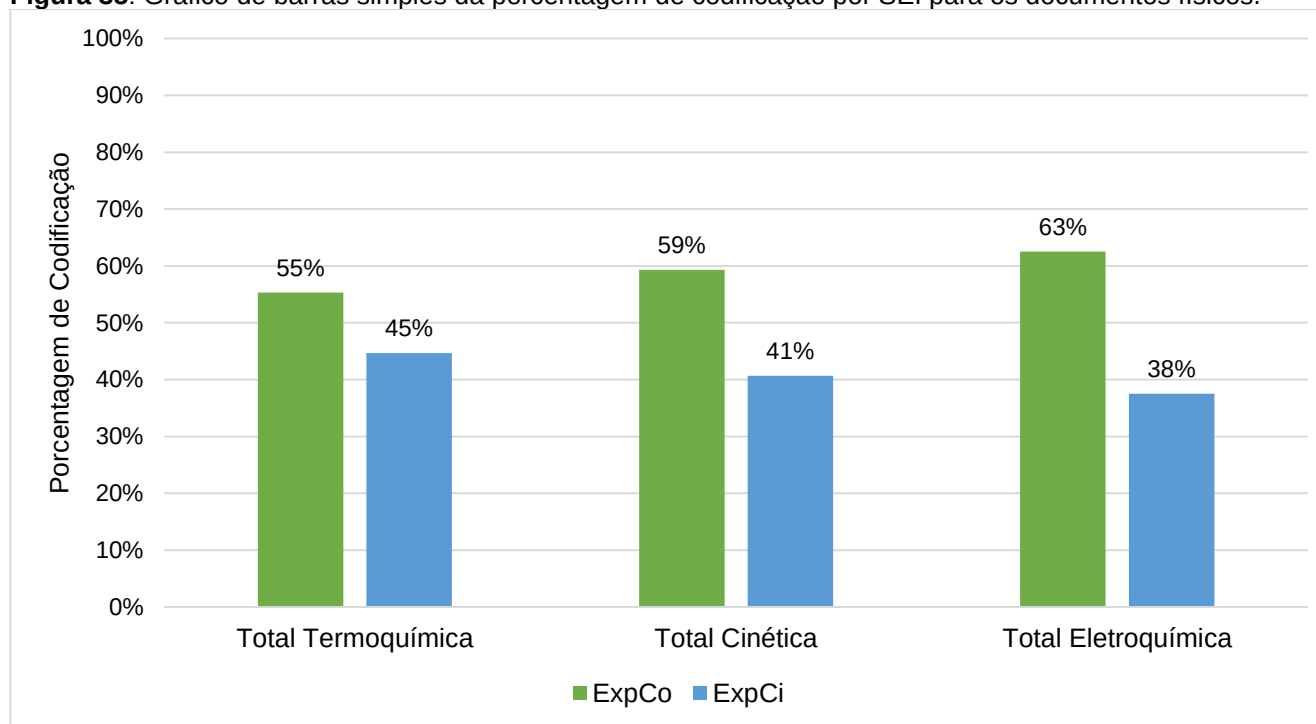
Observando a Figura 34, pensamos que a região mais visível concerne ao par de barras envolvendo a categoria C3 (Críticidade e Refletividade). Em largo contraste com o que se observa nas demais categorias, as codificações para C3 são largamente inclinadas para aspectos mais próximos da experiência comum. Nós fazemos uma discussão mais elaborada na seção em que tratamos especificamente de como essa categoria foi avaliada individualmente ao longo da aplicação do *design*, mas vale a pena notar como os grupos, de maneira geral, tenderam a apresentar pouco ou nenhum tipo de movimento reflexivo na elaboração dos documentos físicos.

Para as demais categorias (C1, C2 e C5), observamos que há um certo equilíbrio, uma discrepância bastante reduzida entre as codificações para ExpCo e ExpCi. Contudo, essa discrepância reduzida observada na Figura 34 não nos permite inferir muito sobre como os grupos, de maneira geral, evoluíram ao longo da implementação do *design*, com respeito à aproximação de uma experiência científica. Nesse tocante, pensamos que a Figura 35 nos fornece uma visão um pouco mais significativa de um contexto geral nesse respeito.

Tabela 19: Frequência de codificações por SEI para os documentos físicos.

Categoria/Estrato	Total Termoquímica	Total Cinética Química	Total Eletroquímica
ExpCo	26	35	30
ExpCi	21	24	18
% ExpCo	55%	59%	63%
% ExpCi	45%	41%	38%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 35: Gráfico de barras simples da porcentagem de codificação por SEI para os documentos físicos.

Fonte: Elaboração própria.

Como é possível notar a partir da Tabela 19, a ideia dessa análise foi verificar como as codificações para ExpCo e ExpCi variaram ao longo das SEIs que compuseram nosso *design*. O que havíamos notado nos números foi confirmado na Figura 35: há, sim, uma sutil crescente no percentual de codificações para ExpCo, a qual reflete em um sutil decréscimo no percentual de codificações para ExpCi.

Primeiramente é importante notar que se trata de uma variação pequena (absoluta: 8%, relativa: ~15%). Contudo, o mais intrigante é que há uma clara tendência de variação ao longo das SEIs, quase que linear. Os motivos para tal fenômeno ter ocorrido são variados: pode ser que, conforme os grupos se familiarizaram com as características e ritmo das atividades investigativas, ao invés deles terem uma relação mais profunda com os documentos físicos, eles podem ter adotado uma relação ainda mais pragmática, por exemplo.

Um segundo motivo que pensamos para esse ocorrido foi a crescente demanda das atividades investigativas propostas, sobretudo na última SEI, de eletroquímica. É possível que o escalonamento na dificuldade que propomos em nosso *design* tenha impactado na capacidade dos alunos de se afastarem de uma experiência comum, e atuado justamente no sentido contrário, de aproximá-los dela. Há espaço para mais colocações aqui, mas pensamos que quaisquer outras colocações tenham um caráter cada vez mais propositivo e menos assentado no que o dado nos permite inferir.

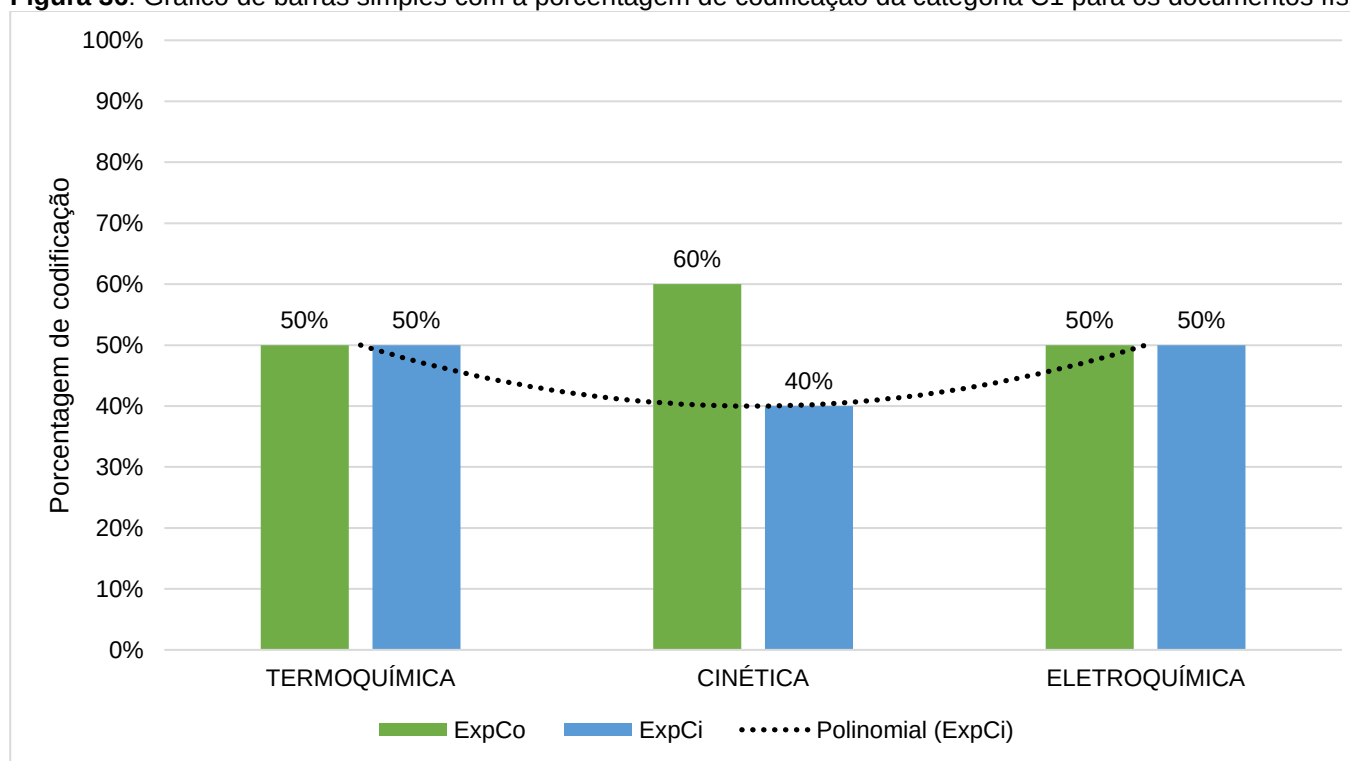
Assim, finalizamos essa primeira etapa da análise e discussão dos documentos físicos, em que fizemos breves comentários a respeito de tais documentos de maneira global, generalizada. A seguir, trazemos as análises individuais para cada uma das categorias analisadas, em ordem numérica. Assim, trazemos na Tabela 20 a matriz de dados para a categoria C1, e na Figura 36 o gráfico de barras referente à evolução das codificações para C1 ao longo da intervenção.

Tabela 20: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Fundamentação teórica para o levantamento de hipóteses e resolução” (C1) nos documentos físicos.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
ExpCo	4	9	7
ExpCi	4	6	7
% ExpCo	50%	60%	50%
% ExpCi	50%	40%	50%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 36: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C1 para os documentos físicos.



Fonte: Elaboração própria.

Para a categoria C1 (Assentamento Teórico e Levantamento de Hipóteses e Resolução), ao analisar a Figura 36, podemos notar que há uma leve flutuação dos valores de ExpCo e ExpCi para esta categoria ao longo das SEIs, em termos absolutos (percentuais). O percentual de ExpCo e ExpCi são iguais nas sequências de termoquímica e eletroquímica, e oscilam em $\pm 10\%$ na SEI de cinética. Pensamos que o dado mais interessante aqui seja o fato de que os grupos, de maneira geral, obtêm avaliações medianas para C1, que é uma categoria bastante densa e de difícil atendimento no que concerne à aproximação de uma experiência científica. O equilíbrio entre ExpCo e ExpCo ao longo do tempo pode sugerir que os alunos estão tentando balancear suas intuições iniciais com um entendimento teórico mais rigoroso, e a estabilização no terceiro momento indica uma consolidação desse equilíbrio.

Observando, porém, os dados na Tabela 20, mais especificamente os dados frequenciais, podemos observar que ocorre um pico de codificações para ExpCo em cinética ($n=9$), o qual posteriormente decresce em eletroquímica ($n=7$); enquanto para ExpCi, a frequência de codificações apresenta um crescimento constante ao longo das SEIs ($4 \blacktriangleright 6 \blacktriangleright 7$). Portanto, do ponto de vista da frequência de trechos codificados, diferentemente do que a Figura 36 ilustra, temos fundamento estatístico para inferir que há uma incorporação gradual e consistente de fundamentos teóricos para o levantamento de hipóteses e resoluções ao longo da aplicação do *design* e que, acima de tudo, há uma queda de movimentos mais próximos da experiência comum na última SEI ($9 \blacktriangleright 7$), o que implica em uma variação global de +3 para ExpCi na última SEI do *design* em relação a Cinética.

Isso pode implicar em uma série de possibilidades inferenciais, mas a evidência que pensamos ser a mais certa para esse caso em particular é a seguinte. Para C1, é sobretudo importante – para que eles exibam características mais próximas de uma experiência científica – que os componentes dos grupos possuam um *corpus* de conhecimentos prévios, além da capacidade de buscar informações convenientes para levantar boas hipóteses e elaborar um percurso resolutivo eficaz. Ao começo da aplicação do *design*, é bastante razoável esperar que isso não esteja bem formado – os sujeitos de pesquisa estão tendo suas primeiras experiências com atividades investigativas. Se o *background* teórico é limitado, e os sujeitos possuem dificuldade

para pesquisar dados, eles podem acabar dependendo mais de suas intuições, o que seria um comportamento mais próximo da experiência comum.

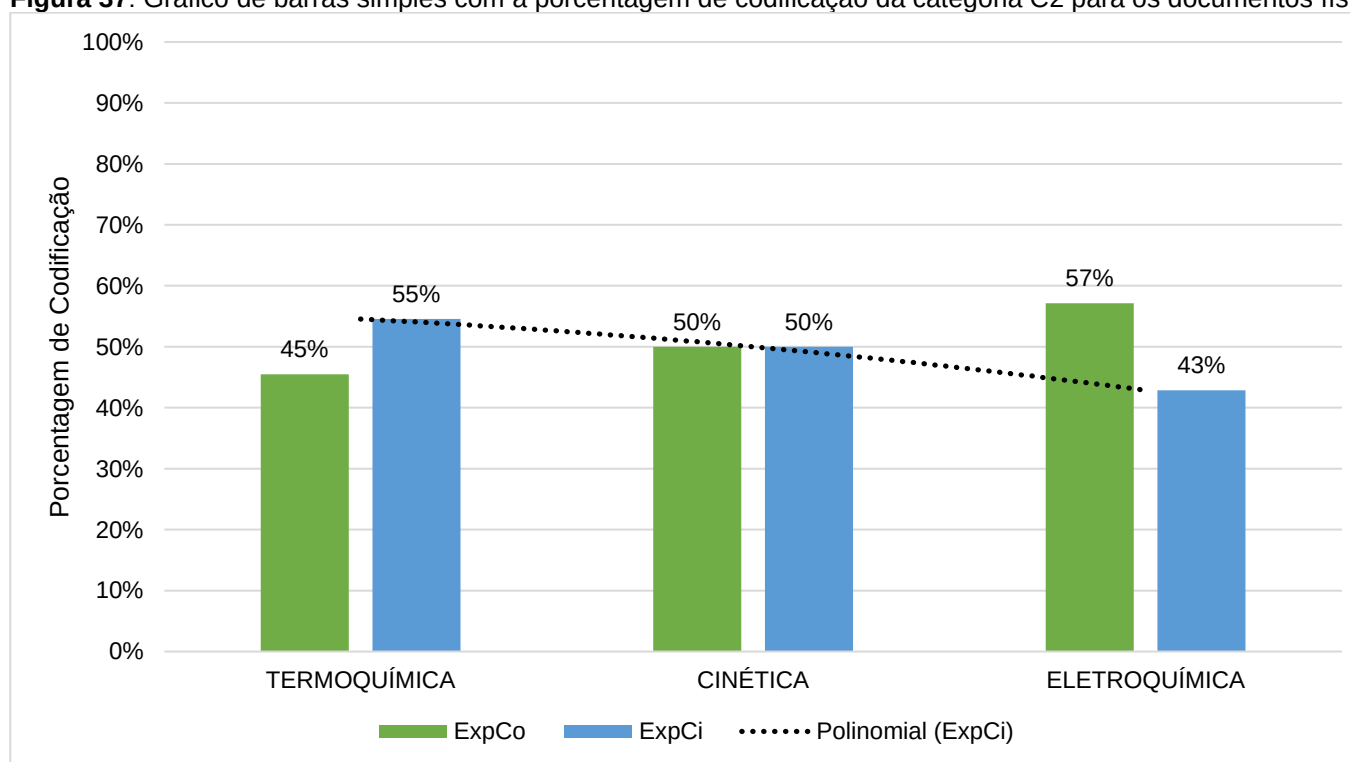
Apesar disso, a frequência de codificações para ambos os estratos é igual em termoquímica (4). Conforme os grupos avançaram ao longo da implementação do *design*, eles se tornam mais familiarizados com tais processos, uma vez que os sujeitos teoricamente possuem mais recursos conceituais para formular hipóteses e resolver problemas de mais adequada, ou seja, mais próxima de uma experiência científica. Isso pode explicar o aumento bruto de ExpCi ao longo dos momentos analisados – apesar dos valores percentuais indicarem apenas uma simples flutuação das codificações. Isso se alinha com o que Bardin (1977) coloca acerca da análise quantitativa no contexto da AC; às vezes a maneira com que os valores finais são apresentados podem levar a inferências empobrecidas da análise. Assim, é necessário que todo o processo de quantificação envolvido na AC seja levado em consideração para que boas inferências sejam produzidas.

Com essas breves discussões, finalizamos a fala acerca da categoria C1. Passamos a seguir para a análise e discussão da categoria C2, cujos dados e gráfico se encontram respectivamente na Tabela 21 e Figura 37.

Tabela 21: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos (C2) nos documentos físicos.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
ExpCo	5	7	4
ExpCi	6	7	3
% ExpCo	45%	50%	57%
% ExpCi	55%	50%	43%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 37: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C2 para os documentos físicos.

Fonte: Elaboração própria.

No caso da categoria C2 (Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos), temos um perfil de dados e do gráfico bastante diferentes do caso anterior. O primeiro ponto notável é a curva de ajuste polinomial para ExpCi, que apresenta uma clara tendência de decrescimento. Observando o gráfico, é bastante evidente que, em termos de valores percentuais, ExpCo aumenta gradativamente ao longo das SEIs enquanto ExpCi apresenta o mesmo comportamento, porém em decrescimento.

Assim, do ponto de vista do que os valores percentuais nos apresentam, os grupos parecem apresentar um movimento de simplificação, de menor detalhamento, quiçá esmero com a descrição e explicação dos procedimentos elencados conforme a intervenção avança. Essa diminuição contínua pode, por exemplo, ocorrer por conta de um possível processo de familiarização dos grupos com a maneira que as atividades investigativas são desenvolvidas, levando-os a produzir descrições mais sucintas, pragmáticas dos procedimentos.

Antes de passar para a discussão sobre os dados frequenciais brutos, é importante fazer um pequeno hiato para explicar a frequência de codificações relativamente menor em eletroquímica para C2 em relação as outras SEIs. Em eletroquímica 3, que se tratou da atividade de galvanoplastia, o procedimento experimental foi fornecido aos alunos (conforme consta no apêndice P). Por conta disso, os grupos não tinham a necessidade de descrever ou explicar os procedimentos investigativos – eles já estavam prontos. Cabia a eles apenas realizarem os procedimentos em C1 para escolherem qual seriam o metal de escolha para o recobrimento e, em seguida, eles recebiam o procedimento específico para o metal escolhido.

Posto isso, acaba ficando evidente que a análise dos dados frequenciais fica fragilizada no caso de C2. Mesmo que fizéssemos um movimento de extrapolação linear para eletroquímica – que seria bastante propenso a erros por conta da escassez de dados – o resultado muito provavelmente não desviaria do que é observado nas porcentagens. Dessa maneira, com a finalidade de não produzir inferências inadequadas ou tendenciosas, preferimos não analisar os dados frequenciais brutos para esta categoria.

Há ainda um ponto a ser discutido aqui – que já foi colocado anteriormente neste segmento: o fator tempo. É indiscutível que o fator tempo exerce uma influência

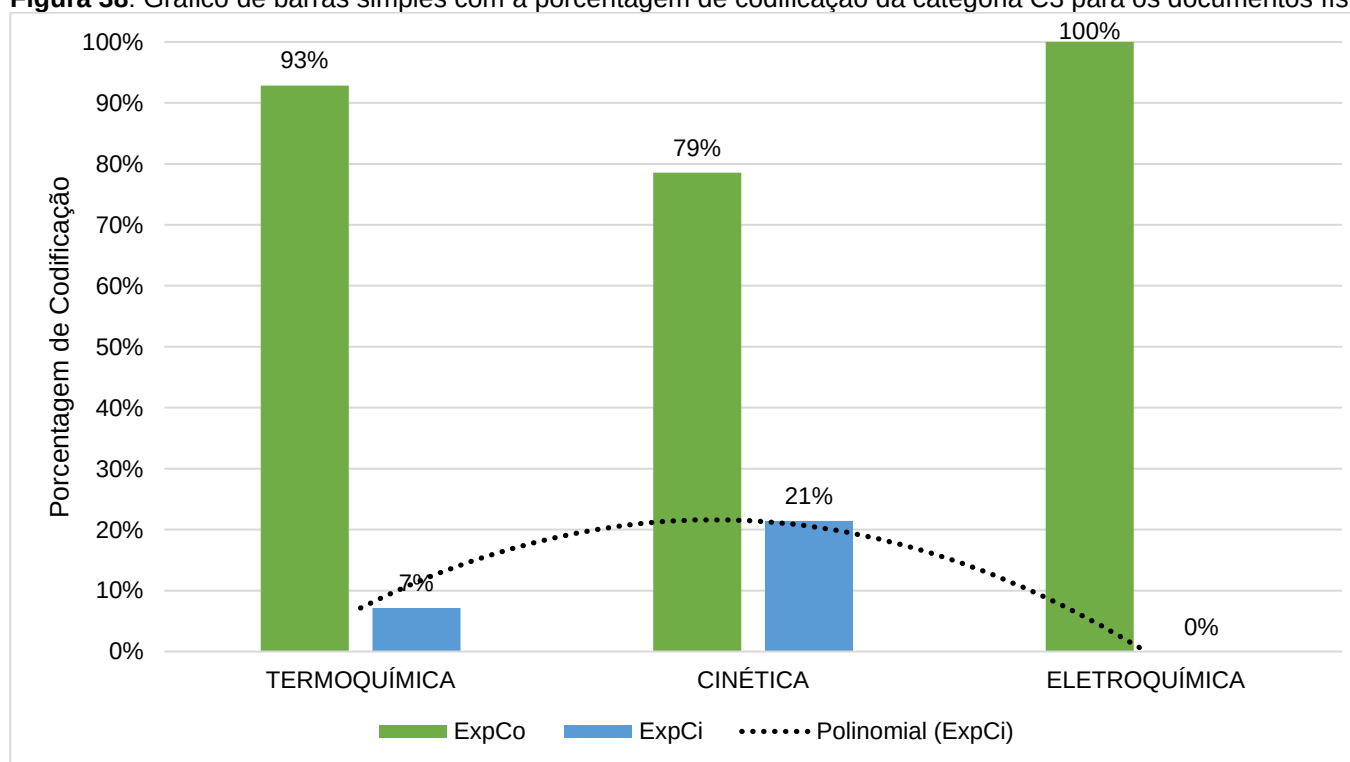
significativa na confecção dos documentos físicos. Conforme comentado, pensamos que nossas atividades investigativas, especialmente as atividades em cinética e eletroquímica são mais longas do que as de termoquímica, apesar de termos registrado falas de sujeitos nos grupos focais que se opõem parcialmente a essa ideia*. De qualquer forma, o tempo disponível para a realização da atividade investigativa versus o tempo teórico que tal atividade investigativa demanda pode ter exercido uma influência significativa para esta categoria analítica. O fator tempo não é somente relevante aqui – veremos ele retornando em breve, na análise e discussão da próxima categoria.

Com isso finalizamos a análise e discussão da categoria C2, e damos prosseguimento na análise dos documentos físicos com os dados referentes à categoria C3, ilustrados na Tabela 22 e na Figura 38.

Tabela 22: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Críticidade e Refletividade” (C3) nos documentos físicos.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
ExpCo	13	11	13
ExpCi	1	3	0
% ExpCo	93%	79%	100%
% ExpCi	7%	21%	0%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 38: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C3 para os documentos físicos.

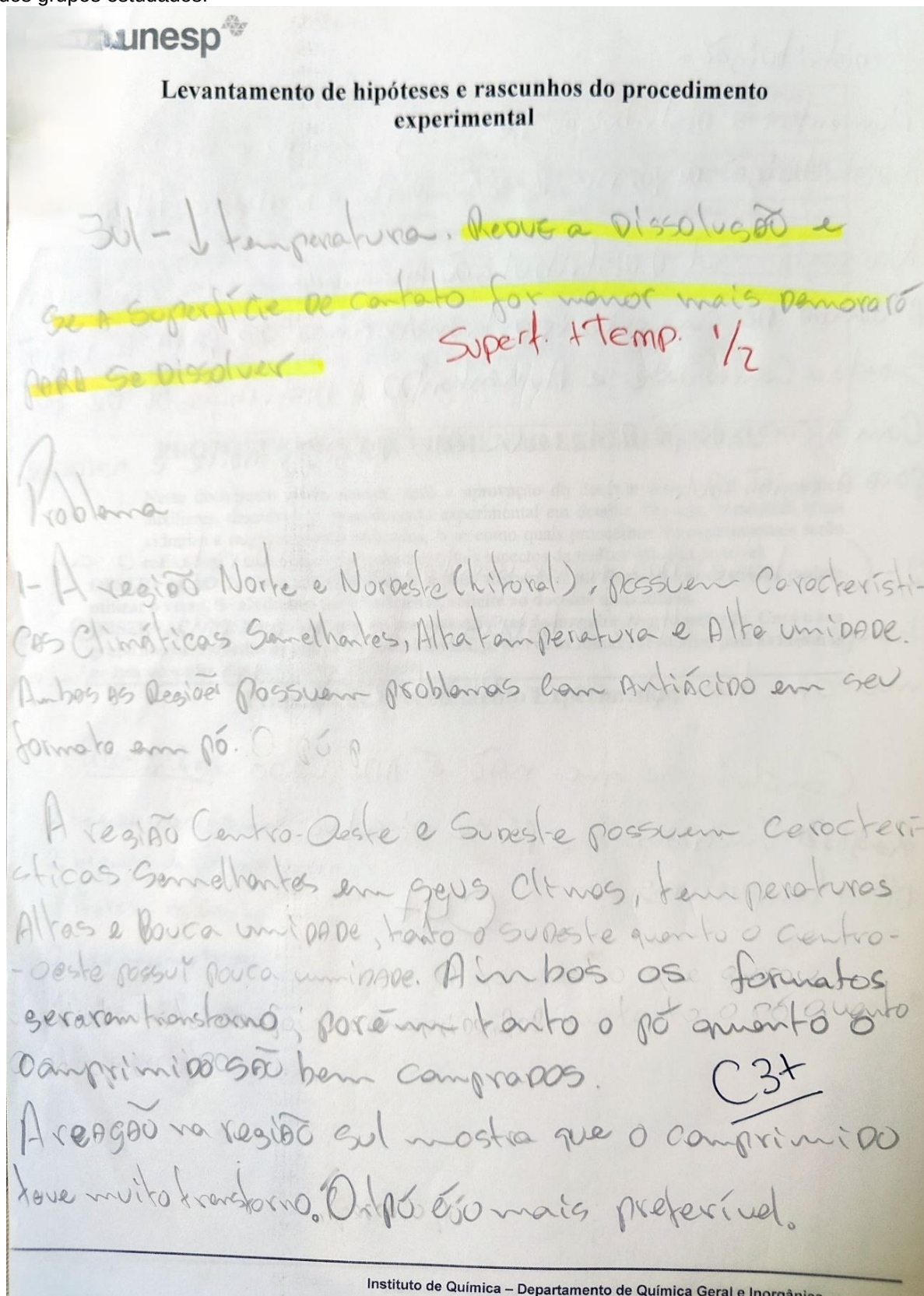
Fonte: Elaboração própria.

O comportamento que se observa tanto na Tabela 22 quanto na Figura 38 é, certamente, o mais peculiar de todas as quatro categorias que são estudadas neste segmento. Em ambos os casos, seja pensando em termos de frequências de codificações ou em termos de porcentagem de codificação, é bastante claro que, essencialmente, não ocorreram processos reflexivos ou críticos pelos grupos durante a confecção dos documentos físicos. Isso, pensamos nós, é novamente relacionado a dois elementos que já discutimos aqui – o fator tempo, e o possível caráter pragmático dos grupos ao lidarem com os documentos físicos.

Um fator que pode ter possivelmente favorecido tal conjunto de dados pode ter sido uma falha do grupo de trabalho, mais especificamente, dos professores que atuaram durante as aulas em laboratório. Na ocasião de um grupo apresentar uma proposta inadequada, talvez deveríamos ter sido mais explícitos que a proposta recusada poderia ser comentada – ou seja, criticada.

Contudo, definitivamente não seria apenas o momento da possível recusa o único capaz de elicitar um movimento crítico ou reflexivo dos alunos. Uma atividade investigativa, teoricamente, propicia que tais movimentos ocorram ao longo das suas mais diversas etapas – e as etapas compreendidas pelos documentos físicos certamente davam margem para que tal processo acontecesse. Não à toa, fica faltando discutirmos o que aconteceu em cinética, a SEI em que ocorreram três codificações para ExpCi. Com a finalidade de ilustrar um dos casos, trouxemos uma cópia digital de uma parte do documento de um dos grupos, em que os alunos registram suas reflexões e raciocínios acerca da atividade 2 de cinética, como segue na Figura 39.

Figura 39: Trecho do levantamento de hipóteses e rascunhos do procedimento experimental de um dos grupos estudados.



Fonte: Arquivo de documentos físicos.

Como se pode observar na Figura 39, o grupo realiza um belo movimento reflexivo sobre a relação entre as regiões, suas variações clima, temperatura e umidade e como isso afetava ou não a venda do antiácido em pó ou em pastilha. O mais curioso desse fragmento é que ele é bastante simples – mas o grupo fez questão de colocar suas reflexões no papel. Na ocasião dessa atividade investigativa, a grande maioria dos grupos optou por simplesmente tabelar as informações, ou jogá-las ao léu no documento de maneira desorganizada. Mas esse grupo – assim como mais um (que teve dois trechos categorizados como sendo ExpCi para essa categoria) – tiveram a iniciativa de trazer suas reflexões no papel.

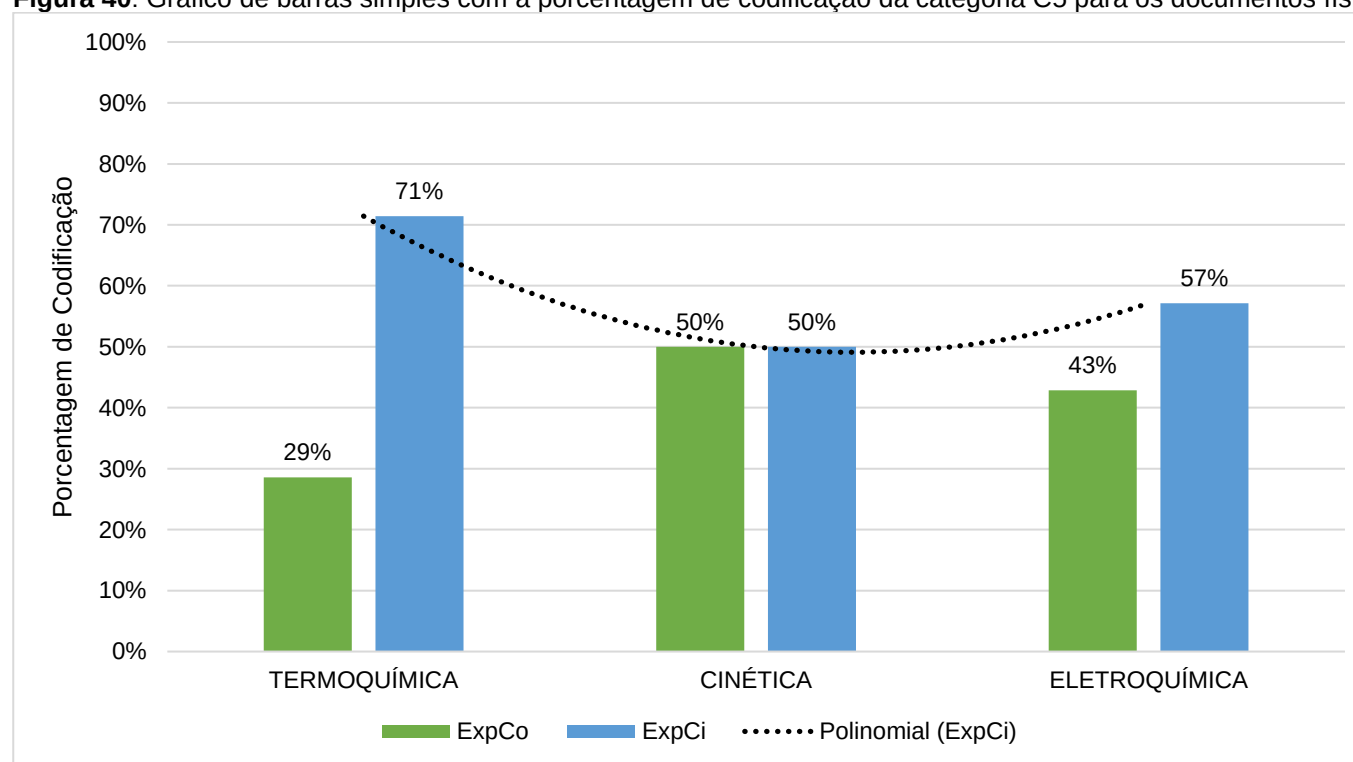
Pensamos que isso também pode ter sido um fator bastante preponderante para essa categoria nesse segmento. É possível e, ousamos dizer, seria estranho esperar que os grupos tenham tido uma sequência de atividades laboratoriais investigativas quase que completamente acríticas. Faz muito mais sentido pensar que, em vez disso, os grupos simplesmente preferiram não se dar ao trabalho de externar suas reflexões e críticas – apesar de ocorrerem instruções expressas nos documentos físicos para escreverem tudo aqui que fosse julgado relevante (conforme consta no item 1 do Apêndice C). Talvez, para os grupos, tal tipo de informação não fosse, de fato, relevante – e de um ponto de vista pragmático, realmente não é.

Com isso, finalizamos a discussão para a categoria C3. A seguir damos andamento para a análise e discussão da quarta e última categoria deste segmento, a categoria C5, cujos dados e gráfico constam na Tabela 23 e Figura 40.

Tabela 23: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Linguagem” (C5) nos documentos físicos.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
ExpCo	4	8	6
ExpCi	10	8	8
% ExpCo	29%	50%	43%
% ExpCi	71%	50%	57%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 40: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C5 para os documentos físicos.

Fonte: Elaboração própria.

Se o comportamento de C3 é claramente o mais diferenciado de todos os que foram estudados aqui, pensamos que os dados que obtivemos para a categoria C5 (Linguagem) são os mais surpreendentes. Em se tratando de alunos ingressantes de curso, a nossa expectativa primeva era que eles apresentassem uma maior dificuldade em se expressar e, sobretudo, se reportarem com uma linguagem adequada. Contudo, isso definitivamente não foi o que aconteceu. Em verdade, na primeira SEI, de termoquímica, temos uma porcentagem muito elevada para ExpCi (71%), seguida de uma queda significativa em Cinética (50%) e um pequeno aumento em Eletroquímica (57%).

Contudo, essa queda ainda deixa as codificações para ExpCi pelo menos em um patamar mediano ao longo das últimas SEIs, o que faz com que essa categoria, em conjunto com a categoria C1, sejam as duas categorias em que os grupos exibiram maior proximidade com uma experiência científica. Isso por si só é um dado bastante importante para nós, pois revela que os grupos não somente demonstram uma capacidade adequada de levantar hipóteses e propor resoluções; eles também, de maneira geral, são capazes de se reportar, ou seja, de colocar em palavras tais hipóteses e procedimentos com uma linguagem cientificamente adequada.

Para fazer um movimento parecido com o feito na categoria anterior, trazemos na Figura 41 um fragmento do procedimento experimental proposto por um dos grupos estudados.

Figura 41: Fragmento do procedimento experimental proposto por um dos grupos estudados para a atividade experimental investigativa de termoquímica 2.

Proposta de Procedimento Experimental

Procedimento experimental:

Parte (A)

- 1- Pegue 2 Béqueres de 50 mL
- 2- Pipete a Amostra 1 no Bêquer 1 e a Amostra 2 no Bêquer 2. Na Capela *
- 3- Coloque os dois Béqueres numa Bacia de gelo
- 4- Coloque os termômetros nos Béqueres 1 e 2. Utilize o suporte universal e as garras.
- 5- Analise e interprete os fenômenos observados com auxílio dos dados abaixo:

2-etil-2-propanol (Alcool terc. Butílico) - $(C_4H_{10}O)$

Ponto de fusão ($^{\circ}C$) - 26

Ponto de ebulição ($^{\circ}C$) - 82

Hexano - C_6H_{14}

Ponto de fusão $\rightarrow +9^{\circ}C$

Ponto de ebulição $\rightarrow 69^{\circ}C$

São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1981
p. 466 e 481

DADOS DO Russel

21°C - 2 17°C - 1

Instituto de Química - Departamento de Química Geral e Inorgânica

Fonte: Arquivo de documentos físicos.

