

JOÃO PEDRO MOLINA GIL

**AS RELAÇÕES ENTRE UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA  
INVESTIGATIVA EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E A  
MOTIVAÇÃO DOS ESTUDANTES.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Química,  
Universidade Estadual Paulista, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Mestre em  
Química

Orientador: Prof. Dr. Denis Ricardo Martins de  
Godoi

Coorientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Araraquara

2023

G463r

Gil, João Pedro Molina

As relações entre uma intervenção pedagógica investigativa em atividades experimentais e a motivação dos estudantes / João Pedro Molina Gil. --

Araraquara, 2023

225 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Química, Araraquara

Orientador: Denis Ricardo Martins de Godoi

Coorientador: Amadeu Moura Bego

1. Motivação na educação. 2. Ensino Metodologia. 3. Aprendizagem baseada em problemas. 4. Aprendizagem experimental. 5. Autodeterminação (Educação). I. Título.

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 potencial desta pesquisa**

O ensino laboratorial e as atividades experimentais são importantes para o processo de ensino-aprendizagem de química, mas é necessário alterar a perspectiva de ensino centrada no professor e/ou no conteúdo e passar a dar foco ao aluno, especialmente no ensino superior. Além disso, o aspecto psicológico dos estudantes é muito negligenciado nas pesquisas educacionais, sendo que a aprendizagem está diretamente interligada ao bem-estar psicológico e ao estado motivacional dos estudantes. Assim, este trabalho objetivou alocar os alunos no centro das atividades laboratoriais e, conseqüentemente, do processo de aprendizagem, e analisar como experimentos investigativos agem sobre a motivação dos estudantes. A metodologia investigativa utilizada nesta pesquisa é conhecida mundialmente por estimular o interesse dos alunos, aumentar seu engajamento, promover comportamentos positivos para a aprendizagem e, conseqüentemente, aumentar a motivação dos estudantes. Espera-se que essa pesquisa estimule os professores e os pesquisadores de ensino de química a reconhecerem: i) a relevância da motivação e do bem-estar psicológico para a aprendizagem; ii) as vantagens para a aprendizagem ao substituir experimentos tradicionais por investigativos; e iii) a necessidade de estimular os alunos por meio de metodologias ativas. De maneira geral, espera-se que este trabalho contribua para o desenvolvimento da educação brasileira.

## **Potential impact of this research**

Laboratory teaching and experimental activities are important for the teaching-learning process in chemistry, but it is necessary to change the teaching perspective centered on the instructor and/or content and focus on the student, especially in higher education. In addition, the psychological aspect of students is very neglected in educational research, despite the fact that learning is directly linked to the psychological well-being and motivational state of students. Thus, this work aimed to allocate students at the center of laboratory activities and, consequently, of the learning process, and to analyze how investigative experiments act on students' motivation. The Inquiry methodology used in this research is known worldwide for stimulating students' interest, increasing their engagement, promoting positive learning behaviors and, consequently, increasing student motivation. It is hoped that this research will encourage researchers and chemistry teachers to recognize: i) the relevance of motivation and psychological well-being for learning; ii) the advantages for learning when replacing traditional experiments with investigative ones; and iii) the need to stimulate students through active methodologies. In general, it is expected that this work will contribute to the development of Brazilian education.

## DADOS CURRICULARES

### IDENTIFICAÇÃO

Nome: João Pedro Molina Gil

Nome em Citações Bibliográficas: GIL, J. P. M.

Nascimento: 07/09/1996

Nacionalidade: Brasileiro

Naturalidade: Araraquara, SP

### FORMAÇÃO ACADÊMICA

<b>2015-2020</b>	Graduação em Bacharelado em Química Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Instituto de Química
<b>2021 – Em Andamento</b>	Graduação em Licenciatura em Química Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Instituto de Química
<b>2020 – 2023</b>	Mestrado em Química Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Instituto de Química

### PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

### PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS

- Participação, como Avaliador, do XXXIII Congresso de Iniciação Científica da UNESP – IQ/Araraquara, realizado nos dias 28 e 29 de outubro de 2021, avaliando na modalidade “Ciências Exatas e da Terra” e na área temática “Ciências Exatas e da Terra – Química”.
- Participação, como ouvinte, do XV Evento de Educação em Química – EVEQ, realizado no período de 19 a 21 de janeiro de 2022, no Instituto de Química da UNESP - *campus* de Araraquara.

## AGRADECIMENTOS

Este é um trabalho realizado com esforço conjunto, portanto agradeço a diversas pessoas, primeiramente, meus pais Alessandra e Everaldo por todo o apoio e suporte proporcionado em momentos de dificuldade e por todo carinho. Especialmente minha mãe, que sempre me encorajou a seguir estudando, seguir meu coração e a fazer as coisas no meu tempo.

Agradeço ao Prof. Denis Ricardo Martins de Godoi pela confiança, por abrir as portas de seu grupo de pesquisa para desenvolver este projeto, por todos os anos de ensinamento e por me ensinar o significado de perseverança e dedicação.

Ao Prof. Dr. Amadeu Moura Bego, por seus ensinamentos, suporte e presença no decorrer deste trabalho. Sua dedicação me mostrou o peso das responsabilidades de um pesquisador.

Agradeço a todos os membros do grupo RIPEQ, por proporcionar momentos de ensino e apoio, além dos momentos de descontração. Agradecimentos especiais ao Matheus Zytkeuwisz e ao Vagner Moralles por estarem presente em boa parte da minha trajetória durante esse mestrado.

Agradeço à minha família, especialmente minha falecida tia Eliana Molina Gil por sempre me incentivar a percorrer o trajeto do ensino superior ao máximo e por me levar em diversos vestibulares; serei eternamente grato por todos os seus esforços e sempre carregarei sua lembrança em meu coração. E aos meus avós Nelson e Margarida por todo amor e carinho que eles me deram.

Aos meus amigos pelo convívio e suporte nos momentos cruciais, assim como nos momentos felizes também.

Agradeço especialmente aos servidores do Instituto de Química, em especial ao Rogério, pois a atuação desse técnico de laboratório fenomenal foi essencial para a realização da nossa intervenção investigativa.

Ao Prof. Dr. Márlon Pessanha e à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cláudia Kasseboehmer pelos importantes apontamentos durante o exame de qualificação. As nossas discussões foram de grande importância para a fundamentação desta pesquisa e para a produção de uma pesquisa que fosse relevante para o cenário educacional brasileiro.

Aos alunos da turma de licenciatura do IQ/Ar, pois todos decidiram participar e contribuir para o meu trabalho, uma turma magnífica.

Por fim agradeço ao auxílio financeiro da CAPES.

*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001*

## RESUMO

As aulas experimentais são utilizadas como estratégias para estimular a motivação dos estudantes para aprender e para aperfeiçoar a qualidade do processo de aprendizagem de conceitos científicos abstratos. A metodologia de Ensino por Investigação é usada para aperfeiçoar os protocolos do laboratório didático de forma a estimular o engajamento do aluno, desenvolver habilidades cognitivas e auxiliar na construção de novos conhecimentos. As Sequências de Ensino Investigativas propostas por Carvalho foram adaptadas para o ensino superior e, assim, embasaram o desenvolvimento de uma intervenção pedagógica investigativa que foi aplicada em uma disciplina anual do curso de licenciatura em química do Instituto de Química da UNESP Araraquara. Os novos experimentos investigativos foram desenvolvidos para instigar os alunos a assumirem postura ativa no processo de aprendizagem e desenvolver noções de Natureza da Ciência. Além disso, também foram elaborados para estimular a motivação dos estudantes, pois este construto psicológico está relacionado com a forma pela qual eles se envolvem nos experimentos. A Teoria da Autodeterminação possibilita analisar a motivação dos estudantes, dada a robustez de seus princípios, a fundamentação empírica e sua relevância no contexto de pesquisa em educação. A TAD elenca diferentes qualidades motivacionais de acordo com os estímulos providos para três necessidades psicológicas distintas. Diante desse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi analisar as relações que surgiram entre a progressão dos graus de liberdade intelectual de uma intervenção pedagógica investigativa em uma disciplina experimental de química e a motivação dos estudantes. Foi desenvolvida uma pesquisa não-experimental de caráter misto, embasada no *Design-Based Research*, e os dados coletados por meio do *The Situational Motivation Scale* foram analisados quantitativa e qualitativamente para determinar as variações motivacionais observadas nos perfis dos alunos. Com base nos dados obtidos, percebeu-se que a intervenção teve uma influência neutra sobre o perfil motivacional dos estudantes, dado que ao longo de toda a intervenção, sempre houve predomínio das motivações autônomas, especificamente a regulação identificada. Dado o perfil motivacional, pode-se afirmar que as metas extrínsecas, como obtenção de notas e motivos egóicos, foram objetivos secundários quando comparados à prioridade dada aos estímulos para o interesse e à internalização dos valores do conhecimento químico e das habilidades científicas. Apesar dessa constância no perfil motivacional, os dados evidenciaram que houve influência da intervenção sobre as intensidades das orientações motivacionais, visto que as motivações autônomas reduziram em magnitude, enquanto as motivações controladas aumentaram. Acredita-se que tal redução foi causada por desestímulos à necessidade de competência dos estudantes. Por isso, foi proposto um *redesign* da intervenção que alterou alguns elementos, objetivando aumentar o desenvolvimento da autoconfiança dos estudantes e facilitar sua adaptação aos moldes investigativos. Em conjunto com os *princípios de design* elencados, a adaptação da proposta da SEI de Carvalho para o ensino superior se mostrou uma estratégia bastante intrigante para ser utilizada em disciplinas introdutórias de química, especialmente após o aperfeiçoamento do *design* da intervenção. Assim, a estrutura da intervenção pedagógica investigativa se mostrou satisfatória perante uma análise da perspectiva psicológica e motivacional dos licenciandos.