É necessário chamar a atenção para duas coisas quando vemos a Figura 41: é a primeira vez que esse grupo de alunos, assim como os demais, realiza uma atividade investigativa experimental, e é a primeira vez que eles precisam confeccionar um procedimento experimental. E logicamente, o fato mais impactante de todos: são alunos do segundo semestre, primeiro ano de curso. A maneira com que esse grupo foi capaz de produzir um procedimento experimental que não somente é compreensível, detalhado e ainda traz no item 5 o procedimento a ser realizado para verificação do problema proposto na investigação – que tratou da diferenciação entre substâncias puras e misturas. Dado o mais do que justo perdão pelos pequenos erros aqui e acolá, até a referência dos dados que eles trazem foi registrada na folha. Aqui temos um registro bastante significativo do potencial de sujeitos do primeiro ano de um curso de licenciatura em química, dados os subsídios adequados.

Em relação ao decréscimo para ExpCi que é observado na duas SEIs subsequentes, pensamos que é mais fácil entender em termos dos dados frequenciais brutos do que em termos dos percentis. Podemos perceber principalmente na variação da frequência de codificações para ExpCo ao longo das SEIs (4 ► 8 ► 6) que a quantidade de trechos codificados dobra entre as SEIs de termoquímica e cinética, e tem uma pequena queda em eletroquímica. Nossa principal proposta para explicar essa variação abrupta é o possível fato de os alunos terem se habituado com os documentos físicos e com a dinâmica relacional do triângulo grupo $\Leftrightarrow$ professor $\Leftrightarrow$ documentos físicos, levando-os a simplificar a linguagem ou mitigar informações – e é lógico que não podemos deixar de fora a influência do fator tempo e do pragmatismo na escrita dos documentos físicos como outros possíveis condicionantes para essa mudança nos dados. As frequências para ExpCi mudam pouco ao longo do decorrer da aplicação do *design* para essa categoria (10 ► 8 ► 8) e, assim, pensamos não haver maior contribuição analítica para essa discussão.

Finalizamos este primeiro segmento que tratou de analisar e discutir os dados obtidos para os documentos físicos. A seguir passamos para o segundo segmento desta questão de pesquisa, que tratou da análise e discussão dos relatórios confeccionados pelos grupos.

6.3.3 Segundo segmento: relatórios

Relembrando o Quadro 20, bem como a listagem de documentos que consta no item 5.4 desta tese, os relatórios (formalmente Relatório Final da SEI), como o próprio nome implica, são documentos especificamente produzidos ao término de cada SEI, com o intuito de relatar os ocorridos ao longo de todas as atividades, explicá-las de maneira sucinta e, principalmente, discutir os resultados obtidos. Assim sendo, os relatórios seriam, em princípio, o documento mais completo em termos analíticos para esta questão de pesquisa.

Antes de iniciar a discussão propriamente dita dos relatórios, queremos fazer aqui um breve comentário sobre uma escolha que realizamos quando da análise específica deste segmento. Como já observamos em diversas outras oportunidades ao longo deste capítulo de análise e discussão, os dados que compreendem os resultados da aplicação do *design* de maneira global (ou transversal) acabam não tendo muita relevância analítica, sendo altamente propensos a inclinações subjetivas e divagações do que entendimentos e inferências objetivos sobre o que está sendo analisado. Neste sentido, optamos por trazer apenas os dados e gráficos referentes às categorias analisadas nos relatórios e, em caso de interesse do leitor, trazemos no Apêndice S as tabelas e gráficos para cada uma das SEIs, bem como o panorama da intervenção.

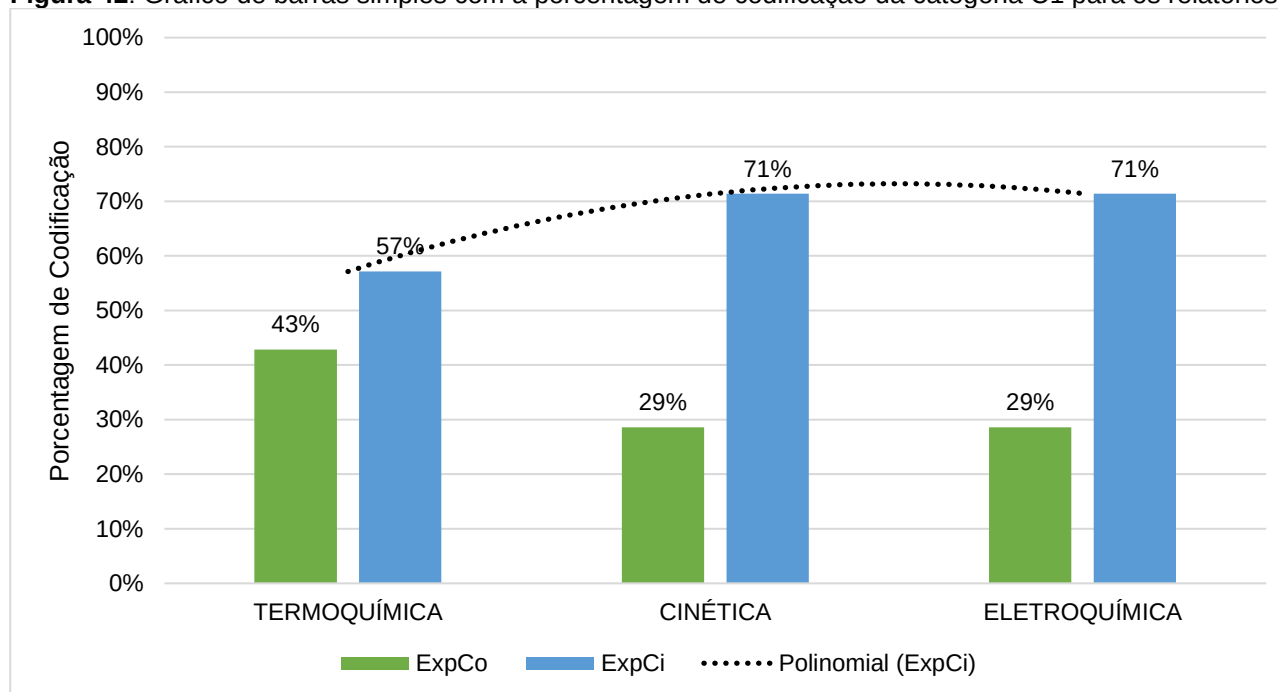
Feito esse comentário inicial, damos início aos trabalhos de análise e discussão deste segmento. Dessa forma, apresentamos na Tabela 24 a frequência de codificações para a categoria C1, seguida da Figura 42, que ilustra a porcentagem de codificação para tal categoria com respeito a cada uma das SEIs.

Tabela 24: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Fundamentação Teórica para o Levantamento de Hipóteses e a Resolução” (C1) nos relatórios.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
ExpCo	3	2	2
ExpCi	4	5	5
% ExpCo	43%	29%	29%
% ExpCi	57%	71%	71%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 42: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C1 para os relatórios.



Fonte: Elaboração própria.

Para a nossa primeira categoria analisada, pensamos ser muito relevante inicialmente evidenciar que, ao longo da aplicação do *design*, ocorre uma predominância estatística da frequência de codificação para ExpCi em relação à ExpCo. Desde a primeira SEI do *design*, apesar de leve, já existe uma predominância de ExpCi. Isso indica que, apesar de haver uma distribuição mais equilibrada entre aspectos mais próximos da experiência comum e aspectos mais próximos da experiência científica, já é possível inferir uma pequena tendência dos grupos em se apoiarem, fundamentarem suas hipóteses e propostas de maneira científica. Esse dado é bastante significativo, pois mostra que no relatório – que retrata um momento de culminância, de fechamento da SEI – os grupos desde o começo exibem uma leve tendência de redigi-lo de maneira mais adequada, mais próxima de uma experiência científica.

Na segunda SEI, de cinética, ocorre um aumento significativo na porcentagem de codificações para ExpCi (71%). Isso sugere que os grupos, de maneira geral, passam a fundamentar melhor, de maneira mais criteriosa e adequada suas hipóteses e resoluções. Ainda, tal aumento pode inferir que ocorreu um aprofundamento na compreensão dos grupos sobre os conceitos envolvidos na SEI de cinética e como eles podem ser aplicados no experimento – especialmente em situações problemáticas.

Para título de exemplo, trazemos um pequeno extrato de um dos relatórios que recebeu uma atribuição de ExpCo para C1, como segue:

A termodinâmica é o estudo das variações de energias e suas transformações, ela inclui diversos fatores como temperatura, pressão, tipos de calor, energia cinética, composição etc. O conceito de termodinâmica surgiu a partir da classificação e reconhecimento do calor e o trabalho como formas de energia no estudo da mecânica dos sistemas. Sistema na termodinâmica pode ser definido como os locais por onde essa energia transita, neste estudo em específico, está sendo referido a átomos e moléculas que constituem nosso universo. O calor, é a energia transferida entre dois corpos, até ser atingido o equilíbrio térmico entre eles. Ele é transferido do corpo mais quente, para o menos quente. Quanto mais essa energia é recebida, mais quente um corpo fica, portanto, maior será a sua temperatura sob uma pressão constante. O trabalho, é um tipo de grandeza que pode ser definida em joules (J) ou em calorias (cal) e se mantém como a energia cinética que será realizada por um sistema, estando diretamente relacionado com o tanto de calor que é cedido ao mesmo. A soma entre eles dá origem a equação da variação de energia interna (U) de um sistema, isto é, o calor (q), mais o trabalho (w), sendo a equação $\Delta U = q + w$. A energia interna pode ser definida como a soma total de toda energia presente entre as partículas (átomos e moléculas) de um sistema (Relatório de Termoquímica, grifos nossos)

Aqui podemos notar que esse grupo em particular comete um equívoco conceitual, talvez até mesmo etimológico (confundir a palavra termoquímica com termodinâmica). Porém, tal equívoco acarreta uma série de problemas no embasamento teórico da seção de fundamentação do relatório deles. Como é sabido, o conteúdo da SEI é termoquímica, e não termodinâmica. Apesar de tais ramos da química possuírem suas conexões, são áreas distintas, sobretudo no domínio conceitual. Apesar da fala ser, para todos os efeitos, bastante suficiente, ela não condiz com o tema da SEI e, portanto, isso refletiu em uma imprecisão conceitual demasiada importante, levando a fundamentação teórica proposta por esse grupo (que não se limita ao extrato citado) a ser codificada como sendo mais próxima da experiência comum.

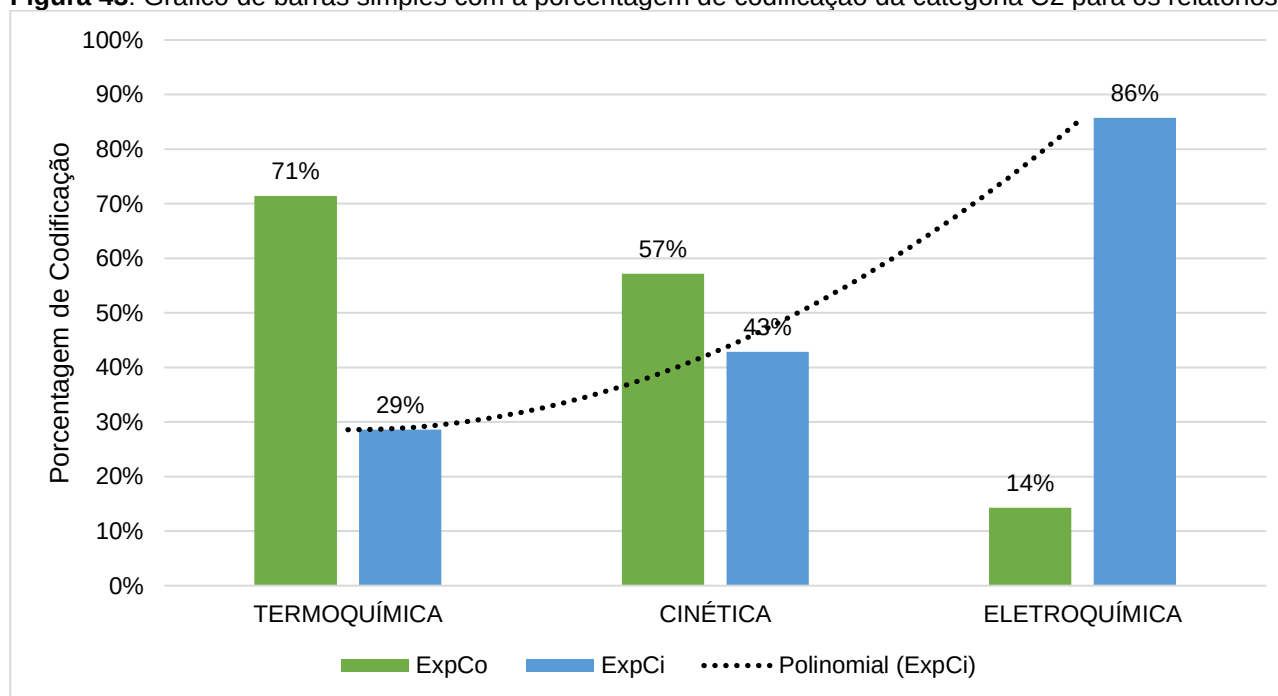
Por fim, passando para a última SEI, de eletroquímica, observamos que há uma estabilidade nos percentuais de codificação. Tal estabilidade nos permite inferir que os grupos adquirem uma certa consistência na capacidade de adotar boas bases teóricas e fundamentos, parecendo ter ocorrido um processo de consolidação de ações mais próximas de uma experiência científica no levantamento de hipóteses e resolução dos problemas propostos. Assim sendo, nos parece que ocorre uma evolução positiva dos grupos em relação a C1 ao longo das SEIs do nosso *design*, havendo um certo equilíbrio no início da aplicação do *design* – algo que é perfeitamente aceitável – o qual progride para um *status* de estabilidade do percentil para ExpCi em um patamar bastante significativo (71%).

Assim, finalizamos a análise e discussão para C1 nos relatórios. A seguir passamos para a categoria C2, cujos dados e gráficos são fornecidos na Tabela 25 e na Figura 43.

Tabela 25: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos” (C2) nos relatórios.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
ExpCo	5	4	1
ExpCi	2	3	6
% ExpCo	71%	57%	14%
% ExpCi	29%	43%	86%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 43: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C2 para os relatórios.

Fonte: Elaboração própria.

Para a categoria C2, pensamos que ela, de todas as 5 analisadas, é a que apresenta a curva de ajuste polinomial elegante para os relatórios. É notável que há uma crescente bastante significativa da porcentagem de codificação para ExpCi ao longo das SEIs, praticamente triplicando o valor inicial (29%) na última SEI (86%).

Para a primeira SEI, de termoquímica, podemos observar uma clara predominância de ExpCo pelos grupos na descrição e explicação dos procedimentos investigativos. Isso se refletiu sobretudo em descrições pragmáticas, sucintas pelos alunos. Trazemos a seguir um extrato representativo de um relatório de termoquímica, mais especificamente a seção do relatório que concerniu a “Parte Experimental”:

3. Parte Experimental

3.1 Termoquímica 1: Ponto de Fusão e Ebulição.

Primeiro foi preenchido um Becker de 500mL com aproximação 300mL de água destilada, e colocado sobre um tripé de ferro sobre uma tela de amianto, em seguida foi posicionado o suporte universal, com 1 garra sendo usada para segurar o tubo de ensaio no centro do Becker, o tubo de ensaio com água suficiente para estar alinhada com a água do Becker, foi colocado um termômetro no Becker com água, e um no tubo de ensaio, após isso foi ligado o bico de Bunsen (*sic*) e colocado embaixo do tripé de ferro, e foi observado.

3.2 Termoquímica 2: Substância pura e Mistura.

Primeiramente foi separado 1 tubo de vidro com camisa térmica, após isso foi aberto e separado ele em 2 partes, foi adicionado em um Becker de 500ml, gelo e Cloreto de cálcio, e em seguida colocado os tubos dentro do Becker, ambos com um termômetro dentro, foi sendo mexido e observando a temperatura até que houvesse a solidificação da mistura ou solução.

3.3 Termoquímica 3: Entalpia de formação e reação.

Primeiro foi realizado os cálculos e pesquisa para encontrar qual sal seria mais exotérmico e qual seria mais endotérmico, após a descobertas foi realizado os experimentos, primeiro com os sais exotérmicos, foi utilizado em dois Becker de 50mL, cada um foi utilizado para pesar um sal, em uma balança semi-analítica foi pesado 1,00g de Sulfato de zinco e 1,00g de Cloreto de cálcio, em seguida em uma proveta de 10mL foi medido 10mL de água destilada e foi medida sua temperatura, em seguida a água destilada foi adicionada no béquer onde continha cada sal, e foi realizado novamente a medição de temperatura, em seguida foi realizado o mesmo procedimento para os sais endotérmicos, que seriam o Cloreto de potássio e Nitrato de amônio (Relatório de Termoquímica, grifos nossos).

Logo após o extrato, o grupo já iniciou a seção de “Resultados e Discussão”. É bastante evidente que a descrição do grupo se limita ao necessário, ao que foi feito e algumas especificidades aqui e acolá – como, por exemplo, algumas vidrarias utilizadas ou quantidade de reagentes – mas em nenhum momento ocorre um movimento explanatório, argumentativo acerca do porquê tais etapas foram realizadas. Sobretudo no que se refere às atividades em Termoquímica 2 e 3, que são investigativas. Esse tipo de descrição limitada e pragmática ocorreu com elevada

frequência nessa SEI, o que ajuda na inferência acerca da porcentagem elevada de codificações para ExpCo nessa fase inicial da implementação do *design*.

Na próxima etapa da intervenção, que foi a SEI de cinética química, temos uma mudança estatisticamente significativa das porcentagens de codificação, com uma variação relativa de 13% para os estratos. Isso pode indicar, por exemplo, que os grupos estão começando a sedimentar alguns aspectos mais amadurecidos, adequados no momento da descrição e explicação dos seus procedimentos. Para ilustrar esse movimento de amadurecimento, trazemos o procedimento experimental que um dos grupos escreveu para a atividade investigativa de Cinética 2:

Com o intuito de analisar os possíveis fatores que alteram a velocidade de uma reação química e compará-los, buscou-se realizar um experimento que destacasse esses fatores cinéticos. Em razão disso, buscamos realizar um experimento que nos permitisse comparar duas situações distintas.

Inicialmente, foi dividido em 2 vidros de relógio a quantidade de antiácido em pó pesada, ficando 0,65 gramas, aproximadamente, em cada um deles. Em seguida, cada um dos comprimidos fora colocado nos vidros restantes. Com isso feito, foram montados ambos os sistemas necessários para a verificação: o de resfriamento e o de aquecimento.

Para iniciar o processo, mediu-se 10 ml de água destilada, com o auxílio de uma proveta, e a colocou no sistema de resfriamento. Com um termômetro, foi analisada a variação de temperatura da água no bquer e, quando ela se aproximava dos 15°C, adicionou-se o comprimido, mantendo o termômetro no sistema e iniciando a contagem com o cronômetro, encerrando apenas quando a dissolução estivesse completa. Seguindo o mesmo procedimento, outro bquer com 10 ml de água foi colocado no sistema de resfriamento e, ao atingir a temperatura de 15°C, adicionou-se a antiácido em pó, também mantendo o termômetro e controlando o tempo com a ajuda do cronômetro. Ambos os dados de temperatura e tempo de reação foram anotados.

Com essa etapa concluída, mediu-se, novamente, 10 ml de água, com a proveta, e a colocou em um bquer, o qual foi aquecido, no sistema de aquecimento, até atingir os 30°C. Com a temperatura adequada, como indicava o termômetro, o comprimido foi adicionado ao bquer e o cronômetro acionado, como no procedimento citado acima. Repetindo o procedimento, aqueceu-se mais um bquer com 10 ml de água destilada e foi colocado o antiácido em pó, pesado anteriormente, quando a temperatura se aproximava dos 30°C, cronometrando o tempo até que terminasse a dissolução. Mais uma vez, os valores de temperatura e tempo de reação das práticas foram anotados (Relatório de Cinética Química, grifos nossos).

Observem como, no trecho grifado, existe uma clara preocupação do grupo de explicar o motivo pelo qual eles realizam o procedimento – o qual eles descrevem logo em seguida, além de trazerem o fundamento conceitual (velocidade de reações químicas).

Na SEI de eletroquímica, temos uma predominância bastante clara da porcentagem de codificações para ExpCi. É notável que, nesse momento, próximo a finalização da aplicação do *design*, os grupos apresentam elevada capacidade de

descrição e explicação de seus procedimentos. É muito interessante observar, por exemplo, o nível de detalhamento que o seguinte grupo traz no fragmento que segue do procedimento experimental que eles discorrem para a atividade investigativa de Eletroquímica 3:

Com a solução preparada foram colocados um eletrodo de grafite ligado a fonte com um jacaré vermelho no polo positivo e conectado a barra de ferro com um jacaré preto no polo negativo, *de forma que o jacaré ficasse retilíneo para que não entrasse em contato com a solução. Os eletrodos foram colocados de forma suspensa e parcialmente imersa e separados na solução.* Com o sistema pronto, foi ligado a fonte na tomada de 127 V e deixada a reação ocorrer durante 30 minutos. Após o tempo o sistema foi desligado, a barra de ferro foi removida da solução, lavada cuidadosamente em um béquer com água destilada e depois adicionada em um béquer limpo de 25 mL e coberto por vinagre (Relatório de Eletroquímica, grifos nossos).

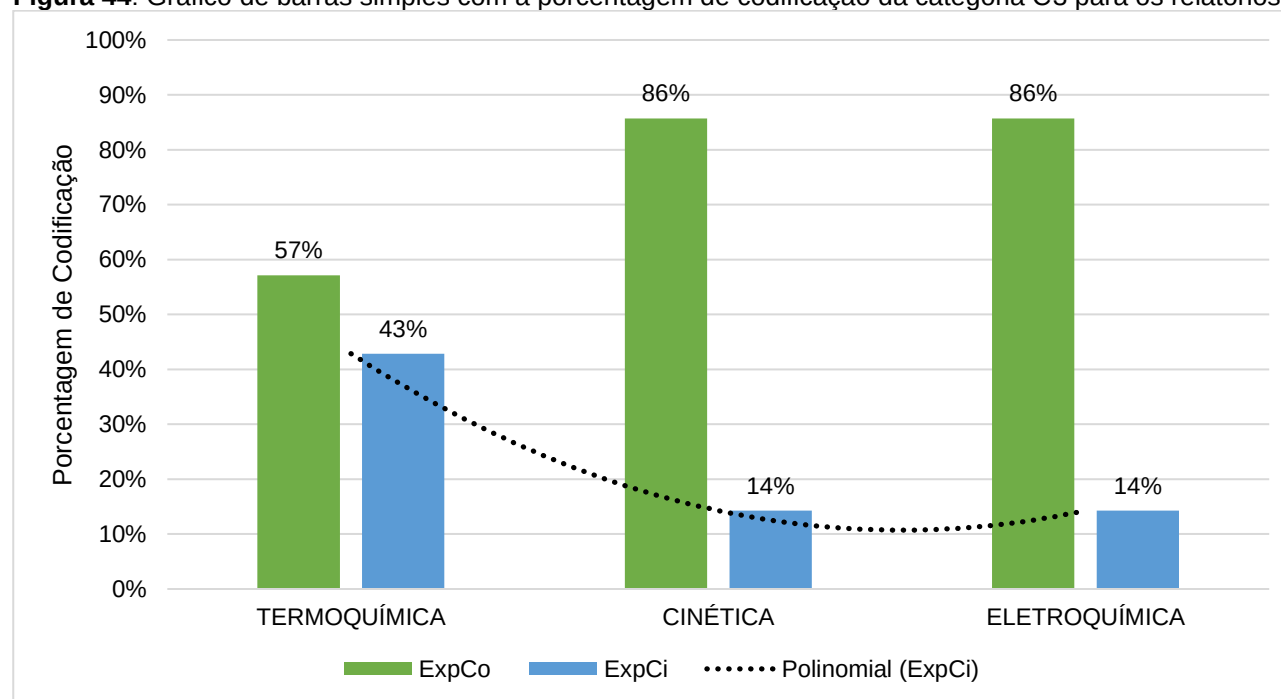
Todo o trecho reflete um grande esmero, cuidado na descrição de como o procedimento foi executado, mas no trecho grifado percebemos que eles detalham de maneira altamente criteriosa – inclusive comentando que o jacaré não deveria entrar em contato com a solução, algo que outros grupos não se atentaram para fazer.

Com isso, finalizamos a discussão sobre a categoria C2. Damos prosseguimento em nossa análise, passando para a categoria C3, cujos dados e gráfico constam na Tabela 26 e Figura 44.

Tabela 26: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Críticidade e Refletividade” (C3) nos relatórios.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
ExpCo	4	6	6
ExpCi	3	1	1
% ExpCo	57%	86%	86%
% ExpCi	43%	14%	14%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 44: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C3 para os relatórios.

Fonte: Elaboração própria.

Os dados da categoria C3 para os relatórios, assim como para os documentos físicos, refletem as maiores porcentagens de codificação para ExpCo entre codificações feitas em ambos os instrumentos e, principalmente, a preponderância transversal de codificações para ExpCo ao longo da aplicação do *design*.

Em um primeiro momento, na SEI de termoquímica, temos uma distribuição dos percentuais razoavelmente equilibrada entre ExpCo e ExpCi, levemente predominante para ExpCo. Podemos, no extrato a seguir, mostrar uma das poucas tentativas que um dos grupos participantes da intervenção fez de desenvolver um raciocínio de autocrítica:

A diferença entre o que era esperado teoricamente e o que foi observado na prática, pode ser explicado pelos erros experimentais. Entre esses erros pode ser citado a hidratação precoce de alguns reagentes, notou-se que alguns compostos estavam úmidos antes mesmo de serem utilizados; tal fato alterou a qualidade dos reagentes e a veracidade dos dados coletados nos experimentos.

Outro erro experimental que vale destacar é que antes de realizar o experimento, não foram pesquisados os limites de solubilidade de cada substância. Por esse motivo, não foi utilizada a quantidade correta de massa para a realização da dissolução total desses sais. Foram utilizadas aproximadamente 1g para 10 ml de água em todos os sais (Relatório de Termoquímica, grifos nossos)

Reparem como, de maneira bastante breve – porém importantíssima – o grupo reconhece que eles deixaram de realizar um procedimento bastante importante para a resolução da atividade investigativa 3 de termoquímica, chegando à adequada conclusão que uma das fontes de erro possíveis para o resultado que obtiveram partiu de um descuido deles com a mensuração da massa dos sais a serem dissolvidos.

No mais, é observado que tanto para a SEI de cinética quanto para a SEI de eletroquímica uma dominância total de ExpCo, o que indica que os grupos, ao longo da SEI simplesmente deixaram de realizar qualquer tipo de movimento reflexivo ou crítico acerca daquilo que foi feito em tais SEIs. É dificultoso discernir com precisão o motivo para isso ter ocorrido, mas o que parece patente é que os grupos, de maneira geral, não entenderam a importância de realizarem um movimento reflexivo, crítico, como pudemos observar tanto nos documentos físicos como agora, nos relatórios.

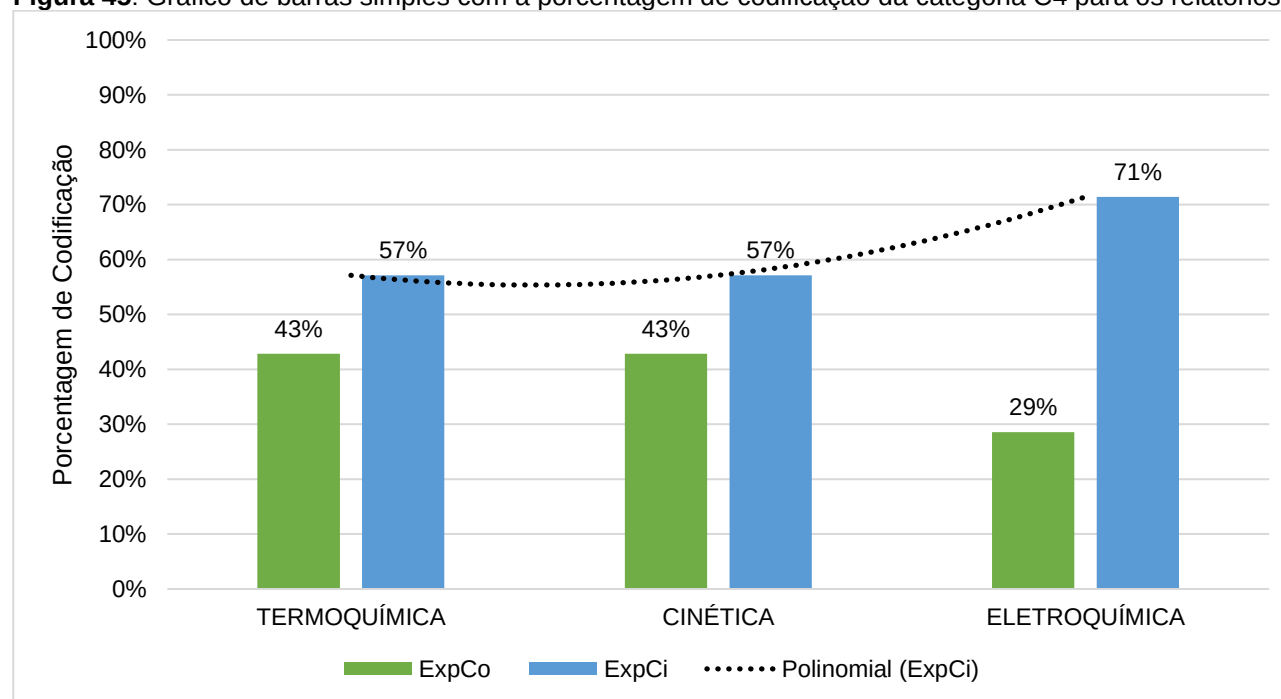
Dessa forma, finalizamos a análise e discussão da categoria C3. A seguir damos continuidade ao nosso trabalho, passando para a categoria C4, cujos dados e gráfico se encontram na Tabela 27 e Figura 45.

Tabela 27: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Análise e Discussão de Dados” (C4) nos relatórios.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
ExpCo	3	3	2
ExpCi	4	4	5
% ExpCo	57%	43%	29%
% ExpCi	43%	57%	71%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 45: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C4 para os relatórios.



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a Figura 45, os grupos iniciam a intervenção com uma leve propensão a realizar análises mais adequadas e detalhadas, mais típicas de uma experiência científica, apesar de tal propensão ser pequeno (% ExpCi = 57%). O mais interessante aqui, porém, é que ela se mantém estável na SEI de cinética. Esse tipo de estabilidade entre frequências de codificações só é observado em C3 e em C5 (apesar de o caso de C5 ser bastante peculiar, consta na próxima etapa da análise). Tomemos, por exemplo, a análise e discussão da atividade experimental de termoquímica 1 para um dos grupos participantes:

Durante a realização do experimento, foram observadas diferentes medidas de temperaturas entre a água do béquer e a água do tubo de ensaio. Inicialmente possuíam temperaturas ambiente de 24° C para a do béquer e 25° C para a do tubo de ensaio.

Após um tempo esperado a água do béquer entrou em seu estado de ebulição chegando a 99°C, *isso ocorreu devido a transferência de calor latente fornecido pelo bico de Bunsen, ocasionado a troca do estado da água de sólido para o gasoso, entrando em seu equilíbrio térmico, isso ocorre pois as moléculas que estão em uma região de temperatura alta se movem mais vigorosamente do que as moléculas de uma região de temperatura baixa, quando essas duas regiões se encontram, as moléculas que possuem mais energia estimulam o movimento da região de temperatura baixa, com isso a energia interna do sistema frio aumenta enquanto a do sistema mais quente diminui.* (ATKINS; JONES, 2012).

Com isso houve mudanças na agregação das moléculas e gerando a troca de estado físico da matéria, diferindo com a do tubo de ensaio que chegou a 97°C, porém não houve processo de ebulição, pela falta de contato direto com a fonte de aquecimento central ocorrendo calor sensível que gera apenas a variação de temperatura mais não a troca de estado físico mantendo-se assim até entrar em equilíbrio térmico, entre o tubo e o béquer foi constatado uma diferença de temperatura de 1°C entre eles (Relatório de Termoquímica, grifos nossos).

Fazemos questão de chamar a atenção para o fato de que essa discussão se refere à primeira atividade do *design* e, conseqüentemente, da SEI, não sendo investigativa. Isso, porém, não invalida a discussão que o grupo realiza, trazendo uma descrição bastante rica e que demonstra a existência de um modelo cinético-molecular bem assentado para os conceitos trabalhados na atividade (calor sensível e calor latente).

Ao final da aplicação do *design*, na SEI de eletroquímica, ocorre o estabelecimento do predomínio de codificações para ExpCi, o que demonstra que os grupos, de maneira geral, demonstram perícia na análise e discussão dos dados nos relatórios. Tal evidência é bastante interessante, sobretudo ao triangularmos essa categoria com C1 e C2. Retomando o Quadro 2, é possível notar que essas 3 categorias possuem uma estreita relação com os quesitos postos para o nivelamento dos graus de liberdade intelectual dos alunos em atividades experimentais. Contudo,

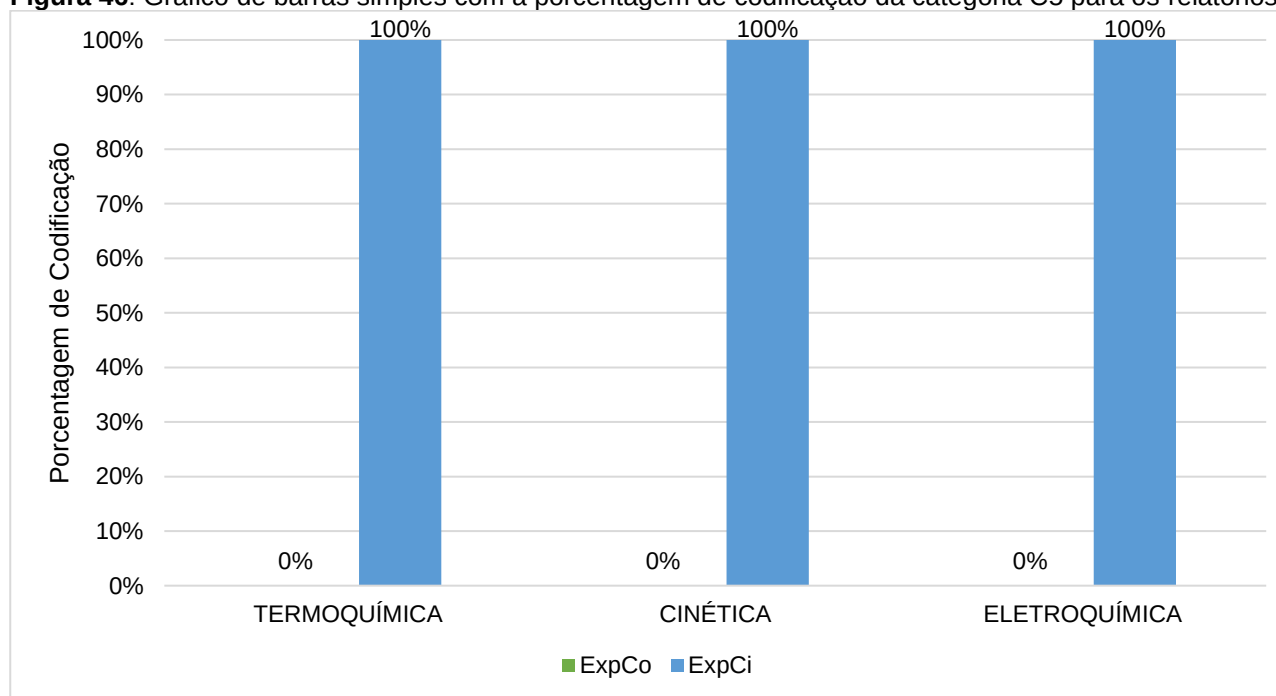
essa discussão não cabe a esta seção; fazemo-la mais adiante – mas já chamamos a atenção do leitor para esse fato.

Assim, finalizamos a análise e discussão da categoria C4, e passamos para o desfecho do segmento, com a análise e discussão da última categoria analítica, C5, cujos dados e gráfico se encontram na Tabela 28 e Figura 46.

Tabela 28: Matriz de dados obtida após a codificação da categoria “Linguagem” (C5) nos relatórios.

Estrato/SEI	Termoquímica	Cinética	Eletroquímica
ExpCo	0	0	0
ExpCi	7	7	7
% ExpCo	0%	0%	0%
% ExpCi	100%	100%	100%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 46: Gráfico de barras simples com a porcentagem de codificação da categoria C5 para os relatórios.

Fonte: Elaboração própria.

Como comentamos na seção anterior, o comportamento que se observa para C5 é bastante peculiar. Contudo, também faz todo o sentido que todas as codificações feitas tenham sido atribuídas a uma linguagem – como consta no próprio enunciado que descreve o estrato mais próximo de uma experiência científica para a categoria – “(...) predominantemente técnica, com uso de terminologias científicas específicas”. Explicamos o raciocínio como segue.

O relatório, enquanto documento formal possui em si algumas características deste tipo específico de gênero textual. Algumas delas são a sua estrutura – o relatório que os grupos elaboraram possuía capa (um elemento pré-textual), uma introdução, um desenvolvimento e conclusões, bem como as referências bibliográficas (um elemento pós-textual). Mas, acima de tudo, o relatório deveria ser escrito com uma linguagem formal, atendendo à norma culta da língua portuguesa, bem como trazer a linguagem específica da química, o que tipifica o relatório como um documento para “um leitor qualificado” – no caso, o docente. Então, pensamos que a linguagem predominantemente técnica com o uso de terminologias científicas – tal como o enunciado postula – se trata de elemento fundante e caracterizador do relatório produzido pelos grupos. No caso, a situação fora do padrão seria encontrar um relatório com uma linguagem inapropriada, e tal fato muito provavelmente provocaria uma devolução do docente, solicitando que ele fosse redigido de maneira adequada.

Nesse sentido, é perfeitamente compreensível e esperado que as codificações para os relatórios seguissem esse comportamento observado na Tabela 28 e na Figura 46. Para efeito, optamos por não trazer nenhum extrato representativo nesta seção, pois pensamos que os extratos anteriores já são suficientes para mostrar a linguagem que os grupos adotaram na escrita dos relatórios. Dessa forma, encerramos a análise e discussão do segundo segmento, e passamos para a última etapa desta questão de pesquisa, que concerne aos grupos focais.

6.3.4 Terceiro segmento: grupos focais

Na Tabela 29, trazemos as frequências de codificações para cada uma das categorias, excluindo a categoria C5 que, como já comentamos, não fez sentido ser analisada para os grupos focais.

Tabela 29: Frequências de categorização para os trechos codificados nos transcritos dos grupos focais.

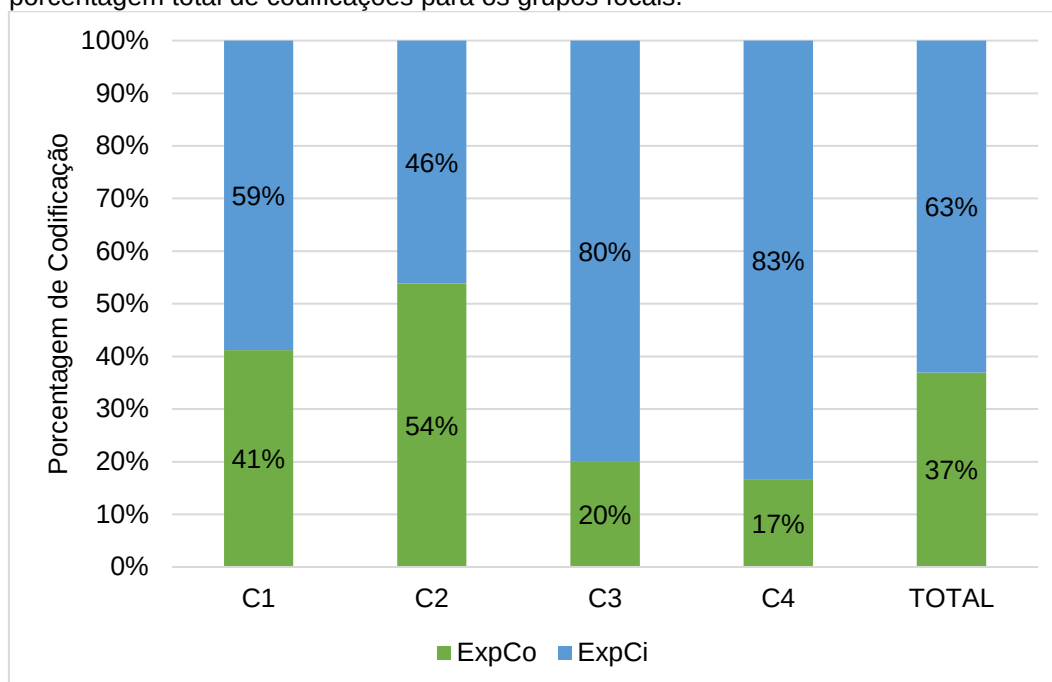
Categoria/Estrato	Mais Próximo da Experiência Comum (ExpCo)	Mais Próximo da Experiência Científica (ExpCi)	Total
Fundamentação Teórica para o Levantamento de Hipóteses e a Resolução (C1)	7	10	17
Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos (C2)	7	6	13
Criticidade e Refletividade (C3)	2	8	10
Análise e Discussão de Dados (C4)	1	5	6
Total de Trechos Codificados	17	29	46

Fonte: Elaboração Própria.

Como é possível notar, de maneira bem distinta ao que aconteceu com os grupos focais na análise de NiC que mostramos no Quadro 16, aqui temos que as categorias, de maneira geral, foram bastante produtivas, com apenas C4 apresentando um número relativamente reduzido de menções (6). Além disso, temos uma grande quantidade de trechos codificados (46), o que corrobora para uma maior solidez da AC realizada na ocasião deste viés analítico.

Em mãos da Tabela 29, para fins de uma melhor visualização da relação entre as frequências de codificações, elaboramos a Figura 47, que traz um gráfico de barras empilhado, que já foi utilizado em momentos anteriores desta tese:

Figura 47: Gráfico de barras empilhado para a porcentagem de codificações para cada categoria e a porcentagem total de codificações para os grupos focais.



Fonte: Elaboração Própria.

Retomando a Figura 9, que esquematiza a sequência de etapas que compreendeu o *design* implementado, podemos observar que o grupo focal é a etapa que marca a sua finalização. Dessa maneira, os dados dos grupos focais são muito importantes, pois se trata do último ponto de coleta de dados, além de possuir características específicas que vamos discutir um pouco mais adiante. Mas, de antemão, pensamos que a Figura 47 é bastante taxativa em respeito ao entendimento pessoal e social dos grupos sobre esses conceitos organizadores que Bachelard (1996) propõe em seu livro. Com a exceção de C2 – que pende por uma porcentagem insignificante para ExpCo – todos os demais trechos codificados nos grupos focais dos grupos apresentam majoritariamente traços da experiência científica – com casos bastante contundentes, como em C3 e C4 (80% e 83% para %ExpCi, respectivamente).

Pela própria natureza do grupo focal, é bastante imediato pensarmos que o tipo de dado aqui analisado é bastante distinto do que fora estudado nos dois segmentos anteriores. O grupo focal traz uma natureza mais dinâmica, proporcionando, em tese, interações espontâneas que revelam opiniões, percepções ou, até mesmo, nuances afetivas dos sujeitos. Muito diferente dos relatórios e dos documentos físicos, aqui temos transcritos das expressões verbais dos sujeitos, as quais tendem a ser menos estruturadas e pensadas do que nos casos anteriores. Dessa forma, a maneira com

que optamos por prosseguir com a análise aqui também foi diferente; a nossa intencionalidade aqui é frisar mais as falas dos sujeitos, analisando-as com um aspecto mais qualitativo.

Vamos iniciar com o que foi observado para C1 (Assentamento Teórico e Levantamento de Hipóteses e Resolução). Apresentando um leve pendor para codificações relacionadas à ExpCi, no grupo focal obtivemos uma menção bastante significativa em relação à dimensão social no contexto de C1 (codificada para ExpCo) feita pelo grupo AJV, como segue:

Sujeito: Acho que um dos fatores mais importantes *é ter as pessoas para orientar, porque eu percebo que muitas respostas que queremos está dentro de nós, mas não conseguimos ativá-las, e depois que você conversa ali com alguém, por exemplo com o professor ou até mesmo o [auxiliar técnico do laboratório] que está lá.*

Pesquisador: Dá uma organizada.

Sujeito: *É, e aí você dá como se fosse uma estalada e sabe qual a direção que tem que seguir, e o que você acaba refletindo dentro de você, que você sabia o tempo todo o conhecimento, mas não conseguia aplicar (Grifos nossos).*

Antes de iniciar a análise da fala, é necessário esclarecer que ela se refere ao conjunto de perguntas feito com respeito a SEI de termoquímica. O extrato denota como o sujeito, falando pelo grupo, contempla que, por vezes, era difícil para eles discernirem qual caminho seguirem apenas se baseando no diálogo e pesquisa conduzidos; contudo, após dialogarem com um dos docentes, eles se tornam capazes de prosseguir. Apesar de o sujeito alegar ter ciência do conteúdo referente ao problema, ocorria uma dificuldade na transição do “entender” para o “aplicar” (Ferraz e Belhot, 2010). Isso, pensamos nós, ser perfeitamente plausível ao se pensar que o comentário se refere à primeira SEI do *design*. Mesmo que a intencionalidade do grupo, com tais diálogos, seja a busca pelo estabelecimento de algum tipo de suporte que eles mesmos não são capazes de conceber – implicando na busca pelo docente ou pelo técnico do laboratório - essa fala revela a fragilidade inicial que os alunos podem exhibir, em relação aos seus próprios conhecimentos, no momento do levantamento de hipóteses e elaboração de propostas resolutivas. Essa interpretação é posteriormente reforçada pela fala de um outro grupo, o grupo AMT, também referente à SEI de termoquímica (codificada para ExpCo):

Eu acredito que em todas as práticas nós sentimos essa dificuldade de onde começar, porque não tínhamos uma base boa, teórica para nos dizer: “Isso é isso, aquilo é aquilo”, mas nessa de descobrir qual era um e qual era outro, realmente, pela questão da atividade, de você pesquisar e você pensar mesmo no que fazer numa situação daquela. Realmente, deu aquele

medinho de, caramba, não tenho conhecimento suficiente para definir isso, mas deu certo, nós fizemos.

Observem como nesse extrato o sujeito demonstra grande insegurança com respeito aos seus conhecimentos. Ao contrário do que o sujeito do extrato antecedente coloca, aqui o sujeito expõe que, na visão dele, em todas as atividades investigativas desempenhadas eles não possuíam uma base teórica suficiente para realizar os procedimentos de levantamento de hipóteses e proposta de resoluções. Ao mesmo tempo, observem como a discussão que ocorreu entre os membros do grupo BGJ, ao comentarem sobre a atividade investigativa 3 de termoquímica (codificada para ExpCi), apresenta uma relação significativamente distinta do que ocorre com os dois anteriores:

Sujeito 1: Na prática três nós discutimos bastante sobre os sais, só que também teve a aula antes.

Sujeito 2: A aula ajudou bastante.

Sujeito 1: *Penso que na hora de pegar e escolher os sais, tivemos que pensar bastante, ter bastante base teórica e ver na literatura. Tivemos que percorrer bastante nisso.*

Sujeito 2: Sim, mas mesmo assim com a aula eu acabei que falhando. Falhamos na escolha de quais eram os sais corretos.

Sujeito 1: Chegamos a pegar um sal bom, que foi o do resfriamento, mas o de aquecimento nós não...

Sujeito 2: Nitrato de amônio e cloreto de cálcio...

Sujeito 3: *O cloreto de cálcio não deu certo por motivo de que não foi por causa que ele não era sal correto. Não sei se alguém chegou a explicar isso para vocês.*

Sujeito 1: Não me lembro.

Sujeito 3: *O cloreto de cálcio anidro realmente tem a propriedade exotérmica. Se colocar o cloreto anidro em CaCl_2 em água, ele vai aquecer. Porém, o cloreto de cálcio que estava em laboratório, estava armazenado há algum tempo. Aquele cloreto de cálcio, um sal higroscópico, começa a acumular umidade. E o cloreto de cálcio na forma hidratada, que é o cloreto de cálcio hexahidratado, tem essa propriedade dele. Fica bem diferente da versão anidro. Por isso que todos os grupos que escolheram o cloreto de cálcio tiveram problemas por causa dessa questão. O cloreto de cálcio que estava lá não estava de adequado, digamos assim.* Não foi um problema nosso, foi um problema ali, de reagente mesmo, do reagente estar inadequado. (grifos nossos).

Essa interação que ocorre entre os membros desse grupo é muito rica, sobretudo as falas do Sujeito 1 e Sujeito 3. Primeiramente, é possível notar que, diferentemente dos dois grupos que trazemos anteriormente, esse grupo claramente apresenta uma capacidade dialógica fundamentada, e o Sujeito 1 faz questão de frisar que o embasamento para a escolha dos sais para o grupo deles se fundamentou em suas bases teóricas e na pesquisa da literatura. A base teórica robusta se torna particularmente evidente na fala do Sujeito 3, que explica de maneira muito adequada porque o reagente que o grupo escolheu para aquecimento “não deu certo”. Assim,

com base nos extratos que provemos aqui e evidenciado na Figura 47, se torna bastante compreensível a distribuição das porcentagens de codificação para C1.

Passando agora para C2 (Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos), a única categoria que apresentou leve pendor para ExpCo (54%), pensamos ser interessante trazermos dois extratos de um mesmo grupo, em que um foi codificado para ExpCo e o outro extrato para ExpCi. O primeiro extrato se trata de uma interação entre os sujeitos do grupo BEJ, e se refere aos procedimentos para a atividade investigativa de termoquímica 3:

Sujeito 1: Sim, nós saímos pesquisamos, colocamos até coisas que não precisavam. Solubilidade, nós damos tiro para tudo quanto é lado.

Sujeito 2: Sim, verdade. Se influenciava, quantidade que tínhamos ou não para dissolução.

Sujeito 1: Só depois que pensamos como ia fazer, entendeu?

Pesquisador: *Entendi. Mas isso que vocês falaram de sair pegando um monte de dados, foi um processo meio aleatório ou vocês tinham alguma coisa em mente pegando esses dados?*

Sujeito 1: *Aleatório. Nós líamos, sei lá, álcool, aí abríamos uma parte, onde estava escrito álcool nós anotávamos o que tinha depois.*

Sujeito 2: O que tinha de informação, é verdade, que pudesse nos ajudar de alguma forma.

Sujeito 3: Qualquer coisa.

Sujeito 1: Qualquer coisinha (grifos nossos)

Essa interação trazida no extrato, que é até de certa forma cômica, mostra como esse grupo, quando da tentativa de explicar como se deu a dinâmica durante a atividade de termoquímica 3, eles marcam bastante que se tratou de um processo significativamente acrítico, impensado. A fala inicial do Sujeito 1 indica que o grupo aparentemente acumulou diversas informações, as quais algumas eles consideraram até desnecessárias, para somente depois pensarem em algo mais consistente. Isso implica em um comportamento bastante intuitivo, instintivo, pouco planejado para a resolução do problema proposto – o que evidencia uma grande dificuldade do grupo para com as primeiras atividades investigativas.

Contudo, ao prosseguir com o grupo focal, quando o pesquisador perguntou ao grupo BEJ sobre o procedimento que eles realizaram para a atividade investigativa de cinética química 2, eles registram uma interação significativamente diferente (codificada para ExpCi):

Sujeito 3: *Nós fizemos um sistema de aquecimento para reproduzir o que era quente, o ambiente quente. E o de frio nós fizemos num banho de gelo.*

Sujeito 1: *Nós fizemos pela simulação baseada em cada região do Brasil, uma simulação de ambiente, porque como nós tínhamos os três aspectos, o contato, a área de contato, a temperatura influenciava e tinha mais um que influenciava na umidade.*

Sujeito 2: Superfície de contato.

Sujeito 1: *Sim. E colisão eficaz, e tal, então nós simulamos, tentamos simular as temperaturas de cada região do Brasil para encaixar qual que era o melhor estado físico, se era em pó ou se era em comprimido para determinada região (grifos nossos).*

É muito interessante observar como ocorre uma mudança na fala dos sujeitos desse grupo ao passarmos do comentário acerca da SEI inicial (termoquímica) para a segunda (cinética química). No lugar de uma descrição que reflete um caráter intuitivo e acrítico, temos uma descrição adequada, corretamente relacionada aos conceitos químicos englobados na atividade, bem como uma explicação sucinta, porém suficiente para se entender o que foi feito e, principalmente, o porquê de tal procedimento ter sido feito. Esse tipo de progresso, pensamos nós ser muito precioso em termos de como nosso *design* teve potencial de ocasionar mudanças na maneira com que os grupos abordam situações problemáticas.

Passando para a análise e discussão da categoria C3 (Críticidade e Refletividade), se tomarmos os dados para C3 nos segmentos anteriores, é possível notar a mais que evidente mudança da porcentagem de codificação para ExpCo e ExpCi. A título de comparação, trazemos na Tabela 30 as porcentagens de codificação para cada segmento com referência a C3:

Tabela 30: Comparativo das porcentagens de codificação globais para C3 em relação aos documentos analisados.

	Documentos Físicos	Relatórios	Grupos Focais
%ExpCo	87%	76%	20%
%ExpCi	13%	24%	80%

Fonte: Elaboração Própria.

Pensamos que tal mudança não se trata de uma mudança factual e veloz das noções dos sujeitos sobre a maneira com que eles pensam – no sentido de que eles não se tornaram sujeitos altamente críticos e reflexivos nesse meio tempo entre a confecção do último relatório da intervenção e a participação nos grupos focais. Pensamos que, em verdade, tal dado seja um reflexo da natureza do grupo focal. Explicamos adiante.

Um bom grupo focal deve possibilitar aos sujeitos participantes a fala irrestrita, o debate de ideias e, sobretudo, a possibilidade de serem levados a reflexões, as quais eles não tiveram a oportunidade de ter, ou não puderam registrar em outros momentos. Em relação ao último ponto, como já propusemos anteriormente, os grupos simplesmente podem não ter considerado que suas reflexões e críticas fossem relevantes para serem registradas nos documentos físicos ou nos relatórios. Aqui

cabe também novamente pautarmos outros elementos, como o fator tempo no caso da elaboração dos documentos físicos, e a abordagem pragmatista que vale tanto para os documentos físicos quanto para os relatórios.

Os dados para C3 foram riquíssimos nos grupos focais. Foram registradas falas reflexivas breves, como no caso da fala deste sujeito, pertencente ao grupo BGJ, em relação às respostas que o grupo havia registrado para os refletidos da SEI de termoquímica,

Na minha opinião, eu continuaria com o mesmo argumento, com as mesmas ideias, porque a base de estudos que eu tive no começo foi até o final. Ela teve algumas redefinições, algumas complementações, só que as ideias de base que eu e os meus colegas de turma usamos, continuam as mesmas (grifos nossos).

Da mesma forma, quando o pesquisador perguntou ao grupo acerca de como a aplicação do *design* havia impactado na maneira de pensar e agir deles no laboratório, também tivemos falas muito pensadas, reflexivas, como a que segue (a qual foi feita pelo mesmo sujeito da fala anterior):

Existe um aspecto em específico que fez a gente evoluir, que fez todos os grupos evoluírem, e que fez todos os cientistas evoluírem. Foi o fato de errar. O fato de errarmos foi o que nos levou a entender o nosso erro, entender o que fizemos de errado. Por mais que na ciência você possa fazer o experimento e ter resultados diferentes, tínhamos o objetivo em específico de comprovar aquele procedimento experimental. [...] Como meu amigo disse, antes era muito reprodutivista. Era muito difícil de errar no procedimento experimental porque você tinha todo aquele seguimento. Quando você dá toda essa liberdade para os alunos, você percebe que as vezes o erro não é o fato físico, o fato químico que ele faz, mas o fato dele pensar, o fato dele não levar em consideração os conhecimentos certos, as fontes certas. Você consegue amadurecer o aluno com parte nos erros que ele fez e pode melhorar (grifos nossos).

Essa fala possui uma diversidade de elementos reflexivos e críticos. O sujeito, inicialmente, reconhece que o erro é um processo fundamental não somente para a construção do conhecimento próprio dele e de seu grupo, mas também da construção do conhecimento científico. Isso se traduz em uma noção de erro bastante sofisticada da parte do sujeito, muito próxima ao que discutimos na seção específica sobre a filosofia bachelardiana desta tese e Giordan (1999) também comenta em seu artigo – o que por consequência e evidentemente se conecta com o entendimento bachelardiano sobre a natureza do erro e como ele é entendido pelo espírito científico (Bachelard, 1996).

Em seguida, o sujeito faz um comentário muito interessante sobre a possibilidade de “fazer o experimento e ter resultados diferentes” e a necessidade de “comprovar

aquele procedimento experimental”. Ou seja, muito além do levantamento de hipóteses e da proposição de resoluções, o sujeito mostrou entender que apenas alcançar um resultado não era suficiente em uma investigação; era necessário entender que há uma pluralidade inicial (Bachelard, 1996) quando tratamos de processos científicos, e que são necessárias a plena compreensão e a capacidade de explicação do porquê tal procedimento foi elencado para resolver o problema, bem como o porquê de o resultado hipotético ter sido alcançado.

Prosseguindo, o sujeito faz uma crítica bastante clara à abordagem tradicional para as atividades experimentais (Domin, 1999) destacando a falta de oportunidade para o erro – e consequentemente para o aprendizado. Realizando um belo contraste, ele reforça sua crítica ao refletir sobre “toda essa liberdade [dada] aos alunos”, afirmando que a ocorrência do erro não provém somente de certas fontes (e.g. erros operacionais ou aleatórios). Por fim, o sujeito finaliza sua fala explicitando o papel crucial do erro na maturação dos alunos, o que indica que ele possui uma visão bastante crítica e reflexiva acerca de como o processo de aprendizagem ocorre – e que errar pode cumprir o papel de elemento fundante do amadurecimento intelectual de seus pares.

Como dissecamos aqui, é notável que essa fala reflete uma capacidade crítica e reflexiva amadurecida do sujeito, demonstrando não somente um entendimento maduro dos processos científicos, mas também uma noção interessante sobre como se dão os processos de aprendizagem. E, logicamente, não podemos deixar de ressaltar como essencialmente a fala do sujeito é sustentada por uma noção sofisticada de erro (Bachelard, 1996).

Os registros reflexivos e críticos nos grupos focais não se limitaram a falas isoladas; observe a seguinte interação que ocorre entre os membros do grupo AMT, quando perguntados se mudariam alguma coisa que havia sido escrita nas respostas aos refletidos de termoquímica:

Sujeito 1: A primeira diferença é que, provavelmente, mudaríamos, foi em uma questão que respondemos que, deixe-me ver, a investigação científica se iniciava com uma hipótese e não com questionamento. Para mim, o primeiro erro foi esse.

Sujeito 2: Sim, concordo. Porque, no momento, pensamos que realmente não era um questionamento e sim uma hipótese. Só que, na verdade, estávamos errados, porque não conseguimos identificar que aquilo era um questionamento, porque precisávamos encontrar.

Pesquisador: Entendi.

Sujeito 1: Porque na nossa cabeça, a hipótese era qualquer ideia que se tinha. E na investigação científica não existia o questionamento, você já entrava direto com a hipótese, que você achava que era aquilo.

Sujeito 3: *Acho que é, principalmente, devido aos textos. Às vezes, confundia um pouco. Porque não era um questionamento nosso. Estamos no texto, acho que foi por isso que aconteceu, de acharmos que é uma hipótese, já pronta. Mas, na verdade, não, era um questionamento* (grifos nossos).

Essa interação registrada no grupo focal é interessante (apesar de não se referir explicitamente aos procedimentos experimentais realizados), pois ela dialoga diretamente com uma inferência que realizamos quando da análise dos aspectos de NiC: a questão da significação e entendimento próprio dos sujeitos para com certas palavras. No início da aplicação do *design*, o grupo não conseguia discernir hipótese de questionamento, com o sujeito 1 trazendo uma ideia bastante ingênua sobre o conceito de hipótese com a fala “Porque na nossa cabeça, a hipótese era qualquer ideia que se tinha”. O grupo revela na interação que ocorria uma grande confusão no entendimento e significação das palavras questionamento e hipótese, e isso acabou impactando na maneira com que eles entendiam uma investigação científica. Contudo, na fala do sujeito 3, que finaliza o extrato, é possível inferir que o grupo conseguiu compreender a diferença entre os dois conceitos. Portanto, esse processo de esclarecimento, de compreensão, de atribuição de significados a palavras e conceitos é algo capaz de impactar o entendimento dos alunos.

Prosseguindo para a análise e discussão da última categoria analisada nos grupos focais, C4 (Análise e Discussão de Dados), temos uma prevalência total da porcentagem de codificações para ExpCi (83%), bastante contundente, assim como foi para C3. Porém, diferentemente do que aconteceu para C3 nos relatórios ou documentos físicos, a porcentagem de codificação para ExpCi não muda significativamente ao longo da implementação do *design* (57% ► 57% ► 71%). Ainda, é importante lembrar que C4 não foi analisada nos documentos físicos, não houve uma mudança radical; em vez disso, podemos observar que há um movimento de consolidação para %ExpCi nos relatórios com respeito à categoria.

Trazemos um primeiro extrato (codificado para ExpCi) que se refere a uma interação entre dois sujeitos do grupo EHN, quando perguntados sobre o que eles pensaram acerca da atividade experimental investigativa de Eletroquímica 2:

Sujeito 1: Eu acho que talvez no processo de você querer saber, de você entender como que uma coisa aconteceu. Você já tem meio que um resultado, só que você quer saber em que deu, se dá nesse resultado. Você fez um experimento e aí deu tal resultado. Aí por que deu esse tal resultado?

Aí você tem que também fazê-lo para observar melhor e entender certinho o que aconteceu.

Sujeito 2: *Tem muita coisa na química que trabalha nesse sentido. Às vezes você tem um fenômeno, você não tem ideia de como que funciona.*

Sujeito 1: *Às vezes você tem que fazer engenharia reversa para muita coisa. Você tem o produto e tem que achar o procedimento. Mas eu acho... eu gosto dessa historinha, eu gosto de como ela é utilizada para o ensino de química. Eu acho muito legal a relação que você cria, que algo como eletrólise pode ser usado de diversas formas, desde produção de hidrogênio, cloro, até (inint). Em um caso completamente hipotético, mas acho legal a criatividade envolvendo (grifos nossos).*

É interessante as falas que o sujeito 1 e 2 trazem ao final do extrato. Apesar de a fala ter uma natureza reflexiva, os sujeitos foram capazes de entender que, no caso da atividade 2 de eletroquímica (fuga do prisioneiro), o “resultado” da atividade (que no caso seria o resultado da reação química que suscita o problema envolvido na investigação) já era um dado; o que eles precisavam fazer era discernir como que tal resultado foi obtido. Como o sujeito 1 fala, eles precisaram fazer uma “engenharia reversa” para solucionar o problema, no sentido que eles já possuíam o produto, mas não o procedimento. Isso evidencia que eles foram capazes de entender o problema e, principalmente, qual era o percurso analítico a ser adotado para respondê-lo.

Uma outra fala que se mostrou notável para essa categoria foi a interação que segue, quando o pesquisador perguntou ao grupo BGJ obre o que eles pensaram acerca da atividade investigativa de cinética 2:

Sujeito 1: *Eu estava observando o conteúdo e o roteiro, quem tinham reclamações e estava ao mesmo composto, só que algumas regiões tinham problemas. Você começava a notar talvez um padrão, algo assim, que era visto que, por exemplo, regiões úmidas tinham muito problema com o antiácido em pó. Eu “linkei” muito isso e pensei: eu acho que eu tenho que considerar o ambiente em que está a minha amostra. Dependendo do ambiente que ela está, ela pode ter um comportamento, além do comportamento dela. Talvez aquilo foi o que influenciou no antiácido e começou a ter problema.*

Pesquisador: Entendi. Alguém mais tem algo para colocar?

Sujeito 2: *Na ciência, ainda mais na ciência farmacêutica, isso é o mais comum de acontecer. Quando você tem, ainda mais, uma molécula complexa, tem ações diferentes, em temperaturas diferentes, em anticorpos diferentes, claro, você percebe que por mais que você tenha aquele material feito com aquelas condições, você tem que perceber que o material feito vai se comportar em diferentes condições climáticas, diferentes organismos. A ciência tem que levar em consideração isso. Se eventualmente tiver a procura da cura de alguma doença, eles têm de levar em consideração as pessoas que são alérgicas aos produtos que tem aquele composto. Eu percebi que esse experimento, em específico, me fez ter essa ideia de que não só é o produto, mas as diferentes condições que o produto vai estar (grifos nossos).*

Aqui vale a pena ressaltar que o Sujeito 2 é o mesmo sujeito que registra a fala bastante rica que foi analisada em C3. Começando pelo que o Sujeito 1 coloca, é notável em sua fala que ele traça uma análise racional, organizada e bem verbalizada.

Ele demonstra que foi capaz de observar padrões (diferentes regiões apresentaram problemas com o antiácido em pó) e considera de maneira adequada como a questão do ambiente influencia na análise do problema (sugerindo que a umidade do ambiente pode influenciar a eficácia do antiácido). O sujeito 2, por sua vez, traz uma extrapolação interessante, revelando que ele foi capaz de notar que as problemáticas envolvidas na atividade experimental podem ocorrer em outros contextos (trazendo para a discussão como pesquisas farmacêuticas desenvolvem seus processos científicos). Ele entende, assim como o Sujeito 1, como as variáveis externas aos dados impactam diretamente na análise deles, reafirmando como esse experimento especificamente o fez perceber a importância de como as possíveis condições externas influenciam na pesquisa científica; o produto obtido no laboratório, por mais que, em termos protocolares, esteja adequado, talvez ele possa não se adequar para às situações factuais. Para ambos os sujeitos, percebemos uma clara capacidade de discutir e analisar os dados fornecidos e obtidos de maneira adequada, o que indica uma alta correlação para ExpCi com respeito a C4.

Pensamos em trazer um último extrato com uma interação com o grupo AJV, que novamente se refere à atividade experimental investigativa de cinética 2. Trazemos para mostrar como essa atividade, por conta de sua natureza bem peculiar, findou por trazer movimentos analíticos interessantes por parte dos grupos, como segue:

Sujeito 1: Começamos sofrendo para identificar os climas das regiões, depois começamos a associar cada reclamações a cada região.

Sujeito 2: Cada região e o clima.

Sujeito 1: E foi engraçado porque tinham duas regiões que eram praticamente iguais, e não tínhamos levado em consideração isso, não cogitamos isso, sem a ajuda do [professor auxiliar] não teríamos conseguido, porque ele comentou que não precisava considerar aquelas...

(vozes sobrepostas)

Sujeito 2: Não fazia diferença ali.

Sujeito 1: Então já tiramos duas, já ficou mais fácil, aí acho que sobraram três. Aí duas eram iguais, as reclamações eram iguais sobre o mesmo produto, do antiácido, eu não lembro se era em pó ou comprimido, então nós juntamos as duas e começamos a analisar, se a região é mais quente e úmida, e a reclamação é do antiácido em pó. Mas pensamos que era mais da questão de temperatura, tanto que testamos mais a temperatura do que umidade.

Sujeito 2: *E acho que depois que conseguimos resolver essa questão das áreas, que basicamente era os extremos, era norte e sul, quente e frio, com isso conseguimos associar melhor a questão da cinética, de como agora iríamos fazer, e lembro que mais ou menos chegamos a essa conclusão sozinho, que teríamos que testar tanto o comprimido, quanto o pó, nas duas áreas e ver, medir os tempos e ver se realmente há uma diferença, comprovando.*

Sujeito 1: *E não considerando só a questão da temperatura, mas também da superfície de contato, porque o comprimido demora mais para dissolver em temperatura fria, mas também tem a questão da superfície de contato, foi muito mais difícil na temperatura mais baixa o comprimido do que o pó por exemplo, mas na temperatura quente ele foi até que bem rápido, não tanto como o pó, mas ele até que foi rápido.*

Sujeito 2: *E aí conseguimos linkar o nosso resultado do nosso experimento com as reclamações ali do problema que tínhamos, então conseguimos desenvolver bem, refletindo mesmo, que era onde tínhamos que responder as perguntas ali.*

Sujeito 3: *Nós realmente entramos no papel, pensamos realmente em atender as críticas dos clientes e tentar melhorar.*

Sujeito 2: *E por ter essa interdisciplina de geografia, eu achei uma coisa bem bacana, porque foi algo real, de eu falar que isso é uma coisa mais concreta que posso tentar resolver, achei bem bacana (grifos nossos).*

De maneira similar ao que observamos no extrato anterior, só que de maneira menos formal e estruturada, esse grupo demonstrou que foram capazes de entender o problema e identificar os padrões, apesar de revelarem uma certa necessidade de ajuda externa (de um dos professores auxiliares) para o processo. O Sujeito 2, em suas falas, mostra como que se deu o processo de integração dos dados fornecidos no problema com o *feedback* que os consumidores hipotéticos trouxeram e como isso influenciou no processo de proposta de procedimentos experimentais, bem como a posterior análise dos resultados da atividade investigativa. Contudo, o que realmente queremos ressaltar aqui são as duas últimas falas, trazidas respectivamente pelo Sujeito 3 e o Sujeito 2; ambos indicam como a reflexão sobre a aplicabilidade prática dos resultados e a valorização da interdisciplinaridade foram importantes para a resolução do problema, como eles precisaram “entrar no papel” para conseguirem trazer melhorias e uma proposta consistente para resolver o problema da atividade.

6.3.5 Desfecho e considerações finais sobre o afastamento de uma experiência comum e a aproximação de uma experiência científica

Para finalizar esta etapa da análise e discussão com respeito a terceira questão de pesquisa desta tese, pensamos que, em um movimento inicial, vale a pena relembrarmos o que são cada uma das categorias:

- ❖ C1: Fundamentação Teórica para o Levantamento de Hipóteses e a Resolução;
- ❖ C2: Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos;
- ❖ C3: Criticidade e Refletividade;
- ❖ C4: Análise e Discussão de Dados;
- ❖ C5: Linguagem.

Trazemos na Tabela 31 um panorama das porcentagens de codificação para cada uma das categorias analisadas, com respeito a cada um dos documentos.

Tabela 31: Relação entre as porcentagens de codificação totais e os documentos analisados nesta questão de pesquisa.

Categorias	Documentos Físicos	Relatórios (Termoquímica)	Relatórios (Cinética)	Relatórios (Eletroquímica)	Grupos Focais
C1 (ExpCo)	54%	43%	29%	29%	41%
C1 (ExpCi)	46%	57%	71%	71%	59%
C2 (ExpCo)	50%	71%	57%	14%	54%
C2 (ExpCi)	50%	29%	43%	86%	46%
C3 (ExpCo)	87%	57%	86%	86%	20%
C3 (ExpCi)	13%	43%	14%	14%	80%
C4 (ExpCo)	N/A	57%	43%	29%	37%
C4 (ExpCi)	N/A	43%	57%	71%	63%
C5 (ExpCo)	41%	0%	0%	0%	N/A
C5 (ExpCi)	59%	100%	100%	100%	N/A

Fonte: Elaboração própria.