**Palavras-Chave:** Ensino por Investigação; Sequência de Ensino Investigativa; motivação; perfil motivacional; Teoria da Autodeterminação.

## ABSTRACT

Experimental classes are used as strategies to stimulate students' motivation to learn and to improve the quality of the learning process of abstract scientific concepts. Inquiry methodology is used to improve the didactic laboratory protocols in order to encourage student engagement, develop cognitive skills and assist in the construction of new knowledge. Carvalho's Sequências de Ensino Investigativas were adapted for higher education and, thus, supported the development of an investigative pedagogical intervention that was applied in an annual discipline of the undergraduate course in chemistry at the Institute of Chemistry of UNESP Araraquara. The new investigative experiments were developed to encourage students to take an active role in the learning process and develop notions of the Nature of Science. In addition, they were also designed to stimulate student motivation, as this psychological construct is related to the way in which they engage in experiments. The Theory of Self-Determination supported the analysis of students' motivation, given the robustness of its principles, its empirical foundation and its relevance in the context of research in education. The SDT lists different motivational qualities according to the stimuli provided for three distinct psychological needs. Given this context, the objective of this research was to analyze the relationships that emerged between the progression degrees of intellectual freedom of an investigative pedagogical intervention in an experimental chemistry discipline and students' motivation. A mixed non-experimental research, based on Design-Based Research, was developed and the data collected through The Situational Motivation Scale were analyzed quantitatively and qualitatively to determine the motivational variations observed in the students' profiles. Based on the data obtained, it was noticed that the intervention had a neutral influence on students' motivational profile, given that throughout the entire intervention, there was always a predominance of autonomous motivations, specifically the identified regulation. Given the motivational profile, it can be said that extrinsic goals, such as obtaining grades and egoic motives, were secondary objectives when compared to the priority given to stimuli for interest and the internalization of the values of chemical knowledge and scientific skills. Despite this constancy in the motivational profile, the data showed that there was an influence of the intervention on the intensities of the motivational orientations, since the autonomous motivations reduced in magnitude, while the controlled motivations increased. It is believed that this reduction was caused by disincentives to the students' need for competence. Therefore, a redesign of the intervention was proposed, which changed some elements, aiming to increase the development of students' self-confidence and facilitate their adaptation to the investigative framework. Together with the listed design principles, the adaptation of Carvalho's SEI proposal for higher education proved to be a very intriguing strategy to be used in introductory chemistry courses, especially after refining the intervention design. Thus, the structure of the investigative pedagogical intervention proved to be satisfactory in view of an analysis of the psychological and motivational perspective of the undergraduates.

**Keywords:** Inquiry-Based Teaching; Investigative Teaching Sequence; motivation; motivational profile; Self-determination Theory.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – O <i>continuum</i> de autodeterminação mostrando tipos de motivação com seus estilos reguladores, loci de causalidade e processos correspondentes. ....	<b>28</b>
<b>Figura 2</b> – Etapas da metodologia DBR.....	<b>81</b>
<b>Figura 3</b> – Síntese dos movimentos realizados ao longo de cada SEI da intervenção. ....	<b>87</b>
<b>Figura 4</b> – Cronograma de atividades do 2º semestre de 2022 da disciplina LEQG.....	<b>88</b>
<b>Figura 5</b> – Representação esquemática dos momentos de coleta de dados. ....	<b>105</b>
<b>Figura 6</b> – Perfis descritores das motivações situacionais dos licenciandos ao longo da intervenção investigativa.....	<b>109</b>
<b>Figura 7</b> – Variação dos valores de RAI ao longo da intervenção pedagógica investigativa. ....	<b>111</b>
<b>Figura 8</b> – Motivação situacional os licenciandos após a 2ª SEI – Cinética Química. ....	<b>123</b>
<b>Figura 9</b> – Seis tipos de perfis motivacionais. ....	<b>131</b>
<b>Figura 10</b> – Gráfico de barras mostrando as intensidades de cada nível motivacional dos estudantes do sexo masculino no decorrer da intervenção investigativa. ....	<b>140</b>
<b>Figura 11</b> – Gráfico de barras mostrando as intensidades de cada nível motivacional das estudantes do sexo feminino no decorrer da intervenção investigativa. ....	<b>141</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Motivações situacionais dos licenciandos no decorrer da intervenção investigativa, a intensidade dos níveis motivacionais e o valor de RAI. ....	<b>109</b>
<b>Tabela 2</b> – Variação da motivação situacional dos estudantes entre a 1ª e a 2ª Coleta. ....	<b>114</b>
<b>Tabela 3</b> – Níveis motivacionais dos estudantes antes de iniciar a intervenção. ....	<b>119</b>
<b>Tabela 4</b> – Níveis motivacionais dos estudantes após a SEI de termoquímica. ....	<b>119</b>
<b>Tabela 5</b> – Variação da motivação situacional dos estudantes entre a 1ª, 2ª e 3ª coletas.....	<b>121</b>
<b>Tabela 6</b> – Níveis motivacionais dos estudantes após a SEI de cinética química.....	<b>124</b>
<b>Tabela 7</b> – Variação da motivação situacional dos estudantes entre a 1ª, 3ª e 4ª coletas.....	<b>125</b>
<b>Tabela 8</b> – Níveis motivacionais dos estudantes após a SEI de eletroquímica. ....	<b>128</b>
<b>Tabela 9</b> – Motivações situacionais dos estudantes do sexo masculino no decorrer da intervenção investigativa, a intensidade dos níveis motivacionais e o valor de RAI. ....	<b>140</b>
<b>Tabela 10</b> – Motivações situacionais das estudantes do sexo feminino no decorrer da intervenção investigativa, a intensidade dos níveis motivacionais e o valor de RAI. ....	<b>141</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Graus de liberdade do professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais. ....	<b>57</b>
<b>Quadro 2</b> – Graus de Liberdade Intelectual dos alunos em uma SEI adaptada ao Ensino Superior. .	<b>64</b>
<b>Quadro 3</b> – Comportamentos de professores mostrados empiricamente como apoiadores da autonomia, e aqueles mostrados como controladores. ....	<b>74</b>
<b>Quadro 4</b> – Excerto adaptado da estrutura curricular de 2019 da Licenciatura em Química .....	<b>76</b>
<b>Quadro 5</b> – Extrato do plano de ensino da disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral de 2022.....	<b>77</b>
<b>Quadro 6</b> – Resumo das sugestões de <i>redesign</i> para a intervenção pedagógica investigativa. ....	<b>166</b>
<b>Quadro 7</b> – Resumo das particularidades positivos do <i>redesign</i> da intervenção investigativa. ....	<b>167</b>
<b>Quadro 8</b> – Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de termoquímica em nossa intervenção.....	<b>184</b>
<b>Quadro 9</b> – Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de cinética química em nossa intervenção.....	<b>185</b>
<b>Quadro 10</b> – Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de Eletroquímica em nossa intervenção. ....	<b>187</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DBR - *Design-Based Research*