Observando a Tabela 31, podemos chegar às seguintes conclusões:

- ✓ Categoria C1: Para os documentos físicos, existe uma preponderância considerada insignificante para ExpCo (54%). Ao passar para os relatórios,

temos um aumento significativo de ExpCi (porcentagem mais elevada = 71%) e, por fim, nos grupos focais, o valor de ExpCi é levemente predominante (59%);

- ✓ Categoria C2: Para os documentos físicos, temos uma distribuição igualitária para ExpCo/ExpCi. Nos relatórios, ocorrem porcentagens bastante distintas ao longo das SEIs trabalhadas, mas ao calcularmos a média das porcentagens, chegamos aos valores de 47% para ExpCo e 53% para ExpCi, o que para nós indica que, assim como para os documentos físicos, não há diferença significativa nas porcentagens de codificação para ExpCo/ExpCi nos relatórios. O mesmo acontece com os grupos focais, em que as porcentagens de codificação são bastante próximas (54% para ExpCo, 46% para ExpCi). Então, de maneira geral, não há mudança significativa nas codificações para C2 ao longo da aplicação do *design*;
- ✓ Categoria C3: Para os documentos físicos e para os relatórios, temos uma predominância das porcentagens de codificação para ExpCo. Contudo, ao passarmos para os grupos focais, temos uma inversão total, com as porcentagens de codificação para ExpCi sendo absolutamente maiores do que para ExpCo (80%/20%);
- ✓ Categoria C4: Apesar de não haver uma contribuição dos documentos físicos aqui (e sua ausência sendo justificada em segmento anterior desta etapa), observamos que há uma evolução positiva das porcentagens de codificação para ExpCi ao longo das SEIs, e a porcentagem de codificação para ExpCi nos grupos focais é significativamente predominante (63%);
- ✓ Categoria C5: Não temos uma contribuição dos grupos focais para esta categoria (já também explicado o motivo em segmento antecedente); temos uma leve predominância para ExpCi nos documentos físicos (59%), a qual se consolida para uma dominância total nos relatórios.

Dessa forma, de um ponto de vista puramente estatístico, podemos dizer que, para C1, ocorre um predomínio para ExpCi nos relatórios e grupos focais, o que seria um indicativo de que ocorreu uma melhora, nos grupos analisados, na maneira com que eles fundamentam suas propostas, levantam hipóteses e propõem resoluções aos problemas trazidos em nosso *design*.

Para C2, os dados indicam que, no que se refere à descrição e explicação dos procedimentos investigativos, não ocorrem mudanças significativas na maneira com que os grupos lidam com esses aspectos da investigação.

No caso de C3, os dados mostram que, aparentemente, os grupos não apresentam capacidade crítica ou reflexiva no que se refere aos documentos físicos e relatórios. Contudo, o que se observou nos grupos focais, que reflete justamente o contrário, nos leva a entender que, para esse caso específico, o que ocorreu é que os grupos não consideraram que fosse relevante trazer tais colocações e posicionamentos nos documentos físicos ou nos relatórios.

Para a categoria C4, foi possível notar o crescimento da frequência de codificações para ExpCi conforme o decorrer da aplicação do *design*, e nos grupos focais ocorre uma predominância significativa de ExpCi. Dessa maneira, podemos entender que os grupos estudados exibiram uma capacidade crescente de analisar e discutir dados, e pensamos ser patente que ocorreu uma evolução dos grupos ao longo da intervenção nesse sentido.

Por fim, para a categoria C5, temos que os grupos demonstraram uma linguagem razoavelmente adequada nos documentos físicos, sendo que tal linguagem se consolida como sendo plenamente adequada quando da análise dos relatórios. Isso nos indica que os grupos eram capazes de se expressar de maneira técnica, científica desde o começo da aplicação do *design*. Tal fato é muito provavelmente relacionado ao formato acadêmico-científico dos relatórios que eles são orientados a seguir e ao fato de os relatórios serem avaliados de maneira formativa, conforme já discutido anteriormente.

Contudo, nossa análise não se pautou puramente em uma análise numérica, estatística dos documentos analisados. Nesse sentido, vamos dividir essa discussão em dois segmentos: inicialmente abordamos os documentos físicos e os relatórios, e depois, tratamos dos grupos focais. Fizemos isso sobretudo pelo fato de os dados dos grupos focais representarem uma situação diferente para os grupos (os grupos focais marcam o fim da implementação do *design*), além do fato da análise dos grupos focais ter um viés marcadamente mais qualitativo.

Relembrando, para os documentos físicos, nós realizamos a análise com respeito às categorias C1, C2, C3 e C5. No caso dos documentos físicos, assim como

nos relatórios, eles foram confeccionados ao longo da aplicação do *design*. Para efeito de comparação, trazemos na Tabela 32 as porcentagens de codificação para cada uma das categorias estudadas nos documentos físicos e nos relatórios.

Tabela 32: Comparativo das porcentagens de codificação para os documentos físicos e os relatórios ao longo da aplicação do *design*.

Documento/SEI	Termoquímica (%ExpCo/%ExpCi)	Cinética (%ExpCo/%ExpCi)	Eletroquímica (%ExpCo/%ExpCi)
C1 - Documentos Físicos	50%/50%	60%/40%	50%/50%
C1 - Relatórios	43%/57%	29%/71%	29%/71%
C2 - Documentos Físicos	45%/55%	50%/50%	57%/43%
C2 - Relatórios	71%/29%	57%/43%	14%/86%
C3 - Documentos Físicos	93%/7%	79%/21%	100%/0%
C3 - Relatórios	57%/43%	86%/14%	86%/14%
C4 - Documentos Físicos	N/A	N/A	N/A
C4 - Relatórios	57%/43%	43%/57%	29%/71%
C5 - Documentos Físicos	29%/71%	50%/50%	43%/57%
C5 - Relatórios	0%/100%	0%/100%	0%/100%

Fonte: Elaboração própria.

Iniciando nossa discussão com C1 (Fundamentação Teórica para o Levantamento de Hipóteses e a Resolução), temos dois pontos notáveis a serem tratados. O primeiro se refere ao que discutimos acerca da aparente flutuação das porcentagens de codificação para os documentos físicos. Apesar de, em termos percentuais, os grupos iniciarem e finalizarem a intervenção com uma porcentagem igual para ExpCo/ExpCi, em termos da frequência bruta de codificações ocorre um aumento (4 codificações em termoquímica, 7 codificações em eletroquímica). Nós, quando da discussão, levantamos que isso era um fator que deveria ser levado em consideração como um indício de que houve uma melhora do entendimento dos grupos em relação a C1 ao longo da aplicação do *design*, apesar da porcentagem indicar estabilização. E essa nossa hipótese é posteriormente endossada pela porcentagem de codificação para a mesma categoria, mas nos relatórios. A diferença é que, no caso dos relatórios, a porcentagem de codificação aumenta (57% ExpCi em termoquímica, 71% de ExpCi em cinética e eletroquímica). Entendemos que os grupos têm uma maior capacidade de levantar hipóteses, assentá-las de maneira adequada e produzir boas propostas resolutivas ao final da aplicação do *design*.

Para C2 (Descrição e Explicações dos Procedimentos Investigativos), no caso dos documentos físicos, nossa principal explicação para as porcentagens de codificação equilibradas se tratou de um problema não da capacidade e do poder descritivo dos grupos estudados, mas sim o impacto de um fator intrínseco e bastante relevante em atividades investigativas – o tempo. Entendemos que o tempo gasto para fazer boas descrições e explicações dos procedimentos investigativos tenha impactado negativamente na avaliação dos documentos físicos – com os alunos preferindo colocar de maneira resumida, sumarizada ou ausente de explicações no momento de registrar suas colocações no papel. E entendemos que, novamente, os dados dos relatórios reforçam essa ideia, e não somente isso; como é possível notar, a porcentagem de codificação para ExpCi aumenta significativamente ao longo da aplicação do *design* (29% em termoquímica, 43% em cinética e 86% em eletroquímica). Isso mostra, pensamos nós, que o *design* impactou na capacidade dos sujeitos de descreverem e explicarem seus procedimentos sem ter o fator tempo como limitação – que é justamente o que ocorre quando da confecção dos relatórios.

Para a categoria C3 (Críticidade e Refletividade), nosso entendimento é o mesmo que já foi colocado ao longo desta seção da tese: os grupos estudados aparentemente não entenderam que era algo relevante ou de importância trazer suas reflexões tanto para os documentos físicos quanto para os relatórios. Isso, porém, não significa que nós entendemos que os grupos possuem uma postura acrítica para com as atividades desempenhadas ao longo da implementação do *design*; como vimos na Tabela 32, eles revelam uma grande capacidade crítica e reflexiva nos grupos focais, como já discutimos no segmento que os concerne.

A categoria C4 (Análise e Discussão de Dados) não foi analisada nos documentos físicos. Por fim, para a categoria C5 (Linguagem), temos dados interessantes em ambos os casos: para os documentos físicos, observamos uma porcentagem de codificação que se oscila negativamente ao longo da aplicação do *design* (71% em termoquímica, 50% em cinética e 57% em eletroquímica), enquanto no caso dos relatórios temos que todos os grupos contemplam plenamente C5 para ExpCi (100%). O nosso entendimento para esses dados é que, como está bem assentado na análise dos relatórios, os grupos sabem escrever de maneira técnica, científica; contudo, no contexto da confecção dos documentos físicos, entendemos que o fator tempo pode ter sido mais uma vez uma influência importante. Pensamos

isso sobretudo pelo fato de que as atividades investigativas das SEIs de cinética química e eletroquímica serem mais demoradas do que as de termoquímica, de maneira geral. Com isso em mente, pensamos que a melhor maneira de entender é que os grupos possuem boa capacidade de escrita, apesar dos dados dos documentos físicos não apresentarem um alinhamento bem definido para essa afirmação.

Falado sobre os documentos físicos e os relatórios, nos resta realizar os comentários sobre os grupos focais. Conforme foi possível observar na Figura 47, as porcentagens de codificação para os grupos focais são significativamente distintas do que fora obtido para os dois documentos antecedentes, mas nos atentemos para os fatos além das porcentagens. Pensamos que, na ocasião dos grupos focais, nuances bastante interessantes foram obtidas as quais dificilmente apareceriam no papel.

Uma primeira constatação interessante é que foi possível notarmos que alguns grupos desenvolvem certas habilidades, que envolvem certas categorias, em momentos diferentes. Um outro fato notável é como no grupo focal os grupos, de maneira geral, se revelaram bastante aptos e inclinados a compartilhar suas reflexões, suas subjetividades – dados que foram essencialmente ausentes nos documentos físicos e nos relatórios. E o mais notável sobre isso é que tivemos críticas bastante elaboradas e adequadas. Pensando que são alunos do primeiro ano, e com base no que analisamos, bem como nos extratos que trouxemos ao texto, é possível inferir que nosso *design* foi importante no desenvolvimento da categoria C3 (Críticidade e Refletividade) dos grupos estudados.

Como último comentário sobre os grupos focais, pensamos ser interessante ressaltar como eles reafirmaram que os grupos, ao fim da aplicação do *design*, possuíam uma capacidade analítica muito superior daquela mensurada ao começo da intervenção (43%ExpCi no relatório de termoquímica, 71%ExpCi no relatório de eletroquímica e 83%ExpCi nos grupos focais). Isso demonstra que há um movimento bastante claro de aperfeiçoamento da capacidade dos grupos de analisarem e discutirem dados, que é exatamente o cerne da categoria C4.

Portanto, podemos afirmar que nosso *design* foi bem-sucedido no que diz respeito ao desenvolvimento dos grupos na relação entre Experiência Comum *versus* Experiência Científica. Pensamos estar patente que o *design* proporcionou aos grupos uma oportunidade ímpar de desenvolverem vários aspectos importantes (delineados

pelas categorias analíticas propostas), efetivamente auxiliando os sujeitos a terem experiências cada vez mais próximas da experiência científica ao longo da implementação do *design*.

6.4 Considerações finais e resposta ao problema de pesquisa

De que modo a implementação do primeiro ciclo de um design, baseado em sequências de ensino investigativas com diferentes graus de abertura, impacta no desenvolvimento inicial do Espírito Científico de ingressantes de um curso de graduação em química?

Para respondermos o problema de pesquisa no qual esta tese se baseou, recapitulamos brevemente o nosso entendimento sobre o desenvolvimento inicial do espírito científico de Bachelard (1996). A nossa interpretação se apoiou na premissa de que o desenvolvimento inicial do espírito científico requer um esforço concatenado e plural, envolvendo pelo menos três domínios distintos e essenciais para a atividade científica:

- ✓ A compreensão do conceito de NiC e seus detalhamentos;
- ✓ A compreensão do conteúdo, que em nosso caso, se trata dos conteúdos químicos;
- ✓ A busca por uma experiência científica, no sentido de se afastar da experiência comum.

Posto isso, pensamos ser importante também trazer sinteticamente o que concluímos acerca de cada uma das respostas para as questões de pesquisa. Para a questão de pesquisa 1, foi possível notarmos que a implementação do *design* repercutiu de maneira bastante diversa nos grupos estudados. Por exemplo, no caso dos grupos focais, apesar da fragilidade já comentada, pudemos notar que certos aspectos de NiC foram mais bem compreendidos do que outros, e tais aspectos de são compreendidos em momentos diferentes por grupos diferentes. Isso implica que a aprendizagem dos aspectos de NiC é um processo que depende fundamentalmente das concepções internalizadas sobre NiC de cada um dos sujeitos estudados. No que concerne aos refletidos, pudemos notar que, apesar de não haver uma melhora estatisticamente significativa da compreensão dos aspectos de NiC com a aplicação do nosso *design*, entendemos que, de maneira geral, ao possibilitarmos aos alunos a

exposição ao conceito e os aspectos de NiC, proporcionamos um contato inicial importante que certamente estabelece elementos fundantes para um posterior desenvolvimento e aprofundamento em disciplinas dessa área (filosofia da ciência).

Sobre a questão de pesquisa 2, nosso entendimento foi que o *design* teve um impacto positivo na compreensão dos conteúdos químicos. De acordo com nossas análises do desempenho dos grupos nas SEIs, temos evidências de uma melhora na compreensão dos conteúdos químicos, apesar de, quando da análise da SEI de eletroquímica, temos claras evidências de que ela foi a etapa mais difícil e complexa do nosso *design* e, por ser a última SEI da intervenção, ela afetou negativamente as análises estatísticas sobre a compreensão dos conteúdos químicos. Tal efeito, porém, não acarretou repercussões negativas do ponto de vista global da implementação do *design*.

Sobre a questão de pesquisa 3, nossa conclusão é que os grupos estudados revelaram um impacto positivo com respeito à aproximação de uma experiência científica, e tal impacto ficou bem assentado nas análises dos documentos separados para esse fim. Observamos sujeitos realizando colocações críticas e reflexivas sólidas, um crescimento da maturidade dos grupos quando da fundamentação e proposição de hipóteses resolutivas, bem como uma capacidade plena de articularem e comunicarem seus conhecimentos e achados de maneira técnica e científica.

Posto esse breve prolegômeno, prosseguimos para comentários mais aprofundados, que se referem aos princípios de *design* da nossa proposta. Nosso *design* se apoiou em um tríptico de compromissos, sendo eles: compromissos metodológicos, compromissos epistemológicos e compromissos disciplinares. Essa tríade de princípios é relacionada à tríade que fundamentou nossa proposta: a epistemologia bachelardiana (Bachelard, 1996), os conceitos de NiC de Lederman e colaboradores (2014) e o Ensino por Investigação, o qual aplicamos conforme uma proposta modificada da ideia de SEIs de Carvalho (2013; 2018).

Começamos pelo elemento mais frágil da nossa proposta, que foi a compreensão dos conceitos de NiC. Os conceitos de NiC são prontamente relacionados aos entendimentos que Bachelard professa acerca do espírito científico, sobretudo o rigor e o comportamento crítico, pensado consciente que um cientista deve ter em sua atividade laboral. Os conceitos de NiC também são aproximados do cerne da proposta de SEI de Carvalho, a qual sugere a passagem de uma postura

hands-on para uma postura “*minds-on*” (Carvalho; Sasseron, 2012). A prática científica não pode se pautar em rompantes espontaneístas; ela precisa ser um processo consciente e fundamentado. Afinal de contas, toda ação impensada repercute negativamente ora para a investigação científica, em um âmbito externo, ora como fundamento para a formação de obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996) em um âmbito interno, subjetivo.

Em nosso *design*, os dados sobre NiC evidenciam que não atendemos ao que Lederman e colaboradores (2002; 2014) falam sobre ensinar sobre os aspectos de NdC ou NiC de maneira explícita. O nosso entendimento, nesse tocante, é que apenas trabalharmos com uma aula especialmente dedicada a uma discussão introdutória sobre NiC e depois trabalharmos indiretamente os aspectos com as questões dos refletidos foram insuficientes. Assim, temos algumas críticas para o nosso *design* com respeito à maneira que o desenhamos para atender os aspectos de NiC. A primeira crítica se dedica justamente à maneira com que decidimos abordar e trabalhar os aspectos de NiC; talvez a nossa interpretação de “trabalhar explicitamente” tais aspectos tenham sido ingênua, simplista. Para melhor atender a proposta de trabalhar NiC, ficou claro que um esforço significativamente maior do que aquele realizado em nosso *design* é necessário.

Uma segunda crítica acerca da maneira com que lidamos com a compreensão dos aspectos de NiC se refere às questões propostas para os refletido pelo grupo de pesquisa. Ao passar apenas por um processo de validação interna, mesmo se baseando inteiramente nas colocações de artigos conceituados sobre o tema (Lederman et al., 2014; Andrade; Lederman; Lederman, 2020), é possível que nossas questões possuam problemas não identificados e que findaram por prejudicar a análise, como aconteceu, por exemplo, na pergunta que contemplava o Aspecto 2 em Termoquímica. Para um futuro *redesign*, levar esse conjunto de questões para validação externa (Johnson e Smith, 2019; Brown e Lee, 2020), seja por meio de uma publicação ou convite de especialistas da área alheios à pesquisa para avaliarem as nossas questões aparenta ser uma etapa imprescindível para uma boa prática da DBR.

Uma terceira crítica sobre a maneira com que trabalhamos os aspectos de NiC, similarmente à anterior, é feita às questões que compusemos para os grupos focais. No bloco de análise e discussão, em virtude da escassez de trechos codificados para

vários aspectos de NiC, nossa análise foi significativamente prejudicada, contemplando apenas 3 dos 8 aspectos de NiC. Nosso entendimento foi que talvez as questões do grupo focal ficaram muito abertas, e os alunos se desviaram da discussão ensejada, que deveria contemplar os conceitos de Experiência Comum x Experiência Científica e NiC. Assim, similarmente ao que comentamos para as questões do refletindo, para um posterior *redesign* seria de extrema importância que o roteiro para condução do grupo focal fosse revisitado ou até mesmo reconstruído, e depois enviado para revisão externa para que estes dados, tão importantes sobre a compreensão dos sujeitos dos grupos estudados acerca de NiC, sejam mais apropriadamente obtidos.

Em relação ao outro segmento dos compromissos epistemológicos, que tratam do afastamento da experiência comum e na aproximação da experiência científica, entendemos que esse foi o componente do nosso *design* mais bem-sucedido. Nossos dados e análises indicam que a implementação do *design* foi efetiva na promoção da aproximação dos grupos da experiência científica, evidenciado pela melhora nas fundamentações teóricas, descrições de procedimentos, capacidade crítica, análise de dados e principalmente o uso de uma linguagem técnica. Dadas as evidências compiladas com respeito a esses aspectos, podemos também entender que o processo impactou positivamente na compreensão dos conceitos químicos. Além disso, esse elemento do *design* possibilitou aos grupos um entendimento mais adequado de como se dão investigações científicas, especialmente no que se refere ao planejamento, à pesquisa de dados, à importância das proposições e, sobretudo, à necessidade de um problema, de uma insatisfação a ser sanada.

Refletindo agora sobre compromissos metodológicos, temos a proposta de SEI de Carvalho (2013; 2018), que fundamentou em grande parte a nossa versão modificada para o ensino superior. Acerca desse pilar de nosso *design*, pensamos que um primeiro comentário deve ser feito em relação às mudanças que propusemos. No decorrer da implementação do *design*, várias possíveis intempéries que previmos acabaram acontecendo ou conseguimos prevenir com sucesso por conta dos ajustes que realizamos. Mas, ainda assim, não previmos todas. Um imprevisto muito característico foi o ocorrido na atividade investigativa de termoquímica 2, na qual vários grupos não sabiam como usar uma vidraria nova (camisa térmica) e os professores e o técnico de laboratório precisaram intervir para ajudar os grupos a

realizarem o experimento corretamente. Porém, diversos grupos realizaram a prática utilizando a vidraria inadequadamente, levando-os a coletarem dados inadequados. Esse exemplo, que findou por pautar uma das principais discussões pós-SEI do grupo de trabalho, resultou em uma mudança na maneira com que trabalhamos com as demais atividades quando equipamentos ou vidrarias novas fossem trabalhadas. Isso é um exemplo de como nossa proposta modificada realmente necessitou romper com algumas colocações teóricas e procedimentais que Carvalho (2013) assenta para as SEIs. A dimensão da abordagem fortemente piagetiana da proposta original se revela como sendo inadequada para o ensino superior.

Outro ponto essencial a ser discutido aqui é a maneira com que decidimos escalonar os graus de liberdade intelectual do nosso *design*. Baseando-nos na ideia de reiterar os graus a cada SEI, fica o questionamento se essa realmente é a melhor maneira de trabalhar com os graus de liberdade intelectual no contexto experimental de um curso de química. Apesar de termos todo um conjunto de subsídios para termos trabalhado desta forma (e.g. ajuste contínuo do *design*, *feedback* formativo), um *redesign* que trabalhe os graus de liberdade intelectual de maneira distinta é uma proposta de interesse futuro.

Pensando agora no “outro lado da moeda”, a modulação da atuação do professor é, possivelmente, uma das maiores contribuições que nossa pesquisa fez em relação à aplicação do Ensino por Investigação no contexto do ensino superior. Nós propusemos uma relação professor *versus* aluno, bem descrita e circunscrita. A maneira com que o docente deve transitar entre um papel mais intervencionista para uma atuação secundária, de facilitador, pareceu não somente ser adequada do ponto de vista operacional e pedagógico, mas também parece ter incentivado um comportamento progressivamente mais autônomo dos grupos ao longo da aplicação do nosso *design*, como foi perceptível nos dados estatísticos e nas falas dos sujeitos nos grupos focais.

Por fim, chegamos ao ponto nevrálgico da nossa fala sobre o Ensino por Investigação em si, não necessariamente sobre a proposta de SEI. Temos uma crítica contundente sobre a ideia de “investigação autêntica”. Tal ideia é estabelecida, no caso da proposta de Carvalho (2018) como o grau 5 (conforme consta no Quadro 1), ou grau 4 da nossa proposta (como consta no Quadro 2), e nos mais variados quadros para gradação de atividades investigativas ele sempre figura como sendo o grau mais

elevado. O ponto de inflexão que subsidiou nossa crítica foi a atividade de Eletroquímica 3. Essa atividade investigativa, altamente sofisticada, trabalhou com conceitos de base da eletroquímica (e.g. potencial redox), habilidades de manipulação e montagem de aparelhagem e vidrarias em laboratório dos grupos com a finalidade de realizar um processo eletroquímico específico (galvanoplastia). É notável como nossa tentativa de criar uma atividade sólida, densa, complexa, pareceu, em uma analogia, com o arremesso de um bumerangue.

Devido à grande complexidade dos procedimentos da atividade, que possuíam uma série de detalhes e grande propensão a distorções com as menores falhas, fomos compelidos a tomar a dura decisão de retirar dos alunos a possibilidade de proporem o procedimento experimental, com base na premissa de evitarmos que os grupos andassem em círculos refletindo e debatendo qual seria um protocolo adequado. Assim, fornecemos os procedimentos e materiais necessários para a investigação, enquanto ainda se mantinha o caráter investigativo da atividade. A solução envolveu uma extensa pesquisa na literatura para selecionar sistemas de eletrodeposição acessíveis e seguros para uso dos alunos, bem como uma seleção de metais “viáveis” para a eletrodeposição. Essencialmente, coube aos alunos entenderem o problema e articularem um argumento para a seleção do metal para revestimento, e depois realizarem os procedimentos específicos para cada metal. No fim das contas, ao procurarmos propor uma atividade investigativa ousada, acabamos precisando realizar mudanças significativas para que pudéssemos aplicar a atividade e que os grupos pudessem entender o que estava sendo feito. E, ainda assim, é bastante seguro afirmar que muitos dos procedimentos envolvidos na eletrodeposição dos metais não foram entendidos pelos grupos, excetuando os poucos sujeitos curiosos.

Essa atividade investigativa, em consequência da maneira como todo o processo envolvido nela (desde a elaboração até sua aplicação) decorreu, nos trouxe a uma reflexão acerca da inviabilidade de investigações autênticas no contexto pedagógico; em um trabalho recente já havíamos realizado uma colocação acerca do caráter questionável da realização de investigações autênticas em um trabalho recente (Zytkuewisz; Bego; Godoi, 2023). Seguimos para uma breve discussão sobre nosso posicionamento.

Para Pedaste e colaboradores (2015), ocorre um caráter de similitude entre o que os estudantes em atividades investigativas fazem com o que os cientistas

realizam em seu trabalho, mas que não se trata de um exercício de reprodução ou simulação de atividades propriamente científicas. De um ponto de vista teórico – e isso já foi comentado anteriormente nesta tese – uma “investigação autêntica”, ao nosso ver, seria inviável no contexto pedagógico pelo fato de que os alunos não estão produzindo conhecimento científico novo; não há um endosso, uma contribuição às fileiras do conhecimento. A atividade em questão trouxe um outro lado da problemática que envolve a investigação autêntica: o ponto de vista proposicional e operacional. Pensando na gradação de atividades investigativas – e isso não se restringe à proposta de Carvalho (2018); há várias outras, como por exemplo a proposta de Buck, Bretz e Towns (2008) ou a proposta de Bell, Smetana e Binns (2005), o último nível, ou grau de abertura, ou grau de liberdade intelectual sempre possui características pétreas. Tais características são a alienação quase que total da figura do docente, e o aluno ou grupo de alunos sendo responsáveis por essencialmente tudo que for realizado na suposta investigação autêntica.

Contudo, como já comentamos no capítulo sobre o Ensino por Investigação, essa proposta parece ser inviável no contexto do ensino superior pelas suas peculiaridades. Os problemas são diversos: temos a questão da segurança e preservação da integridade física dos alunos, que é responsabilidade do docente; temos o fato de que é de uma exigência conceitual, técnica e operacional enorme solicitar a um grupo de alunos que proponham um problema factível e frutífero. E aqui a palavra “frutífero” vem em bom tempo; como vimos no caso aqui relatado, a atividade investigativa seria certamente infrutífera caso o deixassem ao léu com apenas a lista de metais para a galvanoplastia. Um argumento de que se trata de um caso particular, de uma atividade sofisticada e complexa pode ser levantado, ou de que talvez isso funcione com alunos com maior bagagem conceitual e técnica. Mas, de que adianta propor uma categoria, um degrau que não exiba *completude*? Que apresenta inadequações ou casos impróprios?

A nosso ver, é inconsistente que a “investigação autêntica” seja uma proposta pedagógica concebível para o Ensino por Investigação. Em verdade, uma “investigação autêntica” não parece ter utilidade para qualquer metodologia de ensino e aprendizagem que pretenda se sustentar em uma filosofia construtivista ou uma aprendizagem ativa, muito pelo contrário. Assim sendo, afirmamos que a proposta de “investigação autêntica”, no contexto disciplinar, pedagógico do ensino superior – e

possivelmente em outros patamares do ensino de ciências – nos parece um artefato contraproducente, arriscado e propenso à formação de obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996), noções deformadas sobre a NdC (Gil-Pérez *et al.*, 2001) e especialmente noções menos adequadas da NiC (Lederman *et al.*, 2014). Em nosso ver, a proposta de investigação autêntica apresenta factibilidade apenas em um contexto extraclasse, como por exemplo uma iniciação científica ou uma pesquisa de pós-graduação.

Por fim, passando para os compromissos curriculares, pensamos que a efetividade do *design* na compreensão dos conceitos químicos já foi bem discutida e não cabe ser reiterada aqui. A grande discussão que trazemos está intimamente relacionada à atuação do docente – no caso, a modulação de sua atuação. Tal discussão se refere a qual seria a justa medida de intervenção docente em relação à exposição e às explicações sobre os mais diversos conceitos que envolveram o nosso *design*. Frisamos, no capítulo sobre Ensino por Investigação, que existe uma relação inversa entre a atuação docente e a liberdade dos discentes, em sua amplitude. Contudo, é notável que certos conteúdos, sobretudo no contexto das exigências da química de nível superior, rogam por uma maior intervenção docente – no sentido de prover um embasamento teórico sólido – do que outras, e isso se torna importante ao considerarmos a complexidade e sofisticação do tópico estudado. Tudo inevitavelmente deságua na discussão que trouxemos acerca da importância da preleção, da exposição teórica prévia, que é mais densa no início da SEI e vai sendo diminuída até sua quase ausência na última atividade investigativa da SEI. E não somente a preleção; a grande pergunta é: em que medida a atuação do docente, tanto em sala de aula quanto em laboratório, deve ser modulada sem que isso venha a ferir os preceitos dos graus de liberdade intelectual do Ensino por Investigação (Carvalho, 2018)?

Essa questão é crucial e necessita ser mais averiguada para o contexto do ensino superior. E aqui vale a pena trazer a relevância da bagagem conceitual e técnica do aluno; supostamente, um graduando em finalização do curso possui um maior arcabouço para realizar atividades investigativas com menor interferência do docente, e teríamos o caso inverso no caso de alunos ingressantes (que foram os sujeitos de nossa pesquisa). Pensamos que tal relação certamente deve influenciar na modulação da atuação do professor. Observem que esse debate está totalmente

conectado com a maneira com que se planeja o *design* do ponto de vista do escalonamento dos graus de liberdade intelectual. Será que, por exemplo, existe um conteúdo químico que consiga comportar atividades investigativas apenas de nível 3, sem prejuízo ao currículo e ao aprendizado dos alunos sobre o conteúdo? Ou, ainda mais importante, se essa premissa for verdadeira: qual é o percurso pedagógico a ser adotado a fim de possibilitar aos alunos que façam uma SEI, composta apenas de atividades experimentais investigativas de elevado patamar? A atividade investigativa de Eletroquímica 3 que propusemos retorna aqui para ilustrar como essa empreitada pode ser de difícil aplicação.

Por fim, entendemos que os dados, análises e discussões realizadas ao longo desta tese indicam que o design educacional implementado foi eficaz na promoção do desenvolvimento inicial do espírito científico dos participantes. A integração de conceitos de Natureza da Investigação Científica (NiC), conteúdos químicos e o distanciamento da experiência comum constituiu um eixo valioso que, apesar da variabilidade dos resultados, promoveu um avanço significativo na formação de uma identidade científica entre os alunos. A exposição dos alunos aos conceitos de NiC, mesmo não resultando em melhorias significativas para todos os aspectos foi notada como sendo relevante, preparando-os para futuras investigações científicas mais aprofundadas. A abordagem crítica e reflexiva introduzida pelo *design* permitiu que os sujeitos desenvolvessem uma compreensão mais robusta das metodologias e práticas científicas, além de incentivá-los a questionar e investigar de maneira mais científica.

A análise detalhada das SEIs mostrou uma boa compreensão dos conteúdos químicos, com exceção da SEI de eletroquímica. A capacidade dos alunos de se afastarem da experiência comum e se aproximarem de uma experiência científica foi significativamente aprimorada, conforme pudemos alumiá-los nas análises e discussões acerca da capacidade dos alunos de realizar colocações críticas e reflexivas, fundamentar teoricamente suas hipóteses e comunicar seus achados de maneira técnica e científica. As atividades propostas em nosso *design* foram eficazes na promoção da reflexão crítica, fomentando um aspecto essencial para o desenvolvimento do espírito científico. No entanto, ficou patente a necessidade de ajustes e melhorias do *design*, e uma reflexão contínua sobre as práticas educacionais e a adaptação às necessidades dos alunos é elemento crucial para o aperfeiçoamento dos processos de formação de cientistas críticos e competentes.

7. Conclusões e perspectivas futuras

Lágrimas

Molham a medalha de um vencedor,

Chora agora ri depois, aí, Jesus chorou

(Racionais MC's – Jesus Chorou)

Em recapitulação, a tese de doutorado aqui descrita teve como objetivo principal a proposta e implementação de um *design*, o qual foi aplicado no segundo semestre de uma disciplina experimental anual, do primeiro ano de um curso de graduação em química. O *design* foi embasado em um tríptico de referenciais: a proposta de SEIs (Carvalho, 2013; 2018); as contribuições epistemológicas de Bachelard (1996) e o conceito de Natureza da Investigação Científica e seus desdobramentos de Lederman e colaboradores (2014). Nossa intenção principal com esta pesquisa foi verificar como a implementação do primeiro ciclo de um *design*, pautado nos princípios dispostos acima, impactaria no desenvolvimento inicial do Espírito Científico dos sujeitos analisados. Para trabalhar neste sentido e melhor operacionalizar a lida, propusemos três questões de pesquisa, cada uma se referindo a um segmento determinado, como segue:

- ✓ Questão de Pesquisa 1: Natureza da Investigação Científica;
- ✓ Questão de pesquisa 2: Compreensão dos conceitos químicos;
- ✓ Questão de pesquisa 3: afastamento da experiência comum/aproximação da experiência científica.

Tal pesquisa se desenvolveu ao longo de três SEIs figurando conteúdos químicos distintos e consecutivos (termoquímica, cinética química e eletroquímica) e diversos elementos foram utilizados para a obtenção de dados: documentos físicos (formulário de hipóteses e proposição de procedimento experimental), relatórios finais para cada SEI e grupos focais ao final do *design*. Para a análise dos dados, foi empregada a AC (Bardin, 1977), utilizando-a para realizarmos análises quantitativas e/ou mistas dos dados obtidos.

Em relação à primeira questão de pesquisa, nossos achados indicam que apesar de nosso *design* não ter resultado em uma melhora significativa na compreensão dos grupos estudados sobre os aspectos de NiC ao longo de sua implementação, pensamos ser claro que essa primeira exposição a tal conceito e aspectos derivados representar um avanço crucial na formação científica de todos os alunos matriculados

na disciplina. Além disso, nosso *design* evidenciou que certos aspectos apresentam maior resistência à reconstrução do que outros, seja por questões de enraizamento ambiental prolongado (como A2) ou pela complexidade (como A7).

Em relação à segunda questão de pesquisa, entendemos que conforme os diversos dados analisados, apesar de não termos evidência estatística de uma melhora da compreensão dos conceitos químicos, o *design* revelou sucesso em aperfeiçoar a forma com que os alunos registram e descrevem seus raciocínios e entendimentos sobre os conceitos químicos, conforme assentamos na análise do segundo bloco de *boxplots*. Assim sendo, nosso entendimento foi que nosso *design* foi bem-sucedido em relação a relação dos sujeitos de pesquisa com os conceitos químicos. Além disso, acreditamos que nosso *design* aprimorou a capacidade dos grupos de articular e comunicar seus conhecimentos, atributos valiosos para esses a continuidade bem-sucedida do curso de graduação para esses calouros.

Em relação à terceira e última questão de pesquisa, do ponto de vista puramente estatístico, nosso *design* demonstrou ser bem-sucedido para a formação científica dos alunos. Em continuidade, a análise qualitativa dos grupos focais revelou nuances importantes, como a capacidade analítica crescente dos grupos estudados, bem como a capacidade de eles realizarem reflexões e/ou críticas elaboradas. Dessa forma, foi possível entender que nosso *design* proporcionou aos alunos uma experiência científica enriquecedora, ajudando-os a desenvolver habilidades e competências essenciais para a prática científica.

Agora pensando em como esta pesquisa impacta a área de interesse, podemos pensar em alguns pontos importantes. Primeiramente, pensamos ser importante refletir acerca do uso da metodologia do Ensino por Investigação no contexto do Ensino Superior, especificamente no contexto da química. Ficou patente que empregar essa metodologia não se trata de tarefa fácil; tivemos diversos desafios ao longo do percurso desta pesquisa. Por exemplo, desde todo o processo de elaboração e criação de novas atividades experimentais, que fossem adequadas para o esquema que adotamos (as SEIs). Por outro lado, temos também a resistência e dificuldade dos sujeitos de se ambientarem com as dinâmicas significativamente distintas que atividades experimentais investigativas implicam, quando comparadas com atividades experimentais tradicionais (Domin, 1999). Um outro desafio se trata das limitações de tempo e possíveis restrições de recursos, que são especialmente relevantes quando

trabalhamos em graus de liberdade intelectual mais elevados. No mais, atividades experimentais investigativas são altamente exigentes, e isso implicou em algumas situações adversas as quais relatamos aqui ao longo das discussões feitas nesta tese.

Como um segundo comentário, achamos ser pertinente uma colocação sobre a maneira com que decidimos lidar com os graus de liberdade intelectual das atividades. Ao adotarmos um esquema cíclico, em que os graus são redefinidos ao início de cada SEI, fica o questionamento e a intriga sobre como o desenvolvimento do Espírito Científico seria, por exemplo, caso fizéssemos um escalonamento dos graus de abertura ao longo do *design* como um todo. Há diversas possibilidades nesse sentido, e pensamos que vale a pena o aprofundamento em outras pesquisas subsequentes.