IES – Instituição de Ensino Superior

IQ/Ar – Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Araraquara

LEQG – Laboratório de Ensino de Química Geral

NdC – Natureza da Ciência

NiC – Natureza da Investigação Científica

RAI – Relative Autonomy Index

SEI – Sequência de Ensino Investigativa

SIMS – The Situational Motivation Scale

TAC – Teoria da Avaliação Cognitiva

TAD – Teoria da Autodeterminação

TIO – Teoria da Integração Organísmica

TNPB – Teoria das Necessidades Psicológicas Básicas

TOC – Teoria da Orientação da Causalidade

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

# Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 TEORIA DA AUTODETERMINAÇÃO .....</b>	<b>20</b>
2.1 Motivação: Contexto Histórico.....	20
2.2 As relações entre aprendizagem e motivação no contexto escolar.....	22
2.3 A Teoria da Autodeterminação.....	24
2.4 Breve análise dos moldes tradicionais sob a perspectiva da TAD .....	38
2.5 Estudos motivacionais no cenário brasileiro de ensino de Química.....	43
<b>3 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>48</b>
3.1 Introdução.....	48
3.2 Sequência de Ensino Investigativo de Anna Maria Pessoa de Carvalho .....	52
3.3 Crítica à proposta de Sequência de Ensino Investigativo.....	58
3.4 Proposta de adaptação da SEI de Carvalho para o Ensino Superior.....	61
3.5 Elementos de <i>Design</i> da Intervenção Pedagógica Investigativa .....	67
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>76</b>
4.1 Contexto de pesquisa.....	76
4.2 Tipo de pesquisa .....	78
4.3 Desenho de pesquisa: <i>Design-Based Research</i> (DBR) .....	80
4.4 Detalhamento do <i>design</i> : a Intervenção Pedagógica Investigativa .....	84
4.4.1 Descrição da intervenção .....	84
4.4.2 O contexto de ensino e os sujeitos de pesquisa .....	97
4.5 Instrumentos de coleta de dados .....	101
4.6 Tratamento e Análise dos dados .....	105
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>108</b>
5.1 Análise da motivação dos estudantes durante a Intervenção Pedagógica Investigativa .....	108
5.1.1 Análise da variação motivacional durante a intervenção .....	111
5.2 Perfil motivacional dos licenciandos .....	129
5.2.1 Perfil motivacional do sexo feminino e masculino.....	139
5.3 Análise do <i>design</i> da Intervenção Pedagógica Investigativa.....	144
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>168</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>173</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>183</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>221</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A química é uma ciência predominada por um caráter experimental, então o ensino e a aprendizagem de conhecimentos, habilidades e técnicas desta ciência deve envolver a realização de experimentos em laboratórios didáticos (AGUSTIAN *et al.*, 2022; GRUSHOW *et al.*, 2022). As atividades experimentais são estratégias poderosas para o ensino de química, pois elas podem adequar conhecimentos científicos abstratos para facilitar a aprendizagem, abordar temas relevantes sobre a sociedade atual (*e.g.*, problemas ambientais) e proporcionar contato com equipamentos tecnológicos (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004; JALIL, 2006).

Professores e pesquisadores elencam argumentos de natureza epistemológica, processual e cognitiva para defender que o laboratório não é somente espaço para a aprendizagem, mas também para o desenvolvimento de habilidades relacionadas a investigação científica (HODSON, 2005). A orientação e auxílio de técnicos e professores torna o laboratório didático em um ambiente propício para os alunos desenvolverem diversas habilidades, como as cognitivas (*e.g.* análise de problemas, elaboração de hipóteses, coleta e análise crítica dos dados) e as manipulativas (*e.g.* manuseio de equipamentos e reagentes, noções de risco e perigo) (HODSON, 2005; SUART; MARCONDES, 2009).

Apesar da atividade experimental possuir uma natureza multifacetada, podendo abordar vários objetivos de ensino de maneiras diferentes, ela não tem fim em si mesma, ou seja, não é um meio universal que possibilita a abordagem de todos os conteúdos curriculares e objetivos de ensino de forma mais eficiente do que outros recursos educacionais. Portanto, o professor que planeja uma atividade experimental deve definir os conteúdos e habilidades que serão desenvolvidas e delimitar os objetivos de ensino para direcionar o aluno e facilitar sua aprendizagem (WILKINSON; WARD, 1997; AGUSTIAN *et al.*, 2022).