Em um terceiro comentário, pensamos que ficou patente que existe um enorme potencial de desenvolvimento técnico e científico dos alunos, mesmo se tratando de alunos ingressantes, quando não trabalhamos com atividades experimentais tradicionais. Ao longo da aplicação do nosso *design*, demonstramos que esses alunos são capazes de realizar ações de grande valor, como o pensamento crítico, análises de dados adequada e a boa comunicação científica. Mesmo estando apenas no segundo semestre do curso, os sujeitos demonstraram uma capacidade notável de se engajar em processos investigativos, formular hipóteses, executar experimentos e refletir criticamente sobre seus resultados. Esse potencial deve ser reconhecido e cultivado, pois oferece uma base sólida para o desenvolvimento contínuo de habilidades e competências científicas e profissionais que serão de grande valia em sua atuação posterior.

O quarto comentário se refere aos aspectos de NiC (Lederman *et al.*, 2014). Ficou, para nós, explícito que trabalhar o conceito de NiC e seus aspectos se trata de uma tarefa bastante sofisticada, a qual requer muito mais amparo e assento para que tais entendimentos sejam melhor compreendidos pelos alunos. Fica também, como um bom caminho futuro, repensar em como lidar com a inserção bem desenhada em atividades didáticas experimentais e a promoção da compreensão de tais conceitos em pesquisas futuras.

Pensando agora em um âmbito mais abrangente, do ensino de ciências, pensamos que nossa proposta modificada de SEI (Carvalho 2013; 2018) se revela como uma possibilidade bastante plausível, porém complexa no sentido de melhor formar nossos discentes. Ao integrar noções teóricas, práticas investigativas e

reflexões críticas, nosso *design* demonstrou suportar de maneira minimamente adequada a implementação de atividades experimentais investigativas de química no contexto acadêmico. Refletindo acerca dos vários resultados que obtivemos, uma certeza que possuímos é que esta pesquisa foi bem-sucedida em demonstrar que graduandos, mesmo ingressantes, possuem um grande potencial que não é explorado na maioria das vezes, e é tarefa nossa despertar e promover o desenvolvimento dos nossos futuros profissionais da ciência em sua plenitude.

Em movimento de finalização, pensamos que é importante ressaltar quais são as limitações da nossa pesquisa. Para sistematização, colocamos as limitações na listagem que segue:

- ✓ A intervenção foi aplicada apenas uma vez, com uma única turma de alunos de primeiro ano de um curso de graduação em química, durante o segundo semestre de uma disciplina anual. Essa limitação temporal e amostral restringe a generalização dos achados para outras turmas, disciplinas ou cursos, o que constrange nossa investigação a uma pesquisa inspirada na DBR e não uma pesquisa do tipo DBR propriamente dita;
- ✓ Diversos elementos empregados como instrumentação para obtenção de dados (e.g. refletidos, roteiro do grupo focal) somente passaram por validação interna (do grupo de trabalho), não tendo passado pelo crivo de uma comissão externa para uma validação mais apropriada e consistente. Isso também é um fator que impacta nos dados e análises que foram realizadas nesta pesquisa;
- ✓ Os sujeitos de pesquisa, que foram alunos de primeiro ano de um curso de graduação em química, podem impactar nossas conclusões, tornando-as específicas para esse nível de formação. Alunos momentos mais avançados do curso podem reagir de maneira diferente ao nosso *design*, devido a uma maior maturidade acadêmica e maior bagagem conceitual e, portanto, cá temos mais uma possibilidade de variação desta pesquisa;
- ✓ A análise de dados baseou-se principalmente em documentos textuais, relatórios e grupos focais, o que, apesar de fornecer uma visão abrangente, pode não capturar completamente todas as nuances do processo de aprendizagem e desenvolvimento dos alunos. Além disso, alguns dados

fragilizaram nossa análise, como por exemplo os dados sobre a compreensão dos aspectos de NiC obtidos dos grupos focais. A análise quantitativa e mista dos dados, embora robusta e com maior capacidade operacional, pode não contemplar variáveis importantes que influenciam o aprendizado dos alunos;

- ✓ Por fim, a implementação da intervenção em um único contexto institucional limita a capacidade de extrapolar os resultados para outras instituições com diferentes características, recursos e culturas acadêmicas. A diversidade de contextos educacionais pode influenciar significativamente os resultados de intervenções similares, em diferentes ciclos reiterados, segundo advoga a DBR.

Essas limitações ressaltam a necessidade de estudos adicionais, com diferentes turmas, em múltiplos semestres e em variados contextos educacionais, para validar e expandir os achados aqui apresentados.

Como conclusões, entendemos que esta tese de doutoramento proporcionou uma contribuição para a área do ensino experimental de ciências, especialmente no que tange ao ensino de química. Ao explorar a implementação de SEIs adaptadas para o contexto do ensino superior, conseguimos evidenciar tanto os desafios quanto as potencialidades do Ensino por Investigação para este contexto. Apesar das limitações inerentes ao nosso trabalho, foi possível notar um impacto positivo e bem fundamentado no desenvolvimento inicial do espírito científico dos graduandos calouros. A despeito disso, esta pesquisa se dispõe como um aporte inicial viável para o emprego de atividades experimentais investigativas em disciplinas experimentais de química, e destaca como são necessários o aprimoramento e o desenvolvimento de habilidades para além da aprendizagem técnica e conceitual.

Assim sendo, se abre no horizonte uma multitude de possíveis pesquisas que se formaram a partir desta tese de doutorado. Estudos que considerem diferentes turmas, em diferentes momentos do curso de graduação, em outros contextos educacionais são possibilidades muito interessantes. Além disso, o refinamento e uma melhor fundamentação teórico-metodológica da implementação de SEIs no contexto do ensino superior se torna imprescindível. Somente por intermédio de um esforço contínuo e colaborativo poderemos aprimorar o ensino experimental de ciências no ensino superior, na incessante dialética e ousada busca por uma educação mais rica,

envolvente e significativa, que prepare nossos espíritos científicos para os desafios científicos e tecnológicos do porvir.

Referências

- AKKUS, R.; GUNEL, M.; HAND, B. Comparing an Inquiry-based Approach known as the Science Writing Heuristic to Traditional Science Teaching Practices: Are there differences? **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 14, p. 1745–1765, 2007.
- ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. Estratégias de Ensino. *In: Processos de Ensino na Universidade*. Joinville: Univille, 2012. p. 155.
- ANDERSON, R. D. Reforming Science Teaching: What Research Says About Inquiry. **Journal of Science Teacher Education**, v. 13, n. 1, p. 1–12, 2002.
- ANDERSON, T.; SHATTUCK, J. Design-based research: A decade of progress in education research? **Educational Researcher**, v. 41, n. 1, p. 16–25, 2012.
- ANDRADE, M. A. B. S.; LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. VASI Questionnaire in the context of Brazilian Secondary Education: an Analysis of the Students' Understanding of Scientific Inquiry. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 26, p. 1–16, 2020.
- ARMBRUSTER, P. et al. Approaches to Biology Teaching and Learning The Problem of Revealing How Students Think: Concept Inventories and Beyond. **CBE-Life Sciences Education**, v. 8, p. 203–213, 2009.
- BACHELARD, G.; **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316p.
- BARBOUR, R. **Grupos Focais**: Coleção Pesquisa Qualitativa. Porto Alegre: Artmed, 2009. 217p.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. 231p.
- BELL, R.; SMETANA, L.; BINNS, I. Simplifying inquiry instruction. **The Science Teacher**, v. 72, n. 7, p. 30-33, 2005.
- BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. How People Learn Brain, Mind, Experience, and School. *In: Early Childhood Development and Learning*. Washington, D.C.: National Academies Press, 2001. p. 57–86.
- BRASIL. Conselho Nacional De Saúde. Resolução nº 196, de 10 de outubro de 1996. **Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 out. 1996. Seção 1, p. 21082.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena**. Brasília: MEC/CNE, 2015.

BROWN, A. L. Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. **Journal of the Learning Sciences**, v. 2, n. 2, p. 141–178, 1992.

BROWN, M.; LEE, C. External Validation of Research Instruments: Practical Considerations and Methodological Approaches. **Educational Psychology Review**, v. 55, n. 3, p. 301-318, 2020.

BUCK, L. B.; BRETZ, S.L.; TOWNS, M.H. Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. **Journal of college science teaching**, v. 38, n. 1, p. 52 - 58, 2008.

CABRAL, N. F. **Sequências didáticas**: estrutura e elaboração. Belém, 2017. 104p.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L H. Sequências de Ensino Investigativas - SEIS: o que os alunos aprendem? *In*: **Educação em Ciências: epistemologias, princípios e ações educativas**. Curitiba: CRV, 2012. p. 151–172.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *In*: **Ensino de Ciências por Investigação**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1–20.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765–794, 2018.

CHAI, C. S.; KOH, J. H. L.; TSAI, C.-C. A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 16, n. 2, p. 31–51, 2013.

CHRISTENSEN, K.; WEST, R. E. The Development of Design-Based Research. *In*: **Foundations of Learning and Instructional Design Technology**. Disponível em: <https://edtechbooks.org/lidtfoundations>.

COLLECTIVE, The Design Based Research. Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 5–8, 2003.

COLLINS, A. Toward a Design Science of Education. **New Directions in Educational Technology**, p. 15–22, 1992.

CRESWELL, J. W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and mixed methods approaches**. Sage Publications, 2002. 262p.

CUTTING, G. Gaston Bachelard's philosophy of science. **International Studies in the Philosophy of Science**, v. 2, n. 1, p. 55–71, 1987.

DOMIN, D. S. A Review of Laboratory Instruction Styles. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 2–4, p. 543–547, 1999.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 2, p. 421–431, 2010.

FLICK, U. **An Introduction To Qualitative Research**. 4th. ed. London: Sage Publications, 2009. 528p.

FLORES, J. MOREIRA, M. A.; SAHELICES, M. C. C. El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. **Revista de investigación**, v. 33, n. 68, p. 75-111, 2009.

GAIER, E. L. Memory Under Conditions of Stimulated Recall. **The Journal of General Psychology**, v. 50, n. 1, p. 147–153, 1954.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, n. 2, p. 125–153, 2001.

GIORDAN, M. O Papel da Experimentação No Ensino De Ciências. **Química Nova na Escola**, v. 10, n. 10, p. 43–49, 1999.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201–209, 2006.

HALCOMB, E. J.; HICKMAN, L. Mixed methods research. **Nursing Standard: promoting excellence in nursing care**, v. 29, n. 32, p. 41-47, 2015.

HAURY, D. L.; RILLERO, P. **Perspectives of Hands-On Science Teaching**. Columbus, Ohio: ERIC Clearinghouse for Science, 1994. 151p.

HODSON, D. Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory. A Critical Look at the Research. **Educación Química**, v. 16, n. 1, p. 30–38, 2005.

HOFSTEIN, A.; YAGER, R. E. Societal Issues as Organizers for Science Education in the '80s. **School Science and Mathematics**, v. 82, n. 7, p. 539–547, 1982.

HOLME, T.; LUXFORD, C.; MURPHY, K. Updating the General Chemistry Anchoring Concepts Content Map. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 6, p. 1115–1116, 2015.

HOUAISS, A.; VILLAR, M S.; FRANCO, F. M. M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 2922p.

HUSSAIN, A.; AZEEM, M. SHAKOOR, A. Physics Teaching Methods: Scientific Inquiry Vs Traditional Lecture. **International Journal of Humanities and Social Science**, v. 1, n. 19, p. 269–276, 2011.

IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology: Gold Book**. Version 2. International Union of Physical and Applied Chemistry, 2014. 1622p.

IUPAC. **Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry**. Carlton: Blackwell Science, 1993. 167p.

JOHNSON, R. B.; ONWUEGBUZIE, A. J. Toward a Definition of Mixed Methods Research. **Journal of Mixed Methods Research**, v. 1, n. 2, p. 112–133, 2007.

JUUTI, K.; LAVONEN, J.; MEISALO, V. Pragmatic Design-Based Research – Designing as a Shared Activity of Teachers and Researches. *In: Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2016. p. 35–46.

KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. A Pesquisa Baseada Em Design: Visão Geral E Contribuições Para O Ensino De Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 1–16, 2017.

KRONTHALER, F. **Statistics Applied With Excel: Data Analysis Is (Not) an Art**. Germany: Springer-Verlag, 2023. 323p.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2000.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 383-405, 2006.

LAWSON, A. E. The nature of advanced reasoning and science instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 19, n. 9, p. 743–760, 1982.

LEDERMAN, N. G. et al. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497–521, 2002.

LEDERMAN, N. G. Syntax Of Nature Of Science Within Inquiry And Science Instruction. *In: Scientific Inquiry and Nature of Science*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. p. 301–317.

LEDERMAN, J. S. et al. Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry-The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 51, n. 1, p. 65–83, 2014.

LEE, O.; GRAPIN, S. E. The role of phenomena and problems in science and STEM education: Traditional, contemporary, and future approaches. **Journal of Research in Science Teaching**, 2022.

MALHEIROS, B. T. **Metodologia da pesquisa em educação**. LTC Editora, 2011. 276p.

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino: abordagens do processo**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1986. 119p.

MOREIRA, M. A. Pesquisa Básica Em Educação Em Ciências: Uma Visão Pessoal. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 3, n. 1, p. 10–17, 2004.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. **Química Nova na Escola**, n. 7, p. 30–34, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy Press, 1996.

PEDASTE, M. et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, n. 14, p. 47–61, 2015.

PILLA, L.; **Físico-Química 1**. Porto Alegre: UFRGS, 2010. 520p.

PILLA, L.; **Físico-Química 2**. Porto Alegre: UFRGS, 2010. 468p.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 8, n. 2, p. 253–262, 2002.

PRESS, Oxford University. **Oxford Languages Dictionary**: Portuguese Version. Oxford Languages, 2024. Disponível em: <https://languages.oup.com/portuguese-dictionary-content/>.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G.; CRAWFORD, B. A. Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. **Science Education**, v. 88, n. 4, p. 610–645, 2004.

SCHWARTZ, R.; LEDERMAN, N. G. What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 6, p. 727–771, 2008.

SMITH, J.; JOHNSON, A. Ensuring the Validity of Measurement Instruments: External Expert Review as a Quality Assurance Measure. **Journal of Research Methods**, v. 45, n. 2, p. 201-215, 2019.

TSAI, C.-C. Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 8, p. 771–783, 2002.

YIN, R, K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001. 205p.

ZHANG, W.; CRESWELL, J. The Use of "Mixing" Procedure of Mixed Methods in Health Services Research. **Medical Care**, v. 51, n. 8, p. 51–57, 2013.

ZYTKUEWISZ, M. A. B. "Roteiros furados": uma estratégia didática investigativa para o laboratório de química. 2018. 261 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2018.

ZYTKUEWISZ, M. A. B.; DE GODOI, D. R. M.; BEGO, A. M. Loopholed Scripts: A New Inquiry Approach for the Undergraduate Laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 7, p. 2539–2547, 2023.

Apêndices

Apêndice A: Roteiro Experimental De Termoquímica 1

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS	
				Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química		Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura	
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:	2º	N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego / Vagner Antonio Morales			
Sequência Didática:		Termoquímica			
Atividade:		Calor, Temperatura e Ebulição			

A. Equipamentos e reagentes necessários

- Béquer de 500 mL
- Sistema de Aquecimento
- Suporte universal com garra
- Tubo de ensaio
- Termômetro digital
- Água Destilada

B. Alicerces Teóricos

A termoquímica é o ramo da química que estuda as reações químicas ou mudanças de estado físico de uma substância sob o ponto de vista das trocas de energia, como, por exemplo, calor. De modo geral, as transformações liberam ou absorvem calor para se processarem. As unidades mais comuns para medir o calor liberado ou absorvido são o Joule (J) e a caloria (cal) (ATKINS; JONES, 2011; PILLA, 2010).

O conceito de calor pode ser definido simplificarmente da seguinte forma: calor é a energia que se transfere de um corpo a outro exclusivamente devido a uma diferença de temperatura. A transferência de calor ocorre espontaneamente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura, então, por convenção, o calor é positivo para o corpo que recebe energia (processo endotérmico) e negativo para o corpo que cede calor (processo exotérmico) (MORTIMER, 2013; PILLA, 2010).

A concepção de calor como uma forma de energia é recente, pois acreditava-se que o calor fosse um fluido indestrutível contido no interior de todos os corpos, denominado *calórico*, com a capacidade de fluir de um corpo mais quente a um mais frio. Entretanto, a partir da segunda metade do século XIX, verificou-se que calor é uma forma de energia como outras que já haviam sido reconhecidas.

Assim, entende-se calor como uma quantidade de energia em trânsito entre dois corpos com temperaturas distintas (PILLA 2010).

De acordo com o modelo cinético-molecular, a temperatura é uma medida indireta da energia cinética média dos átomos e moléculas que constituem um corpo, portanto é uma medida indireta da velocidade das partículas - sendo que $E_{\text{cinética}} = (m v^2) / 2$. As partículas que constituem um corpo estão sempre em movimento (translação, rotação, vibração) e colidem entre si e contra as paredes dos recipientes que as contém. Então a transmissão de calor entre um corpo quente e outro corpo frio é definida como a transferência de energia cinética entre as partículas por colisões sucessivas. Ou seja, o calor é transmitido entre duas partículas quando ocorre uma colisão entre uma molécula rápida (com maior energia cinética) e uma molécula lenta (com menor energia cinética), sendo que a molécula mais rápida irá ceder energia para a molécula mais lenta (CHANG; GOLDSBY, 2013; PILLA, 2010).

As colisões com troca de energia cinética entre dois corpos só ocorrem enquanto houver diferença de velocidade entre as partículas. O equilíbrio térmico entre dois corpos é alcançado quando a velocidade média das partículas que os constituem se iguala (PILLA, 2010).

Quando o calor transferido entre dois corpos se manifesta sob a forma de uma diferença de temperatura, essa quantidade é denominada *calor sensível*. Quando o calor é utilizado para romper as interações moleculares e interatômicas entre sólidos (processo de fusão) ou líquidos (ebulição), dá-se o nome de calor latente, pois a energia fornecida é utilizada para romper estas interações, sem acréscimo de velocidade das partículas e, portanto, sem aumento de temperatura (PILLA, 2010).

C. Objetivos de aprendizagem

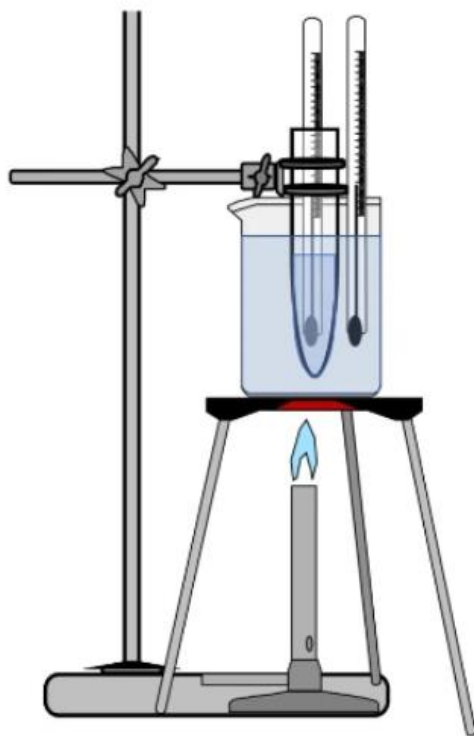
Conceitos Químicos: Analisar um experimento de ebulição da água, diferenciando os conceitos de calor e temperatura.

Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Lembrar os conceitos de dado e evidência, reconhecendo-os na atividade experimental.

Entender o conceito de explicação científica, interpretando-o por meio dos conceitos de dado e evidência.

D. Procedimento experimental

1. Preencha o béquer com aproximadamente 300 mL de água destilada e o posicione sobre um tripé de ferro equipado com tela de amianto;
2. Posicione um tubo de ensaio na parte central do béquer de maneira que ele não fique próximo da base do béquer nem da parede de vidro. Para fixar o tubo de ensaio dessa maneira, utilize um suporte universal e garras de fixação;
3. Preencha o tubo de ensaio com água destilada de maneira que seu nível fique abaixo do nível da água do béquer. O sistema deve ser montado da seguinte forma:



Bom dia João! Depois você avalia se es

4. Posicione um termômetro no interior do béquer;
5. Posicione um termômetro no tubo de ensaio de forma que seu sensor na parte inferior fique na mesma altura que o sensor do termômetro do béquer. Não deixe o termômetro encostar no fundo do tubo. Utilize o suporte universal e garras de fixação;
6. Coloque o segundo béquer sobre a tela de amianto e o preencha com água destilada;
7. Inicie o aquecimento do sistema e observe a evolução do sistema até a ebulição da água.

Observação: NÃO DEIXE O NÍVEL DA ÁGUA DO BÉQUER ESTAR ABAIXO DO NÍVEL DA ÁGUA DO TUBO DE ENSAIO. Caso isso aconteça, utilize a água do segundo béquero para preencher o sistema montado.

E. Refletindo – Parte 1

1. Quais fenômenos foram observados e identificados no tubo de ensaio e no béquero durante o experimento? Descreva-os.
2. A partir dos conceitos científicos de calor e temperatura, explique o fenômeno observado no béquero e no tubo de ensaio. Em sua explicação, considere os três aspectos do conhecimento químico, utilizando um modelo cinético-molecular.

F. Refletindo – Parte 2

Dados e evidências são recursos sempre utilizados por nós, químicos, bem como pesquisadores em geral para discernir **explicações** para os mais diversos **questionamentos**.

Dados são observações coletadas por pesquisadores ao longo de uma determinada investigação, e possuem diversas formas, como por exemplo: valores, descrições textuais, fotos etc.

Evidências, por sua vez, são um produto do procedimento de **análise dos dados** e sua subsequente **interpretação**, sendo diretamente relacionados ao **problema** investigado.

1. Com base no comentário acima, vocês conseguem discernir, na atividade realizada, o que foram os **dados coletados** e quais foram as **evidências produzidas**? (A7)
2. Sabendo o que são dados e evidências, o que vocês consideram como uma definição adequada para a palavra **explicação**? (A8)

G. Referências para estudo

ATKINS, P.; LORETTA, J. Termodinâmica: A Primeira Lei. *In: Princípios de Química*: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 7, p. 235 - 286.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Termoquímica. *In: Química*. 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 6, p 230 - 275.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas. *In: Química*. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. Cap. 2, p. 56 - 123.

PILLA, L. **Físico-Química I**: Termodinâmica química e equilíbrio químico. 2 ed.
Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010.

Apêndice B: Texto-Base Da Aula Especial Sobre NiC

UMA AVALIAÇÃO SIGNIFICATIVA DO ENTENDIMENTO DOS APRENDIZES SOBRE A INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA – O QUESTIONÁRIO SOBRE VISÕES DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA (VASI)⁵⁰

Investigação Científica

Assim como a **Natureza da Ciência** (NdC), o sentido de “ciência enquanto investigação” é debatido há décadas, e descrições precisas acerca do que investigação significa para a educação em ciências parecem ser tão variadas quanto as metodologias investigativas¹ “A investigação científica se refere às características dos processos por meio dos quais o conhecimento científico é desenvolvido, incluindo as convenções envolvidas no desenvolvimento, aceitação e utilidade do conhecimento científico”². O NSES (National Sciences Education Standards, em português Padrões Nacionais para o Ensino de Ciências) afirma³:

[A investigação] envolve realizar observações; colocar questionamentos; examinar livros e outras fontes de informações para saber o que já é conhecido; planejar investigações; revisar o que já é sabido à luz de evidências experimentais; utilizar ferramentas para coletar, analisar e interpretar dados; propor respostas, explicações e previsões; e comunicar os resultados. A investigação requer identificação de assunções, o uso do pensamento lógico e crítico, bem como a consideração de explicações alternativas.

Nós revisitamos os elementos comuns em **documentos oficiais** e identificamos alguns aspectos adicionais dessa base literária para servir como edificação para o questionário VASI. Especificamente, os estudantes devem desenvolver noções informadas sobre os seguintes aspectos de **Investigação Científica** (IC):

1. Investigações científicas se iniciam com um questionamento e não necessariamente testam uma hipótese;
2. Não existe um conjunto único de passos os quais são seguidos em qualquer instância investigativa (*e.g.*, não há um método científico);

Para entender melhor

A **Natureza da Ciência** se refere a como vocês se entendem, aprendem e explicam o mundo utilizando o conhecimento científico. Sendo assim, a **NdC** tem ligação direta com os produtos das investigações científicas.

Documentos oficiais são, de maneira geral, produções textuais as quais são confeccionadas por organizações ou entidades pertencentes ou relacionadas ao governo. No caso do texto aqui, um exemplo é o **NSES**, um documento oficial estadunidense feito pelo **NRC** (National Research Council, ou Conselho Nacional de Pesquisa), uma organização científica que trabalha junto ao governo. Um exemplo nacional se trata dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), os quais são produzidos pelo **MEC** Ministério da Educação.

⁵⁰ OBS: Este texto é um fragmento do artigo original, o qual foi adaptado e modificado para fins pedagógicos. O texto original publicado pode ser encontrado em: Lederman, J. S.; Lederman, N. G.; BARTOS, S. A.; BARTELS, S. L.; MEYER, A. A.; SCHWARTZ, R. S. Meaningful Assessment of Learners' Understandings About Scientific Inquiry—The Views About Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 51, n. 1, p. 65-83, 2014.

3. Os procedimentos investigativos são guiados pela questão de pesquisa;
4. Cientistas realizando os mesmos procedimentos podem ou não obter os mesmos resultados;
5. Os procedimentos investigativos podem influenciar os resultados;
6. As conclusões da pesquisa devem ser consistentes com os dados coletados;
7. Dados científicos não são iguais à evidência científica;
8. Explicações são desenvolvidas a partir de uma combinação de dados coletados e o que já é sabido.

Não se deve presumir que a conceituação específica do construto representado pelos oito aspectos de IC possui a intenção de ser a única.

1. Investigações científicas se iniciam com um questionamento e não necessariamente testam uma hipótese

É válido pensar que observações criam interesse antes mesmo de uma questão existir, e isso faz parte da ciência. Contudo, é importante distinguir ciência de simplesmente andar pelo mundo realizando observações. Em outras palavras, assistir um jogo de futebol não é fazer ciência. Este exato problema é o que impede, no profundo dos estudantes, dos mesmos serem capazes de realizar uma pergunta científica válida. Eles precisam possuir um conhecimento específico que se corrobora com algum padrão curioso ou questão pertinente. Essa é a prática observada em investigações científicas e em pesquisas de qualquer área do conhecimento. Não é possível negar a importância de observar o mundo, mas observar o mundo sem um parâmetro para guiar suas observações não é ciência.

Além disso, “investigações científicas envolvem realizar e responder perguntas e comparar a resposta com aquilo que os cientistas já sabem sobre o mundo”⁴. Para investigações científicas “começarem” é necessário que haja uma questão sobre o mundo e como ele funciona. Apesar dessas questões possuírem múltiplas origens (e.g. curiosidade sobre o mundo, uma resposta para uma predição de uma teoria), em congruência com a visão posta no NGSS, os estudantes precisam entender que, de maneira geral, a ciência começa com questões ou perguntas.

Diferentemente do que é prescrito pelo método científico, todas as investigações não necessariamente precisam formalmente propor uma **hipótese** de trabalho. Apesar dos **desenhos experimentais tradicionais** tipicamente incluir uma hipótese, tal hipótese não é

Para entender Melhor

O termo **Investigações Científicas** se refere ao conjunto de práticas e procedimentos realizados por cientistas enquanto desempenham seu trabalho enquanto agente da ciência. Algumas dessas práticas são a *realização de observações, planejamento de atividades, coleta análise e interpretação de dados, dentre outros.*

Uma **hipótese**, em seu sentido dicionarizado, se trata de uma possibilidade que é considerada válida antes de ser confirmada. *No contexto científico, porém, o entendimento mais comum é que uma hipótese se trata de uma proposição inicial a partir da qual podemos comprovar ou demonstrar algo.*

Os **desenhos experimentais tradicionais** se referem a um padrão de desenho para atividades experimentais didáticas. Algumas características deste padrão é a existência de uma sequência de passos fixa e extensamente detalhada dos procedimentos experimentais, sendo que tais passos culminam em um *resultado esperado* pré-determinado, o qual costuma ser empregado como parâmetro de avaliação da aprendizagem.

necessária ou não é típica em outros desenhos de pesquisa científicos mais descritivos.

2. *Não existe um conjunto único de passos os quais são seguidos em qualquer instância investigativa*

Mesmo quando não é falado explicitamente, atividades de ciência na escola costumam se parecer com o **método científico** por conta de uma dependência exacerbada nos procedimentos experimentais. Claramente, existem outras maneiras que cientistas realizam investigações, como por exemplo a observação de fenômenos naturais. O campo da astronomia depende fortemente da coleta de dados, realização de inferências e desenvolver conhecimento científico e não segue o método científico, com pesquisas descritivas e correlacionais como dois dos exemplos mais proeminentes.

Os estudantes precisam desenvolver não apenas um entendimento acerca da variedade de metodologias de pesquisas empregadas através e ao longo dos domínios da ciência, mas que, de forma geral, “cientistas utilizam diferentes tipos de investigações dependendo das questões que eles estão tentando responder”⁴. Tal fala é suportada pela Estrutura para o **Ensino de Ciências K-12**⁵, que afirma: “os estudantes deveriam ter a oportunidade de planejar e realizar diversos tipos de investigações...” (p. 61), incluindo “experimentos em laboratório” e “observações de campo”.

3. *Os procedimentos investigativos são guiados pela questão de pesquisa*

Apesar de cientistas poderem delinear procedimentos diferentes para responder uma mesma questão de pesquisa, tais procedimentos invariavelmente devem ser capazes de responder à questão proposta. Os procedimentos implicados pelo método científico (e.g. desenho experimental) nem sempre são abordagens sustentáveis para responder certas questões como, por exemplo, “quando o controle de certas condições não é factível (como por exemplo no estudo de estrelas) ou não ético (como no estudo de pessoas) ou com grande probabilidade de ocasionar distorções nos fenômenos naturais (como no estudo de animais em cativeiro)”⁶.

Similar ao aspecto de Investigação Científica mencionado previamente, os estudantes necessitam entender a necessidade deste alinhamento entre questão e metodologia de pesquisa, no qual o primeiro (a questão) dirige e inevitavelmente determina o último (a metodologia de pesquisa). Em geral, os estudantes devem entender que a questão de pesquisa é quem governa a abordagem, com as abordagens diferenciando-se tanto dentro como fora de

Para entender melhor

O **método científico** se refere a um conjunto de procedimentos de pesquisa padronizado e único, os quais todos os cientistas, em princípio, seguem em suas investigações. *Tal entendimento, contudo, é completamente equivocado pois os procedimentos e protocolos de pesquisa possuem uma gama enorme de variações e possibilidades tanto dentro de uma mesma área do conhecimento (por exemplo, química orgânica e ensino de química) como entre áreas distintas (por exemplo entre a Química e a Astronomia).*

A seriação escolar nos Estados Unidos é um pouco diferente da brasileira. O que eles chamam de **K-12** é bastante similar ao percurso do Ensino Infantil até o 9º Ano do Ensino Fundamental.

determinados campos e disciplinas científicas⁷. Além disso, a metodologia de investigação deve ser adequada para prover uma resposta para a questão a ser respondida. Tal objetivo é reconhecido também pelo NGSS, o qual enfatiza que os estudantes devem ser capazes de “planejar um curso de ações que irão prover evidências para sustentar suas conclusões”.

4. Cientistas realizando os mesmos procedimentos podem ou não obter os mesmos resultados

Os estudantes precisam entender que os dados científicos não possuem significado intrínseco, podendo ser interpretados de diversas maneiras, e que “cientistas podem legitimamente chegar a diferentes interpretações do mesmo conjunto de dados”⁸. Dessa maneira, cientistas que trabalham em questões parecidas e seguem procedimentos parecidos podem chegar a diferentes conclusões. Isso é devido, em parte, a estruturas teóricas particulares do cientista, como por exemplo, o que ele ou ela considera como evidência, e como dados “fora da curva” são tratados. Da mesma maneira, conforme os estudantes engajam na prática científica de análise e interpretação de dados e crítica do trabalho de seus pares, um entendimento da natureza subjetiva deste processo pode ser explicitado.

5. Os procedimentos investigativos podem influenciar os resultados

O procedimento elencado para uma investigação científica inevitavelmente influenciará seu desfecho. A operacionalização de variáveis, os métodos de coleta de dados e como as variáveis são medidas e analisadas influenciam diretamente as conclusões obtidas pelo pesquisador. Por exemplo, uma **investigação** típica em uma atividade experimental de Biologia do Ensino Médio examina células da raiz de uma planta para identificar células em diversos estágios da mitose. Os procedimentos que os estudantes utilizam definitivamente influenciarão no tipo de dado que será coletado, e, portanto, afeta as conclusões que eles irão compor. Generalizando, ao longo da história da ciência, os avanços tecnológicos impactaram as práticas dos cientistas, os resultados de suas pesquisas, e o conhecimento produzido. Nosso entendimento da estrutura do núcleo atômico é apenas um dos exemplos que ilustram como nosso conhecimento é alterado como função dos procedimentos investigativos utilizados.

Como uma das oito práticas científicas enfatizadas pelo NGSS, os estudantes devem não apenas serem adeptos em analisar e interpretar dados, mas também serem capazes de comparar os resultados obtidos a partir de diferentes conjuntos de dados obtidos por uma variedade de metodologias. Dessa maneira, eles devem desenvolver um

Para entender melhor

A palavra **investigação**, por si só, é entendida como uma busca, inquérito ou análise detalhada, rigorosa com o fim de apurar um fato ou fenômeno de interesse. *Compare esta definição com a definição de Investigação Científica e comente com seus colegas o que elas possuem em comum e em que são diferentes.*

Uma **alegação** se trata de um tipo de argumentação a qual é feita em apoio de uma ideia ou tese defendida. Um exemplo de alegação é, por exemplo, a de que a vacina CoronaVac seria eficaz contra o vírus Sars-CoV-2. Tal alegação foi fortalecida e se tornou um fato científico após a vacina passar e ser aprovada por todos os testes clínicos.

entendimento da conexão lógica entre a metodologia de investigação, os procedimentos específicos de tal investigação, os dados coletados e, por fim, as conclusões traçadas.

6. *As conclusões da pesquisa devem ser consistentes com os dados coletados*

Cada conclusão de pesquisa deve ser sustentada com evidências provenientes dos dados coletados. Os estudantes necessitam entender que a força de uma alegação científica é proporcional a força da evidência que lhe suporta. A validade das **alegações** é posteriormente fortalecida com o alinhamento da metodologia de pesquisa com a questão de pesquisa. Em decorrência disso, as alegações precisam possuir correlação com os dados coletados. O conhecimento científico é baseado empiricamente, logo, quaisquer explicações que são ancoradas em dados facilitam o desenvolvimento de explicações pelos cientistas.

Considere o caso relativamente incomum de fármacos cujos dados de testes clínicos, os quais emergem depois de sua aprovação, exibem correlações questionáveis com efeitos adversos mais sérios do que aqueles reportados previamente. Apesar das alegações sobre a segurança de tais fármacos serem embasadas até certo ponto pelos estudos clínicos, tendências nos dados coletados nestes estudos sugerem que problemas sérios podem não ter sido refletidos. As conclusões para esse tipo de situação são então inconsistentes com os dados e tais inconsistências, para esse tipo específico de caso (e muitos outros) possuem implicações seríssimas para os consumidores.

Conforme comunicado pelo NGSS, é esperado pelos estudantes que eles sejam capazes de construir explicações sustentadas empiricamente e que possam engajar em argumentações com base em evidências. Assim, é importante que os estudantes entendam que os princípios de seus explicações e argumentos devem ser consistentes, bem como a percepção que tais explicações e argumentos produto direto dos dados coletados.

7. *Dados científicos não são iguais a evidências científicas*

Dados e evidências servem diferentes propósitos em uma investigação científica. Dados são observações coletadas pelo cientista ao longo de uma investigação, e possuem diversas formas de apresentação (*e.g.* números, descrições, fotografias, áudio, amostras físicas etc.). Evidências, em contraste, são um produto de procedimentos de análise de dados e sua subsequente interpretação, e são diretamente relacionadas a uma questão e uma alegação específica.

Observações sobre a órbita de Marte ao redor do Sol, por si só são, de maneira simplificada, um exemplo de dado científico. Quando tais observações são realizadas com o fim de tentar validar a Teoria Geral da Relatividade de Einstein, elas constituem evidência a qual pode sustentar ou se opor a tal teoria. É necessário que os estudantes entendam a diferença entre dados e evidências e que sejam capazes de descrever como a interpretação de dados (*e.g.* o uso de dados como evidência) como uma potencial fonte de *parcialidade*. Tal entendimento é congruente como a afirmação do NGSS⁹:

Ser um consumidor crítico de informações sobre ciência e engenharia requer a habilidade de ler ou visualizar relatórios de avanços tecnológicos ou científicos ou aplicações (sejam eles encontrados na mídia, internet ou em uma conferência pública da cidade em que mora) e reconhecer as ideias salientes, identificar as fontes de erros e falhas metodológicas, *distinguir observações de inferências, argumentos de explicações, e alegações de evidências.*

8. *Explicações são desenvolvidas a partir de uma combinação de dados coletados e o que já é sabido*

“Cientistas se esforçam na tentativa de racionalizar observações de fenômenos ao construir explicações as quais utilizam ou são consistentes com os princípios da ciência da atualidade”⁶. Dessa maneira, as investigações são guiadas pelo conhecimento atual da temática envolvida, e as conclusões, apesar de serem derivadas de dados empíricos, são reforçadas por investigações antecedentes e o conhecimento científico estabelecido. Os estudantes engajados em práticas consistentes com o NGSS precisam possuir tal entendimento. Além disso, eles também precisam entender que cientistas devem reconhecer quando conclusões bem suportadas diferem do conhecimento científico aceito, ou possuem “poder de explicação dos fenômenos estudados maior do que teorias antecedentes”⁵. Cientistas então são confrontados com a determinação sobre como tais descobertas devem ser entendidas à face do que já é estabelecido pela ciência. Considere, por exemplo, quando paleontologistas desenterram ossos de dinossauros. Estes ossos não são encontrados em um esqueleto perfeito. Em verdade, os ossos diversas vezes sequer são encontrados inteiros, mas em pedaços. Os cientistas devem então utilizar o que já sabem sobre esqueletos de dinossauros em conjunto com os dados novos (os ossos recém desenterrados) para construir o esqueleto, enquanto permanecem alertas acerca da possibilidade real de ocorrerem inconsistências com o conhecimento atual.

Referências

1. Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. *In*: Minstrell J.& van Zee E.(Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
2. Schwartz, R. S. (2004). Epistemological views in authentic science practices: A cross-discipline comparison of scientists' views of nature of science and scientific inquiry (unpublished doctoral dissertation). Oregon State University, Corvallis, Oregon.
3. National Research Council [NRC]. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.
4. National Research Council [NRC]. (2000). Inquiry and the national science education standards. Washington, DC: National Academy Press.
5. National Research Council [NRC]. (2011). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academy Press.
6. American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1990). Science for all Americans: Project 2061. New York: Oxford University Press.
7. Lederman, N. G., Antink, A., & Bartos, S. (2012). Nature of science, scientific inquiry, and socioscientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. *Science & Education*, doi: 10.1007/s11191-012-9503-3.
8. Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
9. Achieve, Inc., on behalf of the twenty-six states and partners that collaborated on the NGSS (2013). Next generation science standards. Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/nextgeneration-science-standards>.

Apêndice C: Formulário De Proposição De Hipóteses E Procedimentos Experimentais

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química	Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura		
Componente Curricular:	Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1		
Ano /Semestre:	1º	N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(eis):		Vagner Antônio Moralles			
Sequência Didática:					
Atividade:					
Data:					
Nomes completos dos integrantes do grupo					

FORMULÁRIO DE PROPOSIÇÃO DE HIPÓTESES E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- 1) Converse com seus parceiros de grupo e discutam, com base em seus próprios conhecimentos, na literatura disponibilizada e suas próprias anotações como resolver o problema proposto **COM RESPEITO AO CONTEÚDO ESPECÍFICO DA SEQUÊNCIA**. Para isso, elenquem hipóteses explicativas, ideias emergentes, bem como os conceitos e conhecimentos químicos que vocês entendem que estão relacionados ao problema.
- 2) Utilizem também este documento para relacionarem os reagentes, vidraria, equipamentos de laboratório e procedimentos a serem realizados antes de serem confirmados. Quando finalizarem esta etapa, levem a relação de reagentes, vidrarias, equipamentos e procedimentos para o professor ou seus auxiliares para que eles analisem a proposta do seu grupo e verifiquem se vocês podem proceder com a parte experimental.
- 3) Caso a proposta do grupo de vocês seja vetada, peça ao responsável para ele descrever o motivo do veto caso ele não comente. Anotem o(s) motivo(s) e trabalhem em uma nova proposta que se adeque ao(s) quesito(s) elencado(s).

OBSERVAÇÃO 1: Toda e qualquer obra/fonte consultada deve ser referenciada ao final do documento.

OBSERVAÇÃO 2: Caso utilizem todo o espaço disponível na frente do documento, podem utilizar o verso. Se ainda não for o suficiente, solicite ao docente mais folhas.

OBSERVAÇÃO 3: Não rabisquem ou inutilizem folhas de maneira despropositada. Caso o seu grupo não utilize todas as folhas disponibilizadas, preserve as folhas excedentes pois as mesmas poderão ser utilizadas para atividades posteriores.

Levantamento de hipóteses e rascunhos do procedimento experimental

Apêndice D: Modelo para a Proposta De Procedimento Experimental

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química		Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura	
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:	1º	N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(eis):		Vagner Antônio Moralles			
Sequência Didática:					
Atividade:					
Data:					
Nomes completos dos integrantes do grupo					

PROPOSTA DE PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Neste documento vocês devem, após a aprovação do docente responsável ou docentes auxiliares, descrever o procedimento experimental em detalhe. Ou seja, comentem quais vidrarias e reagentes serão utilizados, bem como quais procedimentos experimentais serão realizados. Tentem organizar e descrever tais aspectos da melhor maneira possível.

OBSERVAÇÃO 1: Caso utilizem todo o espaço disponível na frente do documento, podem utilizar o verso. Se ainda não for o suficiente, solicite ao docente mais folhas.

OBSERVAÇÃO 2: Não rabisquem ou inutilizem folhas de maneira despropositada. Caso o seu grupo não utilize todas as folhas disponibilizadas, preserve as folhas excedentes pois as mesmas podem ser utilizadas para outra atividade.

Proposta de Procedimento Experimental

Apêndice E: Roteiro Para Condução Do Grupo Focal

ROTEIRO PARA CONDUÇÃO DE GRUPO FOCAL

(Vrs02 - Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz - 06.Dez.22)

Ação	Questões	
	Sigla	Enunciado
Apresentação	Abertura	Boa noite, pessoal. Este grupo focal faz parte do rol de momentos de coleta de dados da minha pesquisa de doutorado, a qual vocês aceitaram participar conforme firmado em Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Para lembrar, todos os dados que eu coletar de vocês e porventura utilizar na minha tese serão completamente anonimizados. Suas respostas não serão, de maneira nenhuma, reproduzidas em qualquer outra ocasião exceto quando da análise dos dados da minha pesquisa. Dito isto, a intenção deste Grupo Focal é obter impressões pessoais, subjetivas de vocês acerca do que aconteceu ao longo da intervenção. Portanto, eu quero que vocês se sintam completamente à vontade para comentar absolutamente qualquer coisa, da forma como quiserem.
	QAq	Após vocês lerem e relembrem suas respostas aos questionamentos sobre NiC da sequência de (NOME DA SEI), vocês concordam totalmente com as respostas que vocês escreveram ou há alguma coisa que vocês pensam diferente atualmente? <u>(CONTEMPLA Bachelard E NIC)</u>
	QD	Vocês conseguem pensar em algum momento da prática 2 que foi importante para vocês refletirem sobre como cientistas trabalham? <u>(CONTEMPLA Bachelard E NIC)</u> <u>E na prática 3?</u>
Questões de Aprofundamento	QA1	<u>Gostaria que vocês lembrassem como foi o processo de resolução dos problemas propostos na prática 2 de (NOME DA SEI). (CONTEMPLA Bachelard E NIC). Lembraram?</u> 1. <u>Qual foi o norte de vocês para resolver os problemas (debate, a literatura, as conversas com os docentes)?</u> 2. <u>E na prática 3?</u>
	QA2	Dos variados aspectos trabalhados em atividades investigativas (e.g. trabalho em grupo, resolução de problemas, elaboração de hipóteses e procedimentos etc.) quais vocês pensam que foram os mais importantes nesta SEI? Por quê? <u>(CONTEMPLA Bachelard)</u>
	QA3	Vocês têm algo mais a comentar os acrescentar neste bloco?
Finalização do GF	QF	Vocês pensam que houve um amadurecimento na postura, na maneira de pensar e de agir no laboratório ao longo da intervenção? Aqui vocês podem compartilhar o que quiserem a respeito da intervenção.

Apêndice F: Roteiro Experimental De Termoquímica 2

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS	
				Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química		Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura	
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:	2	N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego / Vagner Antonio Morales			
Sequência Didática:		Termoquímica			
Atividade:		Curva de resfriamento/aquecimento e identificação de substâncias e misturas			

A. Equipamentos e reagentes necessários

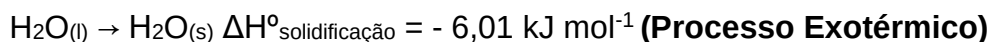
- Tubo de vidro com camisa térmica
- Béquer de 500 mL
- Suporte universal com garra
- Gelo
- Termômetro digital
- Água Destilada

B. Alicerces Teóricos

A matéria existe em três estados físicos principais – sólido, líquido e gasoso – e as substâncias sofrem transformações físicas, químicas e físico-químicas de acordo com a temperatura, pressão e volume na qual se encontram. Mudanças de fase são transformações físico-químicas que ocorrem quando energia, geralmente sob a forma de calor, é fornecida ou retirada de uma substância (CHANG, GOLDSBY, 2013; PILLA, 2010).

Ao receber calor, uma substância pura pode sofrer variação de temperatura ou sofrer transição de fase. Pela perspectiva do modelo cinético-molecular, é necessário que as partículas de uma substância pura tenham uma velocidade (ou energia) mínima para romper interações intermoleculares ou interatômicas e, assim, sofrer mudança de fase (PILLA, 2010).

Entalpias de fusão, vaporização e sublimação são calores latentes - ou seja, processos de mudança de fase que não envolvem variação de temperatura - sendo medidos nos pontos fixos de temperatura de mudança de fase. Uma variação de entalpia está associada a cada uma dessas transformações, ou seja, uma quantidade de energia necessária para que a transformação ocorra:



Por outro lado, misturas de substâncias possuem um comportamento térmico diferente das substâncias puras. Enquanto os processos de mudança de fase para substâncias puras ocorrem a temperatura constante (patamares), as transições de fase para as misturas se processam ao mesmo tempo em que se verifica uma variação contínua da temperatura (faixas). Nesse caso, parte da energia é utilizada para romper as interações intermoleculares de um componente da mistura (calor latente), e outra parte da energia é utilizada para aumentar a velocidade das partículas do outro componente (calor sensível) (MORTIMER, 2013; PILLA, 2010).

C. Objetivos de aprendizagem

Conceitos Químicos: Analisar duas amostras de substâncias desconhecidas, diferenciando-as em substância pura ou mistura por meio de técnicas adequadas de caracterização.

Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Entender a diferença entre atividades verificativas e investigativas, interpretando ações desenvolvidas em duas atividades experimentais diferentes.

Entender a relação entre dados empíricos coletados e conclusões teóricas levantadas, explicando proposições e articulações feitas pelo grupo durante a atividade experimental.

D. Problema

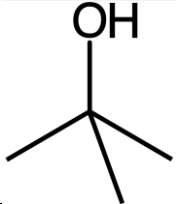
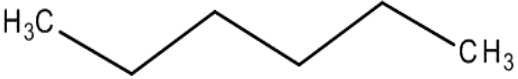
Vocês são pesquisadores em uma indústria de solventes orgânicos os quais trabalham com purificação de substâncias químicas, como álcool terc-butílico e hexano. Ao chegar no trabalho, vocês se deparam com um comunicado do grupo de trabalho do turno anterior: “Boa noite, estes frascos não identificados foram encontrados na prateleira do estagiário do grupo de trabalho de vocês. Separei os frascos para que o devido encaminhamento seja feito.”

Normalmente, o conteúdo seria descartado como resíduo químico, entretanto, em virtude da grande quantidade de líquidos contidos nos frascos, a identificação dos conteúdos se faz necessária para que o descarte seja realizado adequadamente.

Sendo assim, você convoca seu estagiário para trabalharem juntos na identificação dos frascos. O estagiário informa que um dos frascos continha uma substância pura, mas ele não se recorda se era hexano ou álcool terc-butílico, e o outro frasco continha uma mistura entre essas duas substâncias.

Problema: O grupo de trabalho de vocês precisa elaborar um procedimento experimental que permita identificar o conteúdo de cada um dos frascos.

Quadro 1. Informações sobre o álcool terc-butílico e hexano.

Álcool terc-butílico 	Hexano 
Inflamabilidade  Riscos à saúde Reatividade Riscos específicos	Inflamabilidade  Riscos à saúde Reatividade Riscos específicos

E. Material de Estudo

ATKINS, P.; LORETTA, J. Termodinâmica: A Primeira Lei. *In: Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente.* 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 7, p. 259 - 261.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Propriedades físicas das soluções. *In: Química.* 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 12, p. 522 - 528.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas. *In: Química.* 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. Cap. 2, p. 73 - 82.

F. Referências Bibliográficas

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Termoquímica. *In: Química.* 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 6, p 230 - 275.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas. *In: Química.* 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. Cap. 2, p. 56 - 123.

PILLA, L. **Físico-Química I: Termodinâmica química e equilíbrio químico.** 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010.

G. Refletindo – Parte 1

1. Utilizando seus dados, elabore uma representação gráfica (tempo x temperatura) e justifique qual frasco continha uma substância pura e qual continha uma mistura de substâncias.
2. Com base nas observações experimentais, discuta qual a diferença entre *calor sensível* e *calor latente*. Indique no gráfico a região que envolve o calor sensível e a região que envolve o calor latente.

H. Refletindo – Parte 2

A atividade experimental realizada por vocês hoje foi um pouco diferente das demais. Sobre isso, respondam as perguntas a seguir:

1. Quais são as principais diferenças observadas por vocês nessa atividade que a distingue das anteriores?
2. A atividade de hoje é chamada, de acordo com a literatura da área de ensino de ciências, como *Atividade Investigativa*. Houve um teste de hipóteses ou a procura pela resposta de um problema? Justifiquem a resposta. (A1)
3. Descreva como a resposta que seu grupo construiu se relaciona com os dados coletados. Existe uma relação de dependência? (A6)

Apêndice G: Roteiro Experimental De Termoquímica 3

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS	
				Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química		Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura	
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:	2º	N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego / <u>Vagner Antonio Moralles</u>			
Sequência Didática:		Termoquímica			
Atividade:		Desenvolvimento de dispositivos de aquecimento e resfriamento			

A. Objetivos de Aprendizagem

Conceitos Químicos: Criar dispositivos de aquecimento e resfriamento de emergência, planejando um procedimento experimental para avaliar a variação de energia envolvida na dissolução de diferentes sais.

Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Entender a inconsistência da ideia de método científico, as relações entre problema de pesquisa, protocolos de resolução e dados obtidos, comparando as diferentes propostas de procedimentos experimentais sugeridas para resolução do problema.

B. Problema (IMPORTANTE: Delimitem a discussão de hipóteses e elaboração de procedimento aos conteúdos específicos da sequência)

Dispositivos de aquecimento de emergência são utilizados por pessoas que trabalham em locais frios para evitar o congelamento das mãos. Casos graves podem levar à amputação, então estes dispositivos são utilizados para aquecer rapidamente as mãos quando elas atingem um determinado limiar de temperatura.

Dispositivos de resfriamento de emergência são utilizados como primeiros socorros em alguns casos específicos que envolvem danos cerebrais, como acidentes de motocicletas ou em bebês recém-nascidos com falta de oxigenação no cérebro. Estes dispositivos reduzem a circulação sanguínea no cérebro e, assim, reduzem a pressão intracraniana (a qual pode causar danos cerebrais) e a formação de edemas, ou seja, podem minimizar o desenvolvimento e a gravidade de lesões neurológicas.

Ambos os dispositivos de emergência possuem diversos formatos, mas iremos trabalhar com dispositivos voltados para o aquecimento/resfriamento de água pela dissolução de sais. Imagine uma bolsa com dois compartimentos separados: um contendo água destilada e outro contendo algum sal puro. Ao acionar o dispositivo

de emergência, a barreira que separa os compartimentos é quebrada, permitindo a mistura do sal em água.

Problema: Vocês são químicos que trabalham em uma indústria produtora de dispositivos de emergência. *Seu chefe solicitou a sua equipe para desenvolver dispositivos de aquecimento de emergência e, também, dispositivos de resfriamento de emergência mais eficientes.*

Dispositivos eficientes são compactos, baratos e capazes de maiores efeitos térmicos de aquecimento ou resfriamento. A sua equipe deverá elaborar um procedimento experimental para determinar qual sal seria mais eficaz para compor o dispositivo de aquecimento e qual sal seria mais eficaz para compor o dispositivo de resfriamento.

Ele te entrega uma lista do inventário da indústria:

- Cloreto de Cálcio (CaCl_2)	- Cloreto de Potássio (KCl)
- Cloreto de Sódio (NaCl)	- Bicarbonato de sódio (NaHCO_3)
- Carbonato de sódio (Na_2CO_3)	- Sulfato de Zinco (ZnSO_4)
- Nitrato de Amônio (NH_4NO_3)	

C. Refletindo – Parte 1

1. Explique quimicamente quais fatores foram considerados pelo seu grupo na escolha do sal mais eficiente para compor o dispositivo de aquecimento.
2. Explique quimicamente quais fatores foram considerados pelo seu grupo na sua escolha do sal mais eficiente para compor o dispositivo de resfriamento.
3. Durante o processo de dissolução, de que modo a quantidade de massa dos sais influenciou no efeito térmico produzido?

D. Refletindo – Parte 2

1. De que maneira o problema a ser resolvido influenciou o procedimento experimental concebido por vocês? Expliquem em detalhe e especificando como certos aspectos do problema influenciaram etapas do procedimento. (A2 A3)
2. Conversem com o grupo adjacente à sua bancada sobre o protocolo experimental e compartilhem como foi o procedimento experimental que vocês conceberam. Eles são diferentes? E os resultados, também foram diferentes? Como vocês explicam as diferenças? (A4 A5)

E. Referências para Estudo

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Propriedades físicas das soluções. *In: Química*. 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 6, p. 260 - 274.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Propriedades físicas das soluções. *In: Química*. 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 12, p. 522 - 528.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Termoquímica: energia nas mudanças de estado físico e nas transformações químicas. *In: Química*. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. Cap. 2, p. 73 - 82.

Apêndice H: Roteiro
Experimental De Cinética
Química 1

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS	
				Araraquara	
Curso:		Modalidade de:			
Componente Curricular:	Laboratório de Ensino de Química Geral			Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:		N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	
Professor(es) responsável(eis):	Amadeu Moura Bego				
Sequência Didática:	Princípios estequiométricos				
Atividade:	Cinética Química – Parte II				

A) Utensílios e reagentes necessários

- Cronômetro
- 1 proveta de 25 mL
- 1 proveta de 10 mL
- 5 béqueres de 100 mL
- 1 bagueta
- Solução de tiosulfato de sódio 0,3 mol.L⁻¹
- Solução de ácido clorídrico 2,0 mol.L⁻¹

B) Alicerces Teóricos

Cinética vem do grego *kinetiké* que significa movimento. A cinética química é o ramo da química que estuda a rapidez das reações químicas e os fatores que a influenciam. A velocidade de uma reação é uma grandeza que indica como as quantidades de reagentes e produtos variam com o passar do tempo.

O estudo da velocidade das reações químicas ocupa destaque dentro da pesquisa científica em diversas áreas distintas, por exemplo: A indústria de alimentos busca cada vez mais desenvolver conservantes para retardar os processos de degradação dos alimentos; A indústria de cosméticos que tenta diminuir a velocidade de envelhecimento da pele; Indústrias que utilizam matéria-prima proveniente das siderúrgicas almejam desenvolver novas formas de proteção das superfícies metálicas.

C) Objetivos de aprendizagem

Conteúdos Químicos: Aplicar os conceitos relacionados à velocidade de uma reação, executando os cálculos necessários para obter a ordem de reação.

Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Entender como os procedimentos experimentais e suas especificidades (reagentes, equipamentos, vidrarias e etapas) influenciam nos dados coletados de um experimento,

comparando as atividades práticas desenvolvidas na Sequência de Ensino e Aprendizagem Investigativa (SEI) de termoquímica.

D) Procedimento Experimental

PARTE A: Determinação da ordem da reação em relação ao $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

1. Corte uma folha de sulfite em oito partes iguais. Faça um “X” em cada um dos pedaços com um canetão azul.
2. Numere 5 béqueres.
3. Para cada uma das combinações tabeladas, adicione em um béquer de 100 mL os volumes indicados, medidos com proveta.
4. Deixe o béquer sobre a tira de papel com o “X”. Adicione 5,0 mL de ácido clorídrico $2,0 \text{ mol.L}^{-1}$ e cronometre o tempo necessário para que não mais se enxergue o “X” no pedaço de papel, olhando o béquer de cima para baixo. Anote os valores obtidos para cada combinação na tabela abaixo:

Combinação	Volume / mL		Tempo
	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 0,30 mol.L ⁻¹ 1	H ₂ O	
1	25,0	-	
2	20,0	5,0	
3	15,0	10,0	
4	7,5	17,5	
5	5,0	20,0	

PARTE B: Determinação da ordem da reação em relação ao H^+

1. Numere 3 béqueres.
2. Para cada uma das combinações tabeladas, adicione em um béquer de 100 mL os volumes indicados, medidos com proveta.
3. Deixe o béquer sobre a tira de papel com o “X”. Adicione 20,0 mL da solução de tiosulfato de sódio $0,3 \text{ mol.L}^{-1}$ e cronometre o tempo necessário para que não mais se enxergue o “X” no pedaço de papel, olhando o béquer de cima para baixo. Anote os valores obtidos para cada combinação na tabela abaixo:

Combinação	Volume / mL		Tempo
	HCl $2,0 \text{ mol.L}^{-1}$	H ₂ O	
1	10,0	-	
2	7,0	3,0	
3	5,0	5,0	

E) Refletindo – Parte 1

1. Trace um gráfico com os dados obtidos na PARTE A. Qual a ordem da reação em relação ao $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$?
2. Trace um gráfico com os dados obtidos na PARTE B. Qual a ordem da reação em relação ao H^+ ?
3. Escreva a equação de velocidade da reação.

F) Refletindo – Parte 2

4. Como vocês entendem que os procedimentos experimentais e suas especificidades (reagentes, equipamentos e vidrarias, etapas) influenciam no resultado? Respondam com base na Sequência de Ensino Investigativa (SEI) de termoquímica que vocês acabaram de finalizar. (A5)
5. Nessa prática, é requerido que vocês coloquem um papel com um “X” marcado debaixo do béquer, e depois observem de cima para baixo. Vocês conseguem imaginar o motivo de tais prescrições? Agora suponham que tais orientações não existissem. Como vocês fariam para realizar o experimento? Não vale reproduzir as orientações do roteiro. (A2, A5, A6)

G) Referências Bibliográficas

ATKINS, P.; LORETTA, J. Cinética Química. *In: Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente.* 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 14, p. 561 - 580.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Cinética Química. *In: Química.* 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 13, p 564 - 588.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Cinética Química: controlando a velocidade das reações químicas. *In: Química.* 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. Cap. 3, p. 124 - 158.

Apêndice I: Roteiro
Experimental De Cinética
Química 2

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química				CAMPUS	
						Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química			Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura		
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral			Código disciplina: QI26064P1		
Ano /Semestre:	2	N. aulas semanais:		4	Área:	Química	
Total de horas:	120	Total de aulas:		144	Número professores:		02
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego / Vagner Antonio Morales					
Sequência Didática:		Cinética Química					
Atividade:		Cinética Química 2					

A. Alicerces Teóricos

A teoria das colisões diz que, em uma visão submicroscópica, as reações químicas se desenvolvem por meio de colisões efetivas entre moléculas, portanto, a velocidade da reação depende da quantidade de colisões e da energia com as quais as partículas se chocam para produzir choques efetivos. Não é qualquer colisão que gera uma reação química, ou seja, deve ocorrer uma colisão efetiva entre os reagentes para que estes se tornem produtos – deve ser uma colisão com energia suficiente para romper as ligações químicas dos reagentes e permitir a formação das ligações dos produtos a partir de um rearranjo diferente de átomos (ATKINS; JONES, 2010; MORTIMER, 2013).

Ao aumentar a quantidade de colisões, aumenta-se a quantidade de colisões efetivas e vice-versa. Como a variação da temperatura é uma medida indireta da energia cinética das partículas presentes em um meio reacional, essa é um fator determinante para a quantidade de colisões efetivas que ocorrem. Um aumento de temperatura é um reflexo do aumento da velocidade de translação das partículas que, conseqüentemente, causa maior quantidade de choques entre as espécies do meio, assim como uma maior quantidade de choques efetivos e vice-versa. Além disso, o aumento da temperatura também aumenta a energia transferida entre as partículas durante uma colisão, fator importante para o rompimento de ligações químicas – determinado pela energia de ativação da reação química em questão (ATKINS; JONES, 2010; CHANG; GOLDSBY, 2013). De maneira semelhante, o aumento da quantidade de reagentes disponíveis é um fator determinante que influencia a velocidade das reações químicas. Para aumentar a velocidade da reação, deve-se aumentar a concentração dos reagentes, ou seja, a quantidade de moléculas disponíveis por volume de solvente

(MORTIMER, 2013). Dessa forma, aumenta-se a probabilidade de choques efetivos que ocorrem em um determinado volume de um meio reacional.

Assim como a concentração dos reagentes influencia na velocidade da reação, o estado físico dos reagentes também influencia. É possível aumentar a velocidade de reações que envolvem sólidos ao aumentar sua superfície de contato, ou seja, reduzir as dimensões das partículas sólidas para aumentar a área de contato do sólido com outros reagentes e, assim, aumentar a quantidade de choques e a probabilidade de choques efetivos. Quanto menor forem as dimensões das partículas presentes no meio reacional, maior será a área superficial total exposta, o que permite um melhor contato a qualquer instante, resultando em reações mais rápidas (CHANG; GOLDSBY, 2013; MORTIMER, 2013).

B. Objetivos e Aprendizagem

Conceitos Químicos: Aplicar os conceitos de fatores cinéticos que alteram a velocidade de uma reação, executando procedimentos experimentais que permitam compará-los.

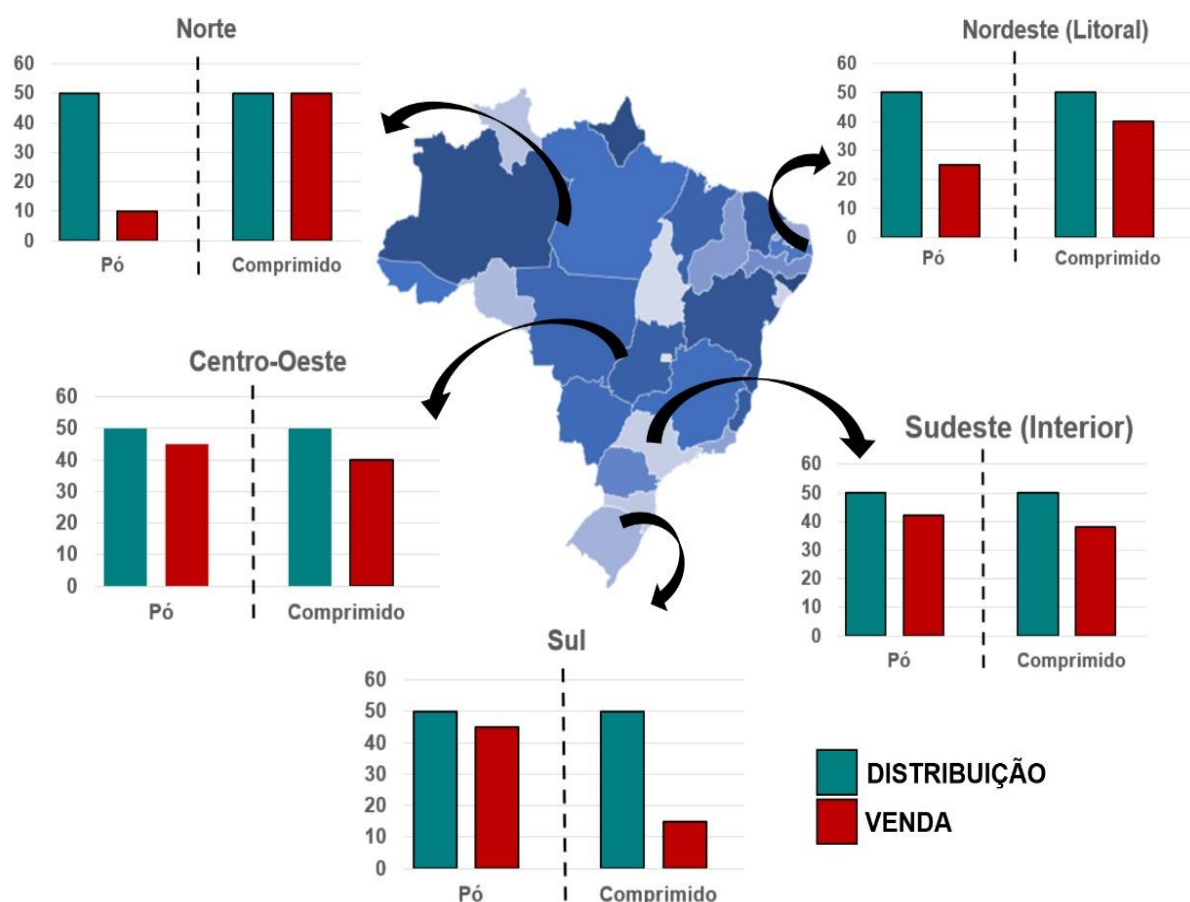
Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Analisar a situação problema proposta, diferenciando os conceitos de dado, evidência e influência do contexto nas investigações científicas.

C. Contexto e Problema (IMPORTANTE: Delimitem a discussão de hipóteses e elaboração de procedimento aos conteúdos específicos da sequência)

Contexto do Problema

Você e seu grupo são funcionários de uma empresa farmacêutica, no ramo de antiácidos, a qual atua em TODAS as regiões do Brasil. O antiácido é disponibilizado comercialmente no formato em pó ou em comprimidos, sendo que 50% da distribuição do medicamento é dada em formato de comprimido e a outra metade, em pó, ou seja, todas as regiões do Brasil recebem a mesma quantidade do medicamento em comprimido e em pó. Apesar da distribuição ser igualitária, as vendas não são iguais: cada região do Brasil possui um perfil de consumo diferente do antiácido em comprimido ou em pó, como visto na Figura 1.

Figura 1. Distribuição e venda nas diferentes regiões do país.



Fonte: Elaboração própria.

O setor financeiro da empresa, em sua análise, constatou que não há correlação entre a diferença de vendas observada entre os formatos de antiácido (comprimido ou em pó) e seus respectivos preços de mercado, pois ambas as formas são disponibilizadas aos clientes com preços muito semelhantes. O setor financeiro ainda lhe cede um banco de dados com as reclamações dos clientes, separadas por região, com o fim de tentar ajudá-los na compreensão da problemática. Algumas reclamações seguem abaixo:

Norte

Cliente 1: Comprei esse antiácido em pó e odiei. Em dois dias, já não dava mais para usar. Eu joguei na água e não aconteceu nada.

Cliente 2: Quando misturei o antiácido em pó na água, subiu um cheiro ruim que quase me fez desmaiar. Cheguei a ingerir um pouquinho, porque estava com muita azia, mas tive que jogar fora porque estava horroroso.

Sul

Cliente 1: Isso é muito ruim!! Pensa num remédio que não funciona. O comprimido demorou 2 anos pra dissolver. Quero devolver!

Cliente 2: Eu costumo ter um pouco de azia após tomar café, então sempre tenho antiácido em pó em casa pela praticidade. Mas dessa vez eu comprei o comprimido de vocês e me arrependi um pouco, porque a ação é muito lenta. Demora muito pra dissolver e isso me atrasa inteiro pela manhã.

Nordeste

Cliente 1: Comprei o antiácido em pó de vocês e não funcionou, fui obrigado a comprar o comprimido. Não sabia que a empresa de vocês era outra empresa farmacêutica que só visava lucro. Parabéns pela preocupação com o cliente.

Cliente 2: Boa noite, minha reclamação é sobre o antiácido vendido em pó. Quanto mais tempo ele fica guardado, menor é seu efeito. Quando joga em água não acontece nada. Fui prejudicado por isso várias vezes, então, agora só compro o comprimido. Tomem providências por favor!

Centro-Oeste

Cliente 1: Gastei dinheiro à toa!! Comprei o antiácido em comprimido e não funcionou, aí tive que gastar dinheiro de novo pra comprar em pó. Fui à farmácia duas vezes com a azia me estourando por dentro.

Cliente 2: Comprei a embalagem de sachê do antiácido (em pó), que promete alívio rápido e não teve efeito algum. Quando coloquei na água, não aconteceu nada.

Sudeste

Cliente 1: Um dia eu estava chegando de uma festa, morrendo de frio, mas com a barriga pegando fogo, e tive que esperar quase 5 minutos pro comprimido desmanchar. Prometem alívio rápido, mas não dá nem pra tomar, tem vezes que eu engulo o comprimido e pronto, pra não ter que esperar.

Cliente 2: Bom dia, fui tomar meu antiácido em pó e ele estava duro no pote. Vou dormir com mal-estar agora, estou indignada pois sempre me sinto bem após consumir seu produto e hoje a essas horas só me resta tentar dormir indisposta do estômago mesmo. O frasco de 100g pela metade vai ser jogado fora, isso porque ainda tem mais 3 meses de validade.

Problema

Com base nos dados de vendas e reclamações dos clientes, seu chefe convoca a sua equipe e pede o seguinte:

- ✓ Expliquem as diferenças de venda dos formatos de antiácido com base nas informações fornecidas, e com isso propor um plano de vendas para cada região (não mais fornecendo quantidades idênticas de cada versão do antiácido, como estava sendo feito).
- ✓ Seu chefe requisitou que suas explicações sejam fundamentadas em dados experimentais e apresentadas a um dos especialistas que foram enviados para lhes acompanhar ao longo do trabalho.

D. Equipamentos e Reagentes Disponíveis

- Antiácido em pó	- Água destilada
- Antiácido em comprimido	- Bico de Bunsen
- Vidrarias	- Banho de Gelo

E. Material de Estudo

ATKINS, P.; JONES, L. Cinética Química. *In: Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente.* 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 14, p. 561 - 595.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Cinética Química. *In: Química.* 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 13, p 564 - 601.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Cinética Química: controlando a velocidade das reações químicas. *In: Química.* 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. Cap. 3, p. 124 - 158.

F. Refletindo – Parte 1

1. Com base nas observações experimentais, explique como a superfície de contato influencia a velocidade de uma reação.
2. Com base nas observações experimentais, explique como a temperatura influencia a velocidade de uma reação.
3. Explique quimicamente como os fatores cinéticos de superfície de contato e de temperatura em conjunto afetam a cinética de ação do antiácido em comprimido. Em sua explicação, inclua uma comparação entre os dados de duas (ou mais) regiões.
4. Explique quimicamente como os fatores cinéticos de superfície de contato e de temperatura em conjunto afetam a cinética de ação do antiácido em pó. Em sua explicação, inclua uma comparação entre os dados de duas (ou mais) regiões.

G. Refletindo – Parte 2

5. Suponha que, ao invés de seu grupo analisar e tirar conclusões para cada região do Brasil, 5 grupos de estudo independentes fossem escolhidos para cada um analisar sobre o problema. Vocês pensam que o resultado (plano de vendas regional) seria o mesmo? Expliquem. (A4)
6. As reclamações emitidas pelos clientes foram úteis na compreensão dos motivos para as diferenças nas vendas? Tais reclamações são dados científicos, evidências científicas ou nenhum dos anteriores? Expliquem. (A7)

Apêndice J: Roteiro
Experimental De Cinética
Química 3

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS	
				Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química		Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura	
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:	2º	N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego / <u>Vagner Antonio Moralles</u>			
Sequência Didática:		Cinética Química			
Atividade:		Cinética Química 3			

A. Objetivos de Aprendizagem

Conteúdos Químicos: Avaliar qual substância é mais adequada para aumentar a velocidade de decomposição da água oxigenada, checando os diferentes catalisadores, por meio de dados teóricos e experimentais.

Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Avaliar as inter-relações entre investigação científica, procedimentos investigativos e problema de pesquisa, criticando as diferentes propostas de procedimentos investigativos sugeridas.

Aprofundamento dos entendimentos das relações entre investigação científica, procedimentos investigativos e problema de pesquisa.

B. Contexto e Problema (IMPORTANTE: Delimitem a discussão de hipóteses e elaboração de procedimento ao conteúdo específico da sequência)

Contexto Geral

Uma das tecnologias mais interessantes já desenvolvidas pelo homem na história recente certamente se trata da aviação, da capacidade de voar e transportar pessoas e cargas pelos ares com velocidades muito acima dos transportes terrestres. Tais feitos só foram factíveis por conta, principalmente, da nossa habilidade de criar sistemas de propulsão eficientes e potentes. Nas aeronaves comerciais, o sistema mais comum de propulsão é o turbojato, no qual um motor a jato realiza a maior parte do trabalho de propulsão da aeronave, utilizando-se da terceira lei de Newton para impulsionar a aeronave na direção oposta do jato produzido pelo motor. Um tipo específico do sistema de propulsão turbojato é o empregado em foguetes aeroespaciais, responsáveis pela árdua tarefa de levar cargas tripuladas ou não tripuladas ao espaço extraterrestre. Existem diversos tipos de sistemas propulsores para foguetes aeroespaciais, mas iremos focar em

um específico, que é o sistema de combustível líquido, cujo interior é representado de maneira simplificada na Figura 1.

Figura 1: Diagrama esquemático explicado de um foguete com sistema de combustível líquido.



Neste sistema, o combustível mais utilizado em foguetes aeroespaciais é o querosene (mistura de hidrocarbonetos de cadeia média), o qual é queimado na câmara de combustão na presença de oxigênio. O oxigênio liberado na câmara de combustão é oriundo da decomposição catalítica do agente oxidante, que em nosso caso, é a água oxigenada ou peróxido de hidrogênio (H_2O_2). No caso específico dos foguetes, utiliza-se uma solução de peróxido com elevada concentração, variando entre 70% até 98%.

Contexto do Problema

O seu grupo é a tripulação da primeira missão aeroespacial com intenções de montar uma base lunar. A missão de vocês seria de realizar o reconhecimento da área e obter todos os dados necessários para que estruturas e materiais necessários para a construção da base sejam levados. A viagem de ida é um grande sucesso, e vocês chegam ao solo lunar sem maiores complicações. Contudo, ao cabo de alguns dias, uma situação extremamente perigosa acontece: o sistema de suporte vital da espaçonave acusa que os níveis de oxigênio do interior da espaçonave estão diminuindo rapidamente. A concentração de oxigênio no momento é de 20%, e o sistema de suporte vital indica que em menos de 12h os níveis irão estar abaixo de 14%, concentração na qual as funções motoras e mentais começam a ser muito prejudicadas. Você e sua equipe de imediato comunicam a equipe de apoio na Terra, a qual lhes ordena a suspenderem as

atividades e retornarem o mais rápido possível. Contudo, a viagem dura 3 dias, ou seja, vocês precisarão de uma maneira alternativa de produzir oxigênio suficiente para respirar e manter a atmosfera do ambiente adequada para sobreviverem. A única fonte que vocês possuem para produzir oxigênio gasoso é o tanque reserva de peróxido de hidrogênio da turbina da aeronave. Contudo, a decomposição do peróxido de oxigênio é demasiada lenta por si só, e vocês não podem utilizar o catalisador do foguete. Assim, vocês chegam à conclusão de que teriam que catalisar a decomposição de maneira rápida o suficiente para poder reestabelecer os níveis de oxigênio o mais rápido possível. O inventário de materiais que vocês possuem na aeronave é como segue:

- Ácido Acético (CH_3COOH)	- Óxido de Manganês (MnO_2)
- Água destilada (H_2O)	- Fitas de Magnésio Metálico (Mg)
- Iodeto de Potássio (KI)	- Batata (material orgânico)
	- Hidróxido de Sódio (NaOH)

E o inventário de vidrarias existentes na aeronave é:

- Béqueres;	- Pipeta de <i>Pasteur</i> ;
- <i>Erlenmeyers</i> ;	- Pipetas volumétricas;
- Provetas;	- Vidro de Relógio;
- Bagaeta;	

Problema

Depois de levantar o inventário acima, vocês observam que o nível de oxigênio no interior da aeronave está em 17%, e o sistema de suporte vital calcula que o tempo estimado até que a concentração de oxigênio no interior da aeronave alcance níveis críticos (14% ou menos) é 3 horas. Com isso em vista, e considerando que vocês somente podem retirar uma quantidade pequena do tanque reserva de peróxido de oxigênio, vocês tomam 2 pequenas alíquotas de peróxido de hidrogênio do tanque (que contém uma solução 90% de H_2O_2) e diluem a solução para uma concentração segura para a realização dos testes. Sendo assim, vocês precisam fazer uma escolha: quais materiais do inventário acima vocês escolhem para testar, sabendo que vocês só podem realizar dois testes?

C. Refletindo – Parte 1

1. Justifique a escolha do material selecionado para decompor o peróxido de hidrogênio com base em argumentos teóricos e experimentais.
2. Explique qual a vantagem de utilizar um catalisador para solucionar o problema de produção de gás oxigênio em comparação com um reagente químico que interaja com o peróxido de hidrogênio.

3. Explique por que outras substâncias químicas foram desconsideradas para a resolução do problema. Cite ao menos duas substâncias químicas.

D. Refletindo – Parte 2

1. Descrevam como se deu o processo investigativo desenvolvido pelo seu grupo, organizado de maneira sequencial. Qual foi o ponto de partida da investigação realizada por vocês? (A1)
2. De que maneira o problema proposto influenciou nas ações realizadas pelo seu grupo? Compare com o grupo adjacente ou da frente os procedimentos investigativos realizados e discutam as diferenças. (A2 A3)

E. Referências para estudar

ATKINS, P.; JONES, L. Cinética Química. *In: Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente.* 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 14, p. 595-600.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Cinética Química. *In: Química.* 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 13, p 601-607.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Cinética Química: controlando a velocidade das reações químicas. *In: Química.* 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. Cap. 3, p. 124 – 158.

Apêndice L: Roteiro Experimental De Eletroquímica 1

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS	
				Araraquara	
Curso:		Modalidade de:			
Componente Curricular:	Laboratório de Ensino de Química Geral			Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:	2	N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(eis):	Amadeu Moura Bego / Vagner Antonio Morales				
Sequência Didática:	Eletroquímica				
Atividade:	Eletroquímica I				

A. Utensílios e reagentes necessários

- 3 placas de Cu e 3 placas de Zn de tamanhos similares (Aproximadamente 3 x 6 cm)
- Papel toalha
- Solução 1 mol.L⁻¹ de CuSO₄
- Sistema com lâmpada e fios condutores de cobre
- Multímetro

B. Alicerces Teóricos

Você já pensou em como uma pilha (um tipo de célula galvânica) produz energia suficiente para acender uma lanterna ou fazer funcionar um rádio? E por que uma pilha “acaba”? Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827) foi um físico e químico italiano responsável pelo desenvolvimento da primeira fonte contínua de eletricidade gerada a partir de reações químicas: a pilha de Volta. Esta célula galvânica consistia em um arranjo vertical composto por discos de cobre ou prata e de zinco intercalados com um material permeável (discos de papelão) impregnado de solução ácida (ATKINS; JONES, 2011). Devido a importância dos trabalhos de Volta para o desenvolvimento da eletroquímica, atualmente a unidade do Sistema Internacional para o potencial elétrico é nomeado em sua homenagem como Volt. Células galvânicas, cotidianamente referidas como pilhas, são dispositivos nos quais energia química é convertida em energia elétrica, por meio de reações de oxirredução (MORTIMER, 2013). Assim, como reações de oxidação e de redução ocorrem simultaneamente, uma pilha contém dois compartimentos, um onde ocorre majoritariamente reações de oxidação (ânodo) e um onde ocorre majoritariamente reações de redução (cátodo). Segundo Atkins e Jones (2011) e Mortimer (2013), uma célula galvânica contém os seguintes componentes:

Eletrodo: Condutor elétrico que faz contato com as partes não metálicas de um circuito (por exemplo, um **eletrólito**).

Eletrólito: É um meio contendo íons que é capaz de conduzir eletricidade por intermédio do movimento dos íons em solução, se encontra junto ao eletrodo em uma célula eletroquímica.

Compartimento: conjunto formado pelo eletrodo e o eletrólito. O compartimento pode ser anódico (podendo ser chamado de Anodo neste caso) ou catódico (podendo ser chamado de Catodo neste caso)

Ânodo: Compartimento que transfere elétrons para o circuito metálico. No caso de uma célula galvânica, é atribuído a este compartimento possui sinal negativo, ocorrendo majoritariamente processos de oxidação.

Cátodo: Compartimento que recebe elétrons do circuito metálico. No caso de uma célula galvânica, é atribuído a este compartimento sinal positivo, ocorrendo majoritariamente processos de redução.

Célula eletroquímica: É um sistema capaz de produzir energia elétrica a partir de reações químicas, e vice-versa.

O sentido da corrente elétrica, de acordo com a convenção da IUPAC, se dá do ânodo (polo negativo) para o cátodo (polo positivo) da pilha. Representação convencionada pela IUPAC:

Ânodo | solução do ânodo || solução do cátodo | Cátodo

C. Objetivos de Aprendizagem

Conteúdos Químicos: Aplicar os conceitos de célula eletroquímica, eletrodo, eletrólito, potencial padrão de redução, cátodo, ânodo e equação de oxirredução, implementando em dados obtidos em um experimento de construção de uma pilha de Volta.

Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Analisar as potencialidades do ensino por investigação, diferenciando da proposta do ensino experimental tradicional.

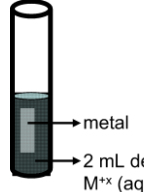
Avaliar uma proposição teórica, criticando suas fragilidades e potencialidades.

D. Procedimento experimental

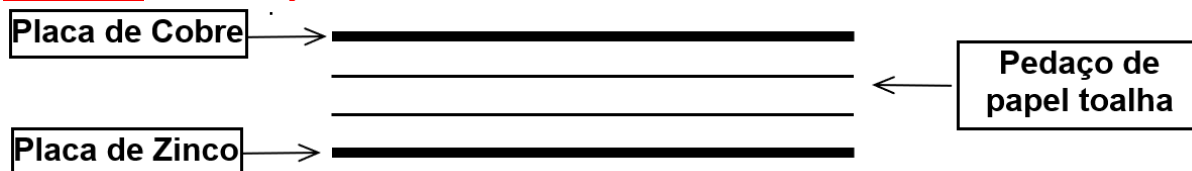
PARTE A: Potencial de oxidação e de redução

1. Coloque 1 pedaço de ~0,5 cm de comprimento de Cu em um tubo de ensaio contendo cerca de 2 mL de solução de AgNO_3 0,4 mol.⁻¹.

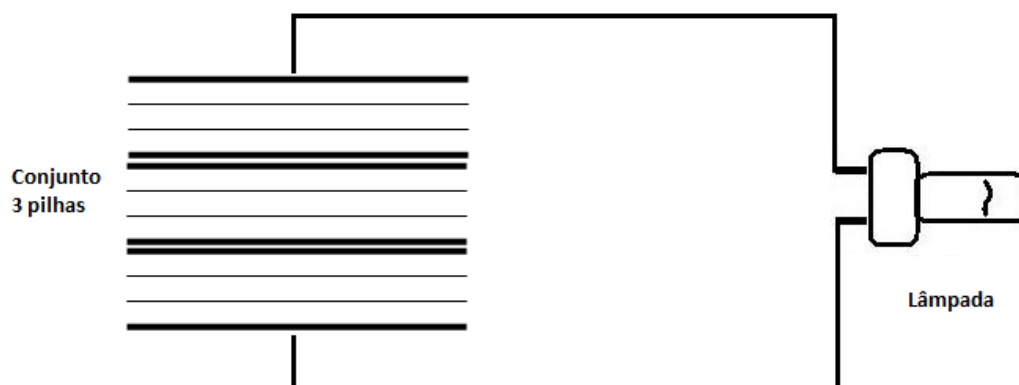
2. Em outro tubo contendo cerca de 2 mL de solução de CuSO_4 $0,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, coloque um pedaço de $\sim 0,5 \text{ cm}$ de comprimento de Zn.
3. Anote suas observações no quadro abaixo, aguardando um tempo de reação de no mínimo 30 minutos (durante esse tempo, você pode ir executando o próximo experimento).

	Metal	Solução de $\text{M}^{x+}(\text{aq})$	Observações
	Cu	AgNO_3	
	Zn	CuSO_4	

PARTE B: Construção e Funcionamento de uma Pilha de Volta



1. Lixe uma placa de Zn e uma placa de Cu até elas adquirirem um aspecto límpido (com poucos resquícios de impurezas e/ou oxidação);
2. Recorte um pedaço de papel toalha, dobre-o e coloque-o entre as placas de Cu e Zn conforme o esquema acima, formando um conjunto;
3. Repita os procedimentos 1 e 2 de modo a formar 3 conjuntos idênticos;
4. Monte um sistema com lâmpada e fios de cobre nas placas de Cu e Zn das extremidades externas dos conjuntos montados. Prenda os três conjuntos juntamente com o circuito elétrico utilizando uma garra de ferro afixada em um tripé de acordo com o esquema abaixo. Posicione um béquer abaixo dos conjuntos;



5. Certifique-se de que as placas e o circuito estejam em contato e devidamente presos;
6. Por meio de um conta gotas, adicione porções da solução de CuSO_4 1 mol.L^{-1} de modo a deixar as folhas de papel toalha devidamente umedecidas. Observe o fenômeno ocorrido e faça anotações.
7. Logo em seguida determine a tensão gerada pelo sistema utilizando um **Multímetro**. (Atenção: essa etapa deve ser realizada imediatamente após a etapa anterior). Nessa experiência, o multímetro deve ser configurado para medir a diferença de potencial (ddp): coloque o condutor vermelho na conexão V/Ω , e o condutor preto em COM ou COMM; ajuste o seletor na posição 2V. Nessa configuração, o condutor vermelho será o seu “catodo”, e o condutor preto será o “anodo” pelo multímetro. Uma leitura positiva significa que as células estão arranjadas na configuração certa, uma leitura negativa significa que a célula que está ligada ao condutor preto é que está funcionando como catodo. Anote isso em seu caderno de laboratório.
8. Utilizando luvas de látex, desmonte os conjuntos e analise o aspecto físico das placas de Cu e Zn.

E. Refletindo – Parte 1

1. Para as reações realizadas na PARTE A da seção anterior, equacione e calcule o ΔE^0 , indicando os agentes redutor e oxidante.
2. Observando os eletrodos e analisando os dados abaixo, diga qual deles é o cátodo e qual deles é o ânodo. Escreva as reações ocorridas em

cada eletrodo. Escreva a equação global da pilha, determine o sentido dos elétrons.

Dados:



3. Uma bateria é definida como sendo um dispositivo resultante da associação em série de duas ou mais pilhas. A diferença de potencial (ddp) de uma bateria é igual à soma das ddps das pilhas que a compõem. Em nossa prática fizemos a associação de 3 pilhas. Calcule a ddp teórica da bateria e compare com a ddp lida com o Multímetro. O valor teórico corresponde ao experimental? Quais os fatores que podem causar a diferença entre as ddps teórica e prática?

F. Refletindo – Parte 2

1. Como vocês já contemplaram em atividades passadas, a atividade não é investigativa. Apresentem os principais fatores que a distingue das atividades investigativas que foram realizadas até então. (A1 A3)
2. Suponha que um grupo hipotético de alunos vindos de outra disciplina venham realizar esta atividade experimental com vocês. Ao finalizar, o grupo afirma que “é evidente que existe um método científico”. Com base nos aspectos de Natureza da Investigação Científica vistos e trabalhados nas duas últimas sequências, monte uma argumentação com o fim de refutar tal afirmação. (A2)

G. Materiais de Estudo

ATKINS, P.; JONES, L. Eletroquímica. *In: Princípios de Química*: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 13, p. 515 - 534.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Eletroquímica. *In: Química*. 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 18, p 814 - 826.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Movimento de elétrons: uma introdução ao estudo da eletroquímica. *In: Química*. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. Cap. 5, p. 217 - 232.

Apêndice M: Roteiro Experimental De Eletroquímica 2

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química				CAMPUS	
						Araraquara	
Curso:				Modalidade de:			
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral				Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:			N. aulas semanais:		4	Área:	Química
Total de horas:		120	Total de aulas:		144	Número professores:	
Professor(es) responsável(eis):			Amadeu Moura Bego				
Sequência Didática:		Eletroquímica					
Atividade:	Eletroquímica 2						

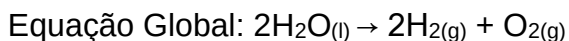
A. Alicerces Teóricos

As células eletroquímicas cujas reações redox não ocorrem espontaneamente são chamadas de células eletrolíticas. Nesses sistemas ocorre o processo de eletrólise, no qual a energia elétrica provoca uma reação química, em outras palavras, ocorre a conversão de energia elétrica em energia química ao causar a ocorrência de uma reação não espontânea (CHANG; GOLDSBY, 2013). A eletrólise só ocorre a custo de energia elétrica.

A vida cotidiana está direta ou indiretamente relacionada a produtos de reações eletrolíticas. Por exemplo, o gás cloro usado no tratamento de água para matar microrganismos não existe livre na natureza para ser coletado e utilizado, mas é sintetizado por meio de eletrólise. Uma das principais aplicações da eletrólise está na produção de metais puros que não existem naturalmente, e esses são utilizados para compor diversos recursos tecnológicos, como celulares e veículos, além de utensílios domésticos, como televisão, liquidificador, geladeira, dentre diversos outros (MORTIMER, 2013).

Os princípios de uma célula eletrolítica e seus componentes são semelhantes ao de uma célula galvânica: a semirreação de redução ocorre no cátodo e a semirreação de oxidação ocorre no ânodo; o sistema possui eletrodos geralmente inertes (não participam da reação); a célula possui eletrólitos; a reação química ocorre na interface entre os eletrodos e a solução eletrolítica. Porém, há uma diferença fundamental entre elas pois qualquer processo de eletrólise requer a existência de um componente que forneça energia elétrica para o sistema, ou seja, uma fonte de energia elétrica, que pode ser uma pilha ou bateria, dentre outros (ATKINS; JONES, 2011; MORTIMER, 2013). Além disso, os eletrodos de uma célula eletrolítica possuem sinais opostos aos de uma célula galvânica: a redução

ocorre no polo negativo (cátodo) e a oxidação ocorre no polo positivo (ânodo). Considere o exemplo abaixo para a eletrólise da água em pH ácido (< 7).



(Equação 3)

Michael Faraday foi um físico e químico britânico que, ao observar várias reações eletrolíticas, estabeleceu a Lei de Faraday para a eletrólise: o número de mols de um produto formado em uma célula eletrolítica após a passagem de uma corrente elétrica é estequiometricamente equivalente ao número de mols de elétrons fornecidos por essa corrente (PILLA, 2010). Assim, é possível calcular matematicamente a massa de um produto formado sobre um eletrodo se soubermos a corrente elétrica que passou pelo sistema e a duração da aplicação dessa corrente, como observado na equação abaixo:

$$n = \frac{i \cdot t}{z^+ \cdot F} \quad (\text{Equação 4})$$

onde n é o número de mols de produto formado, i é o valor da corrente (A), t é o tempo de duração da aplicação da corrente (s), z^+ é o valor da carga do íon envolvido na eletrólise e F é a constante de Faraday (96487 C mol^{-1}) (PILLA; 2010). A equação 4 também pode ser usada para definir quanto de reagente foi consumido em uma célula eletrolítica operante.

B. Objetivos de Aprendizagem

Conteúdos Químicos: Compreender os princípios teóricos e experimentais da eletrólise.

Conceitos sobre Investigação Científica: Aplicar os conceitos de dado e evidência científica na interpretação de contextos problemáticos.

Relacionar dados científicos com as conclusões obtidas, argumentando sobre como a articulação dos dados junto de outros elementos implica nas conclusões de uma investigação.

C. Contexto e Problema (IMPORTANTE: Delimitem a discussão de hipóteses e elaboração de procedimento aos conteúdos específicos da sequência)

Contexto do Problema

Sherlock Holmes é um famoso personagem criado pelo escritor e médico escocês Sir Arthur Conan Doyle ao final do século XIX. Seus contos se tornaram famosos a ponto de Sherlock ser o detetive fictício mais famoso da história, tudo isso por conta de seu raciocínio lógico e uso de vários métodos científicos para resolver suas investigações. Arthur Conan Doyle publicou mais de 60 aventuras de Sherlock, entretanto existem inúmeras histórias não-oficiais que são utilizadas, dentre outros motivos, para auxiliar o ensino de conceitos científicos. Dessa forma, uma história de Sherlock Holmes não oficial foi encontrada na literatura da área de ensino de química e adaptada.

Problema

Conduza uma investigação para entender e explicar como o prisioneiro Mouse escapou da sua cela. Vocês receberão uma vidraria que simula uma janela de cela de prisão com duas “barras” de ferro para testar suas hipóteses elaboradas sobre a forma de romper uma das barras de ferro. Entretanto, a hipótese a ser testada deve ser condizente com o cenário da história que foi desenvolvida: um prisioneiro rompeu as barras de uma cela de prisão *sem usar força mecânica* (sem torcer, dobrar, cortar, serrar, dentre outros), pois as barras de ferro puro são grossas e compridas. As barras de ferro também são duras então não podem ser cortadas facilmente.

D. Equipamentos e Reagentes Disponíveis

- Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3)	- Suporte de vidro
- Fios de ferro	- Água destilada
- Fonte de Tensão	- Açúcar
- Óleo de soja	- Ácido Acético (H_3CCOOH)
- Chá de Erva Mate	

E. Material de Estudo

ATKINS, P.; JONES, L. Eletroquímica. In: **Princípios de Química**: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 13, p. 542 - 547.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Eletroquímica. In: **Química**. 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 18, p 843 - 850.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Movimento de elétrons: uma introdução ao estudo da eletroquímica. *In: Química*. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. Cap. 5, p. 233 - 236.

F. Refletindo – Parte 1

1. Explique teoricamente a hipótese elaborada com base nas reações eletroquímicas do cátodo e do ânodo.
2. Durante a investigação do problema, houve o rompimento de um dos fios de ferro sem o uso de força mecânica? Explique seus resultados com base no conceito de eletrólise, utilizando os três aspectos do conhecimento químico.
3. Imagine o seguinte cenário: o prisioneiro sempre conectava o polo positivo da lâmpada na barra esquerda da janela e o polo negativo na barra direita. O que aconteceria caso ele invertesse os polos das barras por algumas noites?
4. Por que as bases das barras estavam conectadas por uma “vala” (um buraco) cujo comprimento se estendia da base de uma barra até a base da outra?

G. Refletindo – Parte 2

1. Sherlock Holmes é um personagem fictício versado em ciências da natureza, exatas e um exímio utilizador do método dedutivo. Na estória fornecida, algumas informações são coletadas na cena do crime pelo investigador. Descrevam como tais informações foram empregadas pelo seu grupo para explicar o ocorrido. (A6 A7 A8)
2. Argumente se as informações coletadas e as inferências postas por Sherlock Holmes podem ser entendidas como sendo dados ou evidências científicas. (A7).

Apêndice N: Texto-Base Para O Experimento De Eletroquímica 2

A História

Em um certo dia no início de junho de 1920, eu fiz uma viagem de automóvel para o local onde fica a fazenda de meu querido amigo, e aposentado, Sherlock Holmes. Ao me aproximar de sua casa, avistei Sherlock encostado na porta da frente.

“Watson,” ele gritou. “Que maravilha ver você.” Ao trocarmos nossos cumprimentos habituais, um carro escuro, que eu não havia notado antes, parou atrás do meu próprio carro. Um homem idoso desceu e caminhou até onde estávamos.

“Ora, é meu velho colega, o inspetor Forrester. Bem-vindo, inspetor!”, exclamou Holmes.

“Lamento, Sr. Holmes, que minha visita não seja agradável. Tenho notícias assustadoras. O prisioneiro Mouse Mathison escapou da Prisão Greyhound.”

O humor alegre de Holmes evaporou. “Quando?” ele perguntou em voz baixa.

“Noite passada. Dadas as circunstâncias, senti que era melhor eu avisá-lo.”

“Obrigado Inspetor. Minhas fontes me dizem que, mesmo após 10 anos preso em Greyhound, Mouse Mathison sempre quis se vingar de mim. Eu testemunhei no tribunal contra Mouse e ele foi condenado por sete acusações de conspiração para produzir explosões. Sua pequena estatura contrasta com sua natureza hedionda. Ele deve ser encontrado. Ele é um perigo não só para mim, mas também para a população da Inglaterra. Você me ajudaria nesse caso, meu caro Watson?”

“Pode contar comigo, Holmes. Eu vou acompanhá-lo até o fim da terra. Você sabe disso. Inclusive, chega de carruagens para nós, partiremos agora mesmo em meu carro.” E, assim, nós caímos na estrada em direção à Prisão Greyhound.

“Watson, ao chegarmos em Greyhound, devemos realizar as entrevistas necessárias e investigar a cena de fuga. Cada minuto é valioso.”

Ao chegar na prisão, o diretor Gruner Hobbs apresentou os detalhes sobre a fuga de Mouse.

“A janela da cela de Mathison tem duas barras de ferro, Sr. Holmes”, explicou o

diretor Hobbs. “Uma das barras foi de alguma forma cortada ou quebrada e depois dobrada, permitindo sua fuga. É uma queda curta para uma superfície gramada lá fora e, como Mouse é pequeno, ele conseguiu forçar sua saída. Aqui está a cela de Mouse. Não tocamos em nada desde sua fuga.”

Holmes entrou na cela primeiro e farejou o ar, como faria um cão de caça. “O que é esse cheiro? Vinagre?”

“Exatamente, Sr. Holmes.” O diretor respondeu. “Mouse sempre usava uma quantidade absurda de vinagre para acompanhar todas as suas refeições.”

A cela era iluminada por uma única lâmpada elétrica fraca alimentada por corrente contínua¹ e cujo soquete era fixado a dois fios torcidos por parafusos. A lâmpada estava assim suspensa ao nível dos olhos, a poucos metros de uma cortina desbotada, que cobria a única janela da cela. Havia uma lata de chá e uma pequena lata de açúcar, entre outros itens espalhados. Na parede oposta à cama havia uma estante baixa com alguns volumes grossos. Holmes leu um dos títulos para nós em voz alta.

“*A Vida e Obra de Michael Faraday*, 1791-1867. De fato, Diretor Hobbs, nosso homem era um apreciador de química. Olhe quantos livros de química nessa estante.”

“Ele era isso, Sr. Holmes, e até ontem era um prisioneiro modelo. Com o tempo, ele conquistou os privilégios que permitimos em Greyhound.”

“Que privilégios seriam esses?” perguntou Holmes.

“Nada fora do comum, Sr. Holmes”, respondeu o diretor. “Ele tinha o uso de luz elétrica, como você vê. Também foi permitido que parentes próximos lhe visitassem e trouxessem comidas e bebidas. A mãe de Mouse lhe trouxe bastante açúcar, chá, óleo e uma colher. Seu irmão Sam Mathison também visitou Mouse e lhe trouxe um pouco de bicarbonato de sódio para tratar azia e queimação no estômago.”

“Ninguém mais veio à sua cela?” Holmes perguntou.

“Só o guarda, Sr. Holmes. O nome dele é Brun M. Simpson. Ele foi responsável por trazer o livro *A Vida e Obra de Michael Faraday* e, também, garrafas extras de vinagre

para Mouse.”

“Interessante... Serei capaz de questionar esses três?” perguntou Holmes.

“A mãe e o irmão geralmente estão disponíveis, Sr. Holmes”, ele respondeu. “Eles moram a apenas alguns quilômetros de Greyhound, em um vilarejo próximo. O guarda Simpson é outra questão. Ele tirou folga para dar atenção a um primo que voltou para a família depois de muitos anos nos EUA. Mas não deve ser difícil encontrá-lo.”

“Estou muito agradecido, Diretor Hobbs”, Holmes respondeu com uma leve reverência. “Com sua permissão, vou dar uma olhada na cela um pouco.”

Holmes foi até a janela e puxou a cortina suja, e lá estava a rota de fuga. Uma barra na janela estava firmemente em seu lugar. A outra barra foi separada da parte inferior da janela e dobrada de forma severa. Um homem pequeno como Mouse agora podia passar com pouca dificuldade.

“Watson, olhe para isso!” exclamou Holmes. Ele estava apontando para o ponto onde a barra se quebrou. “Observe que a extremidade quebrada desta barra de ferro está mais fina que

o resto da barra. E no parapeito da janela, observe que a barra desapareceu completamente! A barra intacta à esquerda parece áspera e mais grossa que a outra. Ora ora, o que temos aqui?”

Holmes balançou a lâmpada no teto pelo cordão suspenso e percebeu que seu fio tinha comprimento suficiente para alcançar as barras da janela. Então ele sacou seus óculos e olhou de perto para o peitoril da janela, onde podia-se ver claramente uma “vala” (um buraco) de alguns centímetros de profundidade, ao redor e entre as bases das duas barras da janela. Uma vala única se estendia por um comprimento que abrangeu as duas barras, de modo que ambas estavam “conectadas”. No entanto, o diretor me garantiu que as barras sólidas continuaram descendo na pedra por pelo menos mais um metro. Holmes cheirou o ar como antes e tirou o canivete. “Olhe para este filme de líquido esverdeado na vala, Watson. É o mesmo na base da barra intacta.” Ele raspou a barra intacta com sua faca.

“Esse líquido esverdeado me lembra uma solução de íons Fe^{2+} . De onde veio este líquido?”

Apêndice O: Roteiro Experimental De Eletroquímica 3

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química				CAMPUS	
						Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química			Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura		
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral				Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:	2º	N. aulas semanais:		4	Área:	Química	
Total de horas:	120	Total de aulas:		144	Número professores:	02	
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego / <u>Vagner Antonio Moralles</u>					
Sequência Didática:		Eletroquímica					
Atividade:	Eletroquímica 3						

A. Objetivos de Aprendizagem

Conceitos Químicos: Compreender os fundamentos e funcionamento de um sistema de eletrodeposição. Entender os fundamentos da corrosão e galvanoplastia.

Conceitos de Natureza da Investigação Científica: Analisar como os procedimentos realizados em uma investigação afetam os resultados.

Classificar procedimentos experimentais de acordo com sua eficiência.

B. Problema (IMPORTANTE: Delimitem a discussão de hipóteses e elaboração de procedimento ao conteúdo específico da sequência)

O diretor da prisão Greyhound, após a explicação sobre o ocorrido na fuga do prisioneiro, solicita que um grupo de cientistas seja contratado para reforçar a segurança da prisão, e o seu grupo é escolhido. Dentre as medidas de aperfeiçoamento propostas por vocês, uma delas concerne a proteção das barras de ferro. Vocês fornecem um leque de opções e, de tais opções, o diretor decide que um procedimento de revestimento (galvanoplastia) das barras deve ser realizado. *Pensando no contexto e nos “reagentes” fornecidos ao prisioneiro, qual seria o melhor metal para revestir as barras de ferro?* No inventário disponível no laboratório de onde trabalham vocês encontram os seguintes candidatos para realizar o revestimento:

1. Sulfato de Zinco (II);
2. Cloreto de Estanho (II);
3. Sulfato de Níquel (II);
4. Cloreto de Ferro (II);
5. Sulfato de Cobre (II);

6. Cloreto de Cromo (III);
7. Cloreto de Cobalto (II).

O diretor do presídio solicita que vocês demonstrem que o revestimento de escolha é resistente ao vinagre.

OBS: Especificamente nesta atividade, por conta de sua complexidade, vocês não terão que propor o procedimento experimental. Contudo, vocês terão que levantar hipóteses e, posteriormente, explicar os procedimentos experimentais que foram fornecidos para vocês.

c. Referências para estudar

ATKINS, P.; JONES, L. Cinética Química. *In: Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 14, p. 595-600.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Cinética Química. *In: Química*. 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 13, p 601-607.

D. Refletindo – Parte 1

1. Expliquem quais são as vantagens de usar um eletrodo de grafite para realizar este procedimento.
2. Expliquem o porquê é necessário realizar os procedimentos de tratamento e preparação da superfície da barra metálica que foi revestida. O que poderia acontecer caso tais procedimentos não fossem realizados.
3. Pesquisem e descrevam pelo menos dois fatores que influenciam na qualidade de eletrodepósitos.

E. Refletindo – Parte 2

1. Expliquem os motivos e embasamentos que seu grupo levantou para escolher qual metal seria o mais apropriado para revestir, e expliquem se caso escolhessem um outro metal, se o resultado do teste poderia ser diferente. (A4 A5)
2. Diversos procedimentos de revestimento metálico são mantidos em segredo por grandes empresas, sobretudo por empresas da indústria naval. Existem, por exemplo, diversos procedimentos para recobrir cascos de navios para quem eles suportem o ambiente hostil do oceano, porém apenas um seleto grupo de procedimentos patenteados são utilizados. Por que isso acontece? (A4)

Apêndice P: Adendo Da Atividade Experimental De Eletroquímica 3 (Protocolos Experimentais)

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			CAMPUS
					Araraquara
Curso:		Modalidade de:			
Componente Curricular:	Laboratório de Ensino de Química Geral			Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:		N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	
Professor(es) responsável(eis):	Amadeu Moura Bego				
Sequência Didática:	Eletroquímica				
Atividade:	Eletroquímica 3				

Procedimento Experimental – Eletrodeposição de Cu

1. Calcule e pese (em um béquer de 150 mL) a massa necessária de Sulfato de Cobre para produzir uma solução com concentração de $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ do metal, considerando um volume total de 100 mL;
2. Calcule e pese (em um béquer de 25 mL) a massa necessária de Acetato de Sódio para produzir uma solução cuja concentração do sal seja 1 mol.L^{-1} , considerando também um volume total de 100 mL;
3. Adicione 90 mL de água destilada ao béquer contendo Sulfato de Cobre. Agite com uma bagueta até homogeneizar a solução;
4. Com a bagueta, macere o Acetato de Sódio caso ele esteja empedrado até que se torne pó. Depois transfira o pó para o béquer de 150 mL. Com o auxílio de uma pipeta de Pasteur, tome pequenas quantidades da solução do metal para lavar e retirar todo o acetato do béquer menor;
5. Agite a solução no béquer maior até homogeneizar;
6. Com uma fita de indicador universal, meça o pH da solução;
7. Adicione aproximadamente 2 mL de H_2SO_4 $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ ao béquer e meça novamente o pH. O valor de pH de trabalho deve estar entre 3 e 4;
8. Caso o meio se torne muito ácido (pH 2 ou menos) adicione 4 gotas de NaOH $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ e meça novamente o pH;
9. Adicione uma ponta de espátula de Nitrato de Sódio ao meio reacional;
10. Adicione uma ponta de espátula de Citrato de Sódio ao meio reacional;
11. Tome a fonte de alimentação. Conecte o eletrodo de grafite no polo positivo (vermelho) e conecte a barra de ferro no polo negativo (preto), prendendo os jacarés de maneira retilínea (ou seja, a barra de grafite/ferro não deve estar perpendicular ao jacaré);
12. Passe um dos fios por cima da garra, de maneira que o eletrodo fique suspenso e parcialmente imerso na solução do béquer. **IMPORTANTE: O JACARÉ NÃO PODE ESTAR EM CONTATO COM A SOLUÇÃO DO BÉQUER**);
13. Passe o outro fio no sentido contrário, de maneira que os fios fiquem cruzados na garra. Isso dificulta a aproximação dos eletrodos dentro do béquer. Ajustem os fios para que os jacarés permaneçam fora da solução e que os eletrodos não entrem em contato físico (isso ocasionará um curto-circuito caso o contato físico ocorra);
14. Ligue a fonte na tomada e deixem a reação ocorrer por 30 minutos.

15. Desligue a fonte e, com o auxílio de uma pinça, coloque a barra de ferro recoberta dentro de um béquer de 50 mL contendo água destilada, lavando-a com delicadeza;
16. Coloque a barra de ferro recoberta em um béquer de 25 mL e adicione vinagre até cobrir a porção recoberta da barra de ferro.

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química				CAMPUS
						Araraquara
Curso:				Modalidade de:		
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral			Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:		N. aulas semanais:	4	Área:	Química	
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:		
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego				
Sequência Didática:	Eletroquímica					
Atividade:	Eletroquímica 3					

Procedimento Experimental – Eletrodeposição de Ni

1. Calcule e pese (em um béquer de 150 mL) a massa necessária de Sulfato de Níquel para produzir uma solução com concentração de $1 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ do metal, considerando um volume total de 100 mL;
2. Calcule e pese (em um béquer de 25 mL) a massa necessária de Acetato de Sódio para produzir uma solução cuja concentração do sal seja 1 mol.L^{-1} , considerando também um volume total de 100 mL;
3. Adicione 90 mL de água destilada ao béquer contendo Sulfato de Níquel. Agite com uma bagueta até homogeneizar a solução;
4. Com a bagueta, macere o Acetato de Sódio caso ele esteja empedrado até que se torne pó. Transfira o pó para o béquer de 150 mL. Com o auxílio de uma pipeta de Pasteur, tome pequenas quantidades da solução do metal para lavar e retirar todo o acetato do béquer menor;
5. Agite a solução no béquer maior até homogeneizar;
6. Com uma fita de indicador universal, meça o pH da solução;
7. Adicione aproximadamente 2 mL de H_2SO_4 $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ ao béquer e meça novamente o pH. O valor de pH de trabalho deve estar entre 3 e 4;
8. Caso o meio se torne muito ácido (pH 2 ou menos) adicione 4 gotas de NaOH $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ e meça novamente o pH;
9. Adicione uma ponta de espátula de Nitrato de Sódio ao meio reacional;
10. Adicione uma ponta de espátula de Citrato de Sódio ao meio reacional;
11. Tome a fonte de alimentação. Conecte o eletrodo de grafite no polo positivo (vermelho) e conecte a barra de ferro no polo negativo (preto), prendendo os jacarés de maneira retilínea (ou seja, a barra de grafite/ferro não deve estar perpendicular ao jacaré);
12. Posicione o agitador magnético ao lado do suporte universal. Posicione uma garra de maneira que ela fique centralizada em relação ao agitador magnético;
13. Passe um dos fios por cima da garra, de maneira que o eletrodo fique suspenso e parcialmente imerso na solução do béquer. **IMPORTANTE: O JACARÉ NÃO PODE ESTAR EM CONTATO COM A SOLUÇÃO DO BÉQUER**);
14. Passe o outro fio no sentido contrário, de maneira que os fios fiquem cruzados na garra. Isso dificulta a aproximação dos eletrodos dentro do béquer. Ajustem os fios para que os jacarés permaneçam fora da solução e que os eletrodos não entrem em contato físico (isso ocasionará um curto-circuito caso o contato físico ocorra);
15. Coloque um peixinho no béquer;

16. Ligue a fonte na tomada. Verifique se há a produção de gás. Em caso positivo, ligue a agitação com intensidade branda (o suficiente para agitar a solução sem causar turbulência ou movimentar os eletrodos);
17. Deixe o processo ocorrer por 40 minutos;
18. Desligue a fonte e, com o auxílio de uma pinça, coloque a barra de ferro recoberta dentro de um béquer de 50 mL contendo água destilada, lavando-a com delicadeza;
19. Coloque a barra de ferro recoberta em um béquer de 25 mL e adicione vinagre até cobrir a porção recoberta da barra de ferro.

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química				CAMPUS
						Araraquara
Curso:				Modalidade de:		
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral			Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:		N. aulas semanais:	4	Área:	Química	
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:		
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego				
Sequência Didática:	Eletroquímica					
Atividade:	Eletroquímica 3					

Procedimento Experimental – Eletrodeposição de Zn

1. Calcule e pese (em um béquer de 150 mL) a massa necessária de Sulfato de Zinco para produzir uma solução com concentração de $1 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ do metal, considerando um volume total de 100 mL;
2. Calcule e pese (em um béquer de 25 mL) a massa necessária de Acetato de Sódio para produzir uma solução cuja concentração do sal seja 1 mol.L^{-1} , considerando também um volume total de 100 mL;
3. Adicione 90 mL de água destilada ao béquer contendo Sulfato de Zinco. Agite com uma bagueta até homogeneizar a solução;
4. Com a bagueta, macere o Acetato de Sódio caso ele esteja empedrado até que se torne pó. Transfira o pó para o béquer de 150 mL. Com o auxílio de uma pipeta de Pasteur, tome pequenas quantidades da solução do metal para lavar e retirar todo o acetato do béquer menor;
5. Agite a solução no béquer maior até homogeneizar;
6. Com uma fita de indicador universal, meça o pH da solução;
7. Adicione aproximadamente 2 mL de H_2SO_4 $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ ao béquer e meça novamente o pH. O valor de pH de trabalho deve estar entre 3 e 4;
8. Caso o meio se torne muito ácido (pH 2 ou menos) adicione 4 gotas de NaOH $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ e meça novamente o pH;
9. Adicione uma ponta de espátula de Nitrato de Sódio ao meio reacional;
10. Adicione uma ponta de espátula de Citrato de Sódio ao meio reacional;
11. Tome a fonte de alimentação. Conecte o eletrodo de grafite no polo positivo (vermelho) e conecte a barra de ferro no polo negativo (preto), prendendo os jacarés de maneira retilínea (ou seja, a barra de grafite/ferro não deve estar perpendicular ao jacaré);
12. Posicione o agitador magnético ao lado do suporte universal. Posicione uma garra de maneira que ela fique centralizada em relação ao agitador magnético;
13. Passe um dos fios por cima da garra, de maneira que o eletrodo fique suspenso e parcialmente imerso na solução do béquer. **IMPORTANTE: O JACARÉ NÃO PODE ESTAR EM CONTATO COM A SOLUÇÃO DO BÉQUER**);
14. Passe o outro fio no sentido contrário, de maneira que os fios fiquem cruzados na garra. Isso dificulta a aproximação dos eletrodos dentro do béquer. Ajustem os fios para que os jacarés permaneçam fora da solução e que os eletrodos não entrem em contato físico (isso ocasionará um curto-circuito caso o contato físico ocorra);
15. Coloque um peixinho no béquer;

16. Ligue a fonte na tomada. Verifique se há a produção de gás. Em caso positivo, ligue a agitação com intensidade branda (o suficiente para agitar a solução sem causar turbulência ou movimentar os eletrodos);
17. Deixe o processo ocorrer por 40 minutos;
18. Desligue a fonte e, com o auxílio de uma pinça, coloque a barra de ferro recoberta dentro de um béquer de 50 mL contendo água destilada, lavando-a com delicadeza;
19. Coloque a barra de ferro recoberta em um béquer de 25 mL e adicione vinagre até cobrir a porção recoberta da barra de ferro.

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química				CAMPUS					
						Araraquara					
Curso:				Modalidade de:							
Componente Curricular:			Laboratório de Ensino de Química Geral			Código disciplina: QI26064P1					
Ano /Semestre:				N. aulas semanais:		4		Área:		Química	
Total de horas:		120		Total de aulas:		144		Número professores:			
Professor(es) responsável(eis):				Amadeu Moura Bego							
Sequência Didática:			Eletroquímica								
Atividade:		Eletroquímica 3									

Procedimento Experimental – Eletrodeposição de Sn (OBS: ESTE PROCEDIMENTO DEVE SER REALIZADO EM CAPELA)

1. Calcule e pese (em um béquer de 150 mL) a massa necessária de Cloreto de Estanho para produzir uma solução com concentração de $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ do metal, considerando um volume total de 100 mL;
2. Calcule e pese (em um béquer de 25 mL) a massa necessária de Acetato de Sódio para produzir uma solução cuja concentração do sal seja 1 mol.L^{-1} ;
3. Adicione 90 mL de água destilada ao béquer contendo Cloreto de Estanho. Agite com uma bagueta até homogeneizar a solução;
4. Com a bagueta, macere o Acetato de Sódio caso ele esteja empedrado até que se torne pó. Depois transfira o pó para o béquer de 150 mL. Com o auxílio de uma pipeta de Pasteur, tome pequenas quantidades da solução do metal para lavar e retirar todo o acetato do béquer menor;
5. Agite a solução no béquer maior até homogeneizar;
6. Com uma fita de indicador universal, meça o pH da solução;
7. Adicione aproximadamente 2 mL de NaOH $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ ao béquer e meça novamente o pH. O valor de pH de trabalho deve estar entre 4 e 6;
8. Caso o meio se torne muito básico (pH 7 ou mais) adicione 3 gotas de HCl $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ e meça novamente o pH;
9. Adicione uma ponta de espátula de Nitrato de Sódio ao meio reacional;
10. Adicione uma ponta de espátula de Citrato de Sódio ao meio reacional;
11. Tome a fonte de alimentação. Conecte o eletrodo de grafite no polo positivo (vermelho) e conecte a barra de ferro no polo negativo (preto), prendendo os jacarés de maneira retilínea (ou seja, a barra de grafite/ferro não deve estar perpendicular ao jacaré);
12. Posicione o agitador magnético ao lado do suporte universal. Posicione uma garra de maneira que ela fique centralizada em relação ao agitador magnético;
13. Passe um dos fios por cima da garra, de maneira que o eletrodo fique suspenso e parcialmente imerso na solução do béquer. **IMPORTANTE: O JACARÉ NÃO PODE ESTAR EM CONTATO COM A SOLUÇÃO DO BÉQUER**);
14. Passe o outro fio no sentido contrário, de maneira que os fios fiquem cruzados na garra. Isso dificulta a aproximação dos eletrodos dentro do béquer. Ajustem os fios para que os jacarés permaneçam fora da solução e que os eletrodos não entrem em contato físico (isso ocasionará um curto-circuito caso o contato físico ocorra);

15. Coloque um peixinho no béquer;
16. Ligue a fonte na tomada. Verifique se há a produção de gás. Em caso positivo, ligue a agitação com intensidade branda (o suficiente para agitar a solução sem causar turbulência ou movimentar os eletrodos);
17. Deixe o processo ocorrer por 40 minutos;
18. Desligue a fonte e, com o auxílio de uma pinça, coloque a barra de ferro recoberta dentro de um béquer de 50 mL contendo água destilada, lavando-a com delicadeza;
19. Coloque a barra de ferro recoberta em um béquer de 25 mL e adicione vinagre até cobrir a porção recoberta da barra de ferro.

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			CAMPUS
					Araraquara
Curso:		Modalidade de:			
Componente Curricular:	Laboratório de Ensino de Química Geral			Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:		N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	
Professor(es) responsável(eis):	Amadeu Moura Bego				
Sequência Didática:	Eletroquímica				
Atividade:	Eletroquímica 3				

Procedimento Experimental – Preparação da Superfície da Barra de Ferro

1. Tomem a barra de ferro e, com o auxílio de uma pinça mergulhem a mesma em uma das soluções de HCl disponíveis na capela. Agitem com delicadeza e deixem a barra imersa por 2 minutos;
2. Com a pinça, retirem a barra de ferro da solução ácida e coloquem no béquer ao lado que contém água destilada, agitem a barra de ferro dentro da solução para remover o excesso de ácido da superfície. Coloquem a barra de ferro dentro de um béquer de 25 mL.
3. Na pia, lavem a barra de ferro com esponja e sabão.
4. Com o auxílio de uma esponja de aço, esfreguem a barra de ferro vigorosamente até que ela adquira um aspecto límpido e brilhoso.
5. Lave novamente a barra de ferro com água. Agora a mesma está pronta para ser recoberta.

**Apêndice Q: Procedimentos
estatísticos suplementares
realizados para a questão de
pesquisa 2 (Conteúdos
Químicos)**

Em relação às SEIs

TERMO		AJV	AMR	AMT	BEJ	BGJ	EHN	JMA	TURMA
	docs	5,00	2,00	2,00	2,00	3,00	4,00	2,00	2,86
	ref	6,00	1,50	4,00	6,00	8,00	6,50	6,00	5,43
	rel	5,83	6,67	5,83	5,00	5,83	5,83	4,58	5,65
MED		5,61	3,39	3,94	4,33	5,61	5,44	4,19	4,65
MEDIAN		5,83	2,00	4,00	5,00	5,83	5,83	4,58	5,43
DESV		0,54	2,85	1,92	2,08	2,51	1,29	2,03	1,55
COEF. VAR (%)		9,55	84,09	48,61	48,04	44,69	23,78	48,35	33,44
Var. Percentual		14,29	70,00	65,71	60,00	48,57	31,43	56,36	49,47
CINÉTICA		AJV	AMR	AMT	BEJ	BGJ	EHN	JMA	TURMA
	docs	2,50	2,50	1,25	1,25	3,75	1,25	3,75	2,32
	ref	8,75	8,75	6,25	10,00	6,25	8,75	7,50	8,04
	rel	8,75	6,88	7,50	7,50	8,75	6,25	7,50	7,59
MED		6,67	6,04	5,00	6,25	6,25	5,42	6,25	5,98
MEDIAN		8,75	6,88	6,25	7,50	6,25	6,25	7,50	7,59
DESV		3,61	3,21	3,31	4,51	2,50	3,82	2,17	3,18
COEF. VAR (%)		54,13	53,09	66,14	72,11	40,00	70,50	34,64	53,13
Var. Percentual		71,43	63,64	83,33	83,33	57,14	80,00	50,00	69,41
ELETRO		AJV	AMR	AMT	BEJ	BGJ	EHN	JMA	TURMA

	docs	4,29	2,14	0,36	0,00	6,07	2,86	6,43	3,16
	ref	7,50	5,00	7,00	6,00	7,00	8,00	5,00	6,50
	rel	5,00	4,00	3,00	4,00	9,00	7,00	7,00	5,57
MED		5,60	3,71	3,45	3,33	7,36	5,95	6,14	5,08
MEDIAN		5,00	4,00	3,00	4,00	7,00	7,00	6,43	5,57
DESV		1,69	1,45	3,34	3,06	1,50	2,73	1,03	1,72
COEF. VAR (%)		30,16	39,03	96,87	91,65	20,34	45,81	16,77	33,91
Var. Percentual		14,29	46,43	88,10	####	32,54	59,18	8,16	43,22

Em relação aos documentos

DOCUMENTOS	AJV	AMR	AMT	BEJ	BGJ	EHN	JMA	TURMA
	5,00	2,00	2,00	2,00	3,00	4,00	2,00	2,86
	2,50	2,50	1,25	1,25	3,75	1,25	3,75	2,32
	4,29	2,14	0,36	0,00	6,07	2,86	6,43	3,16
MED	3,93	2,21	1,20	1,08	4,27	2,70	4,06	2,78
MEDIAN	4,29	2,14	1,25	1,25	3,75	2,86	3,75	2,50
DESVP	1,29	0,26	0,82	1,01	1,60	1,38	2,23	1,71
COEF. VAR (%)	32,78	11,63	68,40	93,26	37,47	51,12	54,94	61,45
Var. Percentual	-16,67	6,67	-460	####	50,59	-40,00	68,89	9,68
REFLETINDO	AJV	AMR	AMT	BEJ	BGJ	EHN	JMA	TURMA
	6,00	1,50	4,00	6,00	8,00	6,50	6,00	5,43
	8,75	8,75	6,25	10,00	6,25	8,75	7,50	8,04
	7,50	5,00	7,00	6,00	7,00	8,00	5,00	6,50
MED	7,42	5,08	5,75	7,33	7,08	7,75	6,17	6,65
MEDIAN	7,50	5,00	6,25	6,00	7,00	8,00	6,00	6,50
DESVP	1,38	3,63	1,56	2,31	0,88	1,15	1,26	1,88
COEF. VAR (%)	18,56	71,33	27,15	31,49	12,39	14,78	20,40	28,27
Var. Percentual	20,00	70,00	42,86	0,00	-14,29	18,75	-20,00	16,48
RELATÓRIOS	AJV	AMR	AMT	BEJ	BGJ	EHN	JMA	TURMA

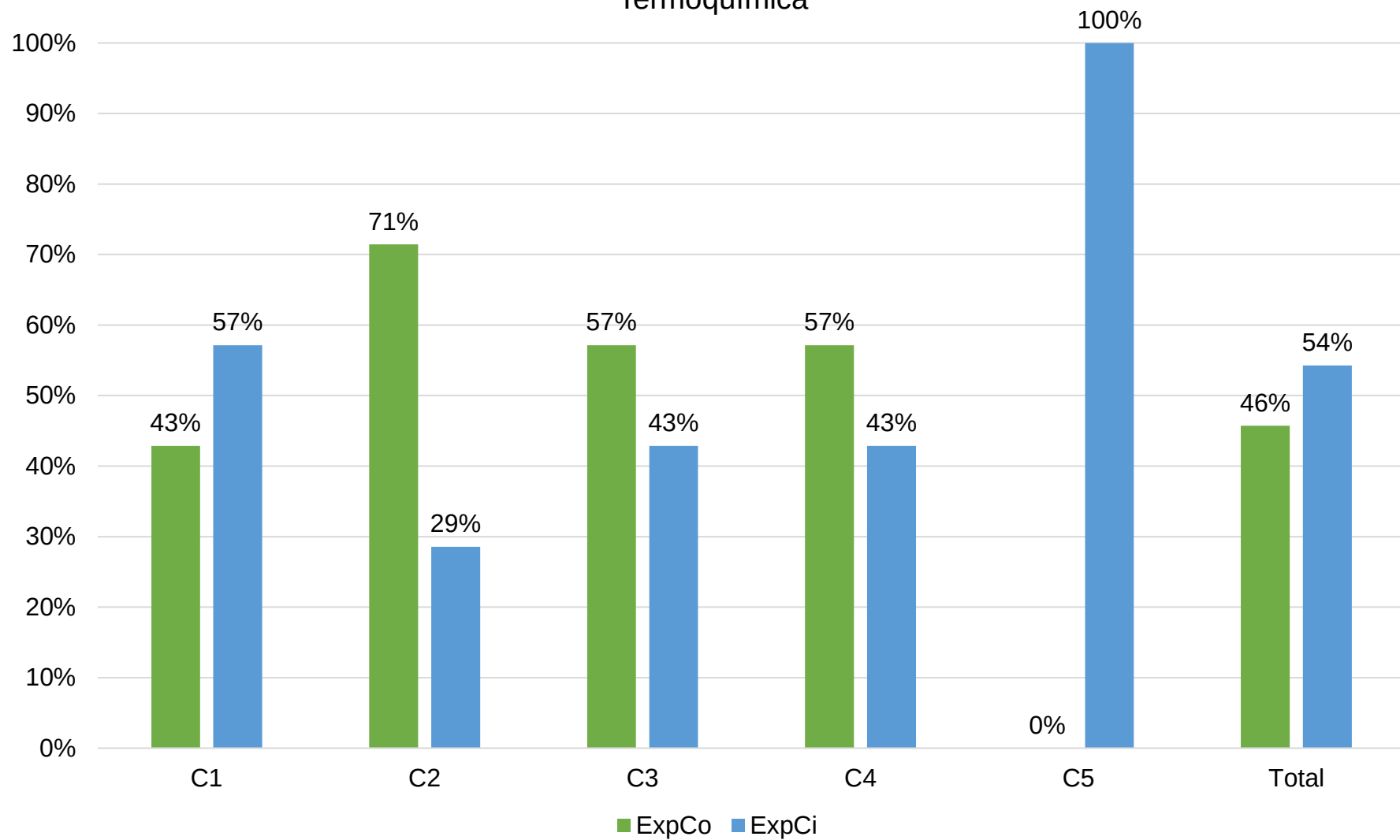
	5,83	6,67	5,83	5,00	5,83	5,83	4,58	5,65
	8,75	6,88	7,50	7,50	8,75	6,25	7,50	7,59
	5,00	4,00	3,00	4,00	9,00	7,00	7,00	5,57
MED	6,53	5,85	5,44	5,50	7,86	6,36	6,36	6,27
MEDIAN	5,83	6,67	5,83	5,00	8,75	6,25	7,00	6,25
DESVP	1,97	1,60	2,28	1,80	1,76	0,59	1,56	1,64
COEF. VAR (%)	30,16	27,42	41,79	32,78	22,40	9,29	24,52	26,13
Var. Percentual	-16,67	-66,67	-94,44	-25,00	35,19	16,67	34,52	-1,50

Apêndice R: Análises Estatísticas para as SEIs e Panorama da Intervenção Para Os Relatórios Finais

Termoquímica

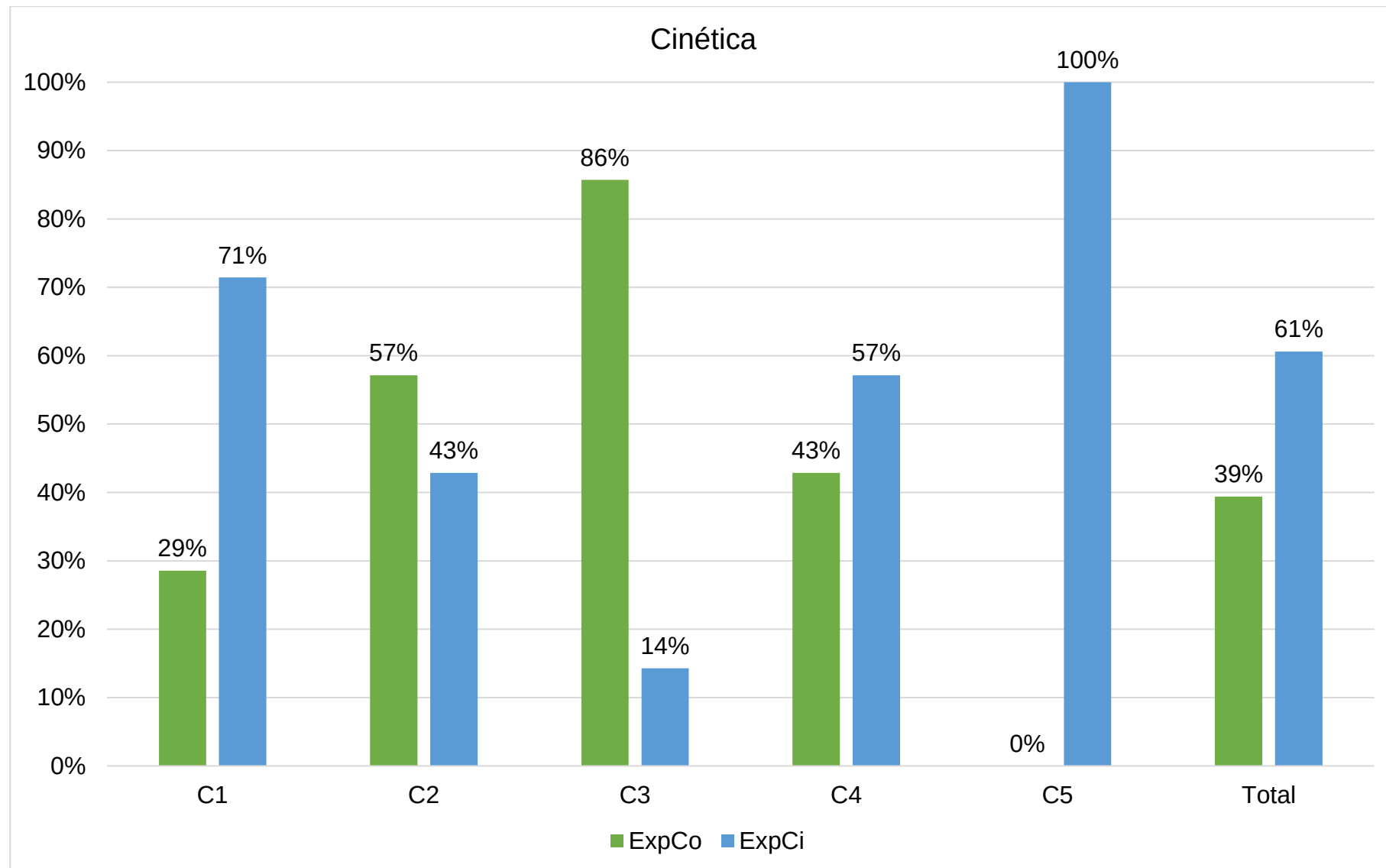
Categoría/Estrato	C1	C2	C3	C4	C5	Total
ExpCo	3	5	4	4	0	16
ExpCi	4	2	3	3	7	19
% ExpCo	43%	71%	57%	57%	0%	46%
% ExpCi	57%	29%	43%	43%	100%	54%

Termoquímica



Cinética Química

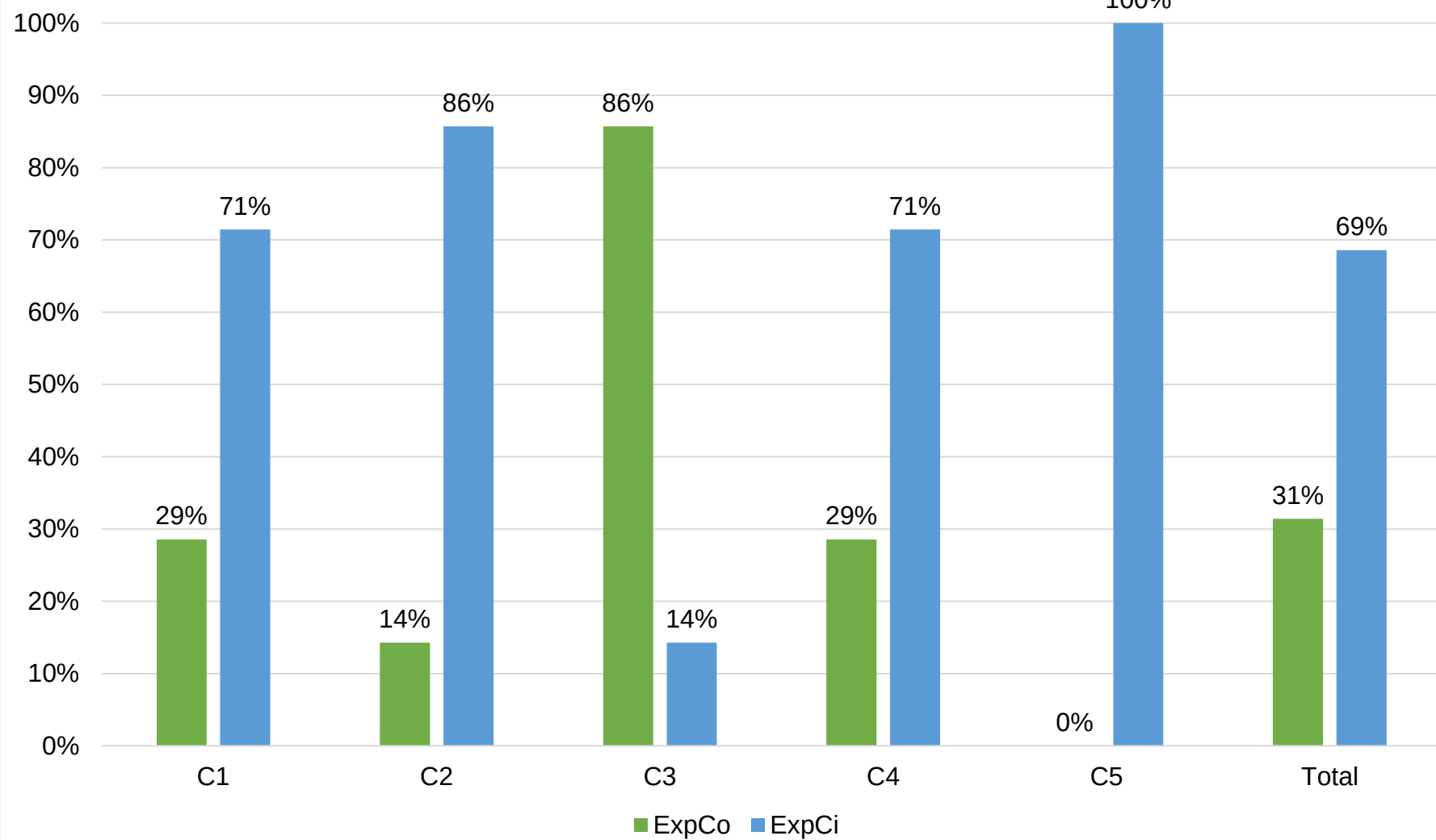
Categoría/Estrato	C1	C2	C3	C4	C5	Total
ExpCo	2	4	6	3	0	13
ExpCi	5	3	1	4	7	20
% ExpCo	29%	57%	86%	43%	0%	39%
% ExpCi	71%	43%	14%	57%	100%	61%



Eletroquímica

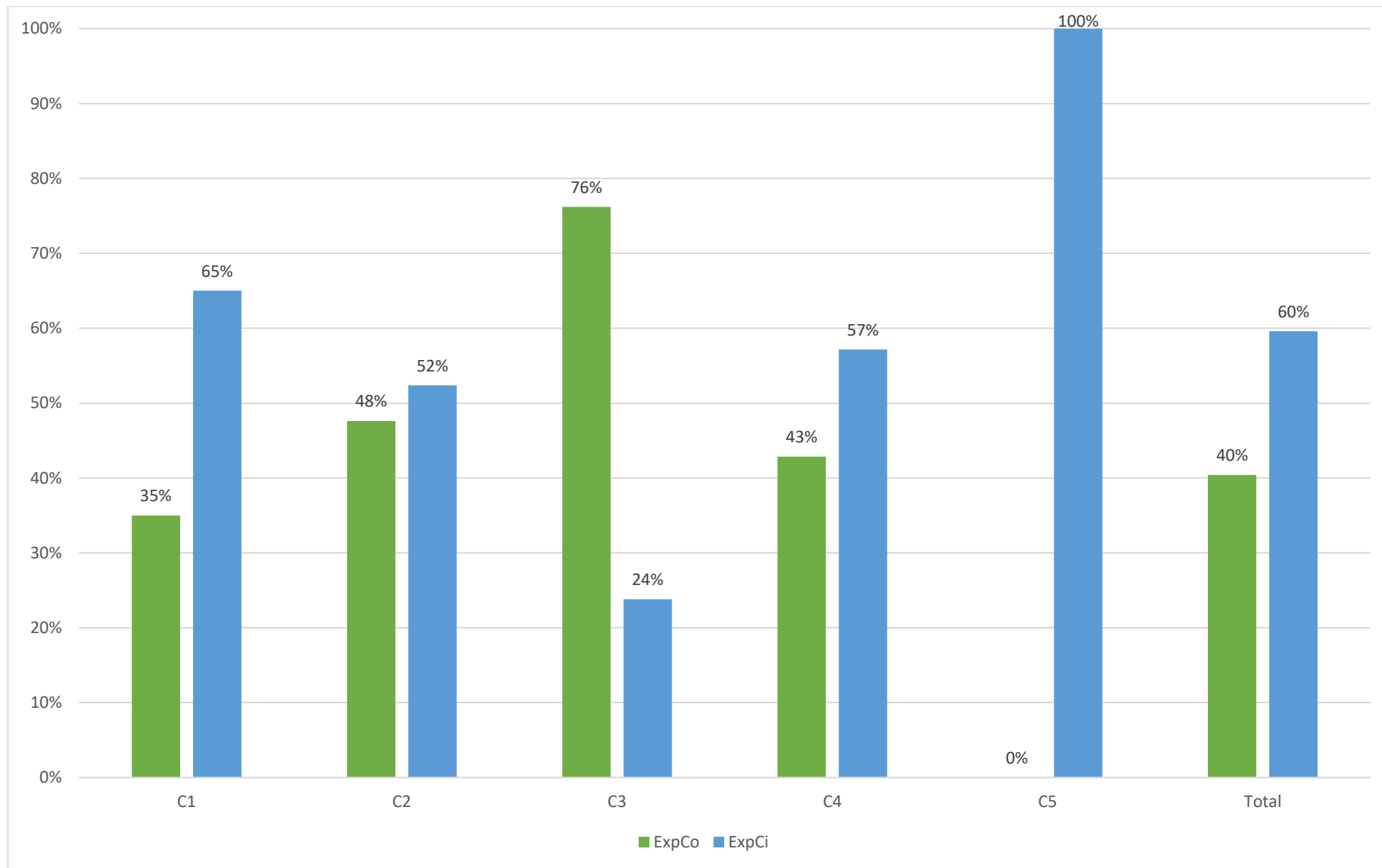
Categoria/Estrato	C1	C2	C3	C4	C5	Total
ExpCo	2	1	6	2	0	11
ExpCi	5	6	1	5	7	24
% ExpCo	29%	14%	86%	29%	0%	31%
% ExpCi	71%	86%	14%	71%	100%	69%

Eletroquímica



Global (Panorama da Intervenção)

Categoria/Estrato	C1	C2	C3	C4	C5	Total
ExpCo	7	10	16	9	0	42
ExpCi	13	11	5	12	21	62
% ExpCo	35%	48%	76%	43%	0%	40%
% ExpCi	65%	52%	24%	57%	100%	60%



Anexos

Anexo A: Questionário VASI

Original

Views About Scientific Inquiry

Name: _____

Class: _____

Date: _____

The following questions are asking for your views related to science and scientific investigations. There are no right or wrong answers.

Please answer each of the following questions. You can use all the space provided to answer a question and continue on the back of the pages if necessary.

1. A person interested in birds looked at hundreds of different types of birds who eat different types of food. He noticed that birds who eat similar types of food, tended to have similar shaped beaks. For example, birds that eat hard-shelled nuts have short, strong beaks, and birds that eat insects have long, slim beaks. He wondered if the shape of a bird's beak was related to the type of food the bird eats and he began to collect data to answer that question. He concluded that there is a relationship between beak shape and the type of food birds eat.

a. Do you consider this person's investigation to be scientific? Please explain why or why not.

b. Do you consider this person's investigation to be an experiment? Please explain why or why not.

c. Do you think that scientific investigations can follow more than one method?

If no, please explain why there is only one way to conduct a scientific investigation.

If yes, please describe two investigations that follow different methods, and explain how the methods differ and how they can still be considered scientific.

2. Two students are asked if scientific investigations must always begin with a scientific question. One of the students says "yes" while the other says "no". Whom do you agree with and why?

3. (a) If several scientists ask the **same question** and follow the **same procedures** to collect data, will they necessarily come to the **same conclusions**? Explain why or why not.

(b) If several scientists ask the **same question** and follow **different procedures** to collect data, will they necessarily come to the same conclusions? Explain why or why not.

4. Please explain if "data" and "evidence" are different from one another.

5. Two teams of scientists were walking to their lab one day and they saw a car pulled over with a flat tire. They all wondered, "Are certain brands of tires more likely to get a flat?"

Team A went back to the lab and tested various tires' performance on one type of road surface.

Minutes of light each day	Plant growth-height (cm per week)
0	25
5	20
10	15
15	5
20	10
25	0

Team B went back to the lab and tested one tire brand on three types of road surfaces.

Explain why one team's procedure is better than the other one.

6. The data table below shows the relationship between plant growth in a week and the number of minutes of light received each day.

Given this data, explain which one of the following conclusions you agree with and why.

Please circle one:

- a) Plants grow taller with **more** sunlight.
- b) Plants grow taller with **less** sunlight.
- c) The growth of plants is **unrelated** to sunlight.

Please explain your choice of a, b, or c below:

7. The fossilized bones of a dinosaur have been found by a group of scientists. Two different arrangements for the skeleton are developed as shown below.

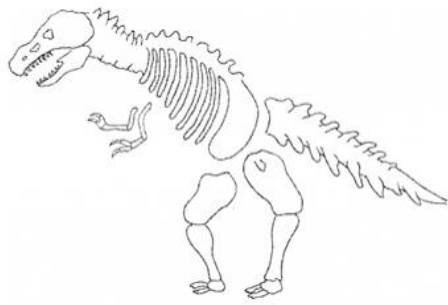


Figure 1

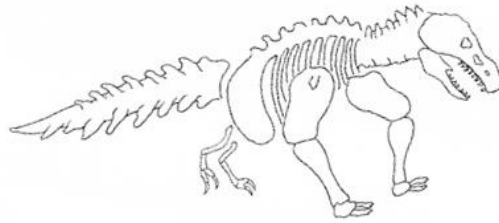


Figure 2

- a. Describe at least two reasons why you think most of the scientists agree that the animal in *figure 1* had the best sorting and positioning of the bones?
- b. Thinking about your answer to the question above, what types of information do scientists use to explain their conclusions?