Entretanto, o que se observa frequentemente são atividades experimentais muito abrangentes, com vários objetivos diferentes, que podem afetar negativamente a aprendizagem, pois os estudantes não compreendem o foco do experimento a ser realizado (WILKINSON; WARD, 1997; HOFSTEIN; 2017). Hofstein e Kind (2011) analisaram as publicações entre o período de 1960 e 2005 acerca do uso do laboratório didático e constataram que várias pesquisas evidenciaram uma má utilização deste ambiente de ensino; geralmente, os experimentos são embasados nos moldes tecnicistas e tradicionais, com enfoque

sobre a demonstração de princípios químicos e confirmação de conteúdos conceituais, objetivando o cumprimento do currículo estipulado.

Este modo de instrução laboratorial é também conhecido como *cookbook*, no qual os estudantes seguem procedimentos como receitas, frequentemente sem compreender o objetivo da atividade experimental (DOMIN, 1999; HODSON, 2005). Tais moldes tradicionais podem induzir uma postura passiva nos alunos, pois seu único papel é executar o procedimento experimental, não havendo espaço para analisá-lo, criticá-lo ou alterá-lo, visto que os resultados são predeterminados pelo roteiro experimental (HOFSTEIN; LUNETTA, 2017). É dado foco para as habilidades manipulativas, visto o pouco espaço para questionamentos e uso de habilidades cognitivas (HOFSTEIN; KIND, 2011; HOFSTEIN, 2017).

O ensino laboratorial, nessa abordagem tradicional, é centrado no conteúdo, de maneira que o embasamento metodológico dos experimentos didáticos se volta para o que é externo ao aluno: o currículo, o plano de ensino, as disciplinas, o professor (MIZUKAMI, 1986; FERREIRA *et al.*, 2022). Tal ensino visa garantir que o conhecimento seja transmitido, independente da aprendizagem do aluno, de seus interesses e vontades. Tal ponto é evidenciado por Hodson (2005); ao analisar a literatura, o autor constatou que vários estudantes acreditam que o objetivo primário das atividades experimentais consiste em seguir os passos de um roteiro utilizando uma técnica específica, manusear instrumentos e equipamentos, alcançar o resultado correto, fazer o relatório e repetir estes passos em outros experimentos. O cenário nacional não está isento dessa realidade, dada a hegemonia dos experimentos tradicionais em laboratórios didáticos (KASSEBOEHMER; FERREIRA; GUZZI, 2012; FERREIRA *et al.*, 2022).

Diversas pesquisas motivacionais voltadas para o ensino de química apontaram que os experimentos *cookbooks* são potencialmente prejudiciais para a motivação dos estudantes e, conseqüentemente, para a aprendizagem (CLEMENT; CUSTÓDIO; ALVES, 2015; BATISTA; WENZEL, 2021; FAITANINI, BROTONES, 2021). Tanto que notou-se uma redução da motivação de universitários conforme eles avançam na graduação; inicialmente, eles apresentam alta motivação, entretanto, ela se reduz lentamente até observar-se um declínio nos últimos semestres do curso, nos quais os alunos apresentam tédio e desinteresse pelas aulas experimentais (HODSON, 2005; HOFSTEIN; KIND, 2011).

Os moldes do ensino tradicional também podem ser responsáveis pela alta taxa de evasão dos cursos de ciências exatas como Química e Física no cenário nacional (MAZZETTO; BRAVO; CARNEIRO, 2002; BELLUCCO; CARVALHO, 2014; DAITX; LOGUERCIO; STRACK, 2016; ARRIGO; SOUZA; BROIETTI, 2017). Os moldes tradicionais providenciam um ensino desestimulante, desinteressante e desconexo que podem levar alunos a desistir dos cursos de ciências exatas (BELLUCCO; CARVALHO, 2014) por ser potencialmente desmotivador e promotor de comportamentos passivos. Assim, a predominância de experimentos *cookbooks* no cenário do Ensino Superior é muito criticada internacionalmente, pois tais protocolos falham em providenciar oportunidades para os alunos desenvolverem habilidades científicas (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004; ZOMPERO; LABURÚ, 2010; VARADARAJAN; LADAGE, 2022).

Não pretendemos formar uma lista exaustiva de apontamentos sobre as falhas do ensino tradicional, assim como não é intuito desta pesquisa desconsiderar todas as conquistas educacionais alcançadas por meio dessa abordagem. Tampouco pretendemos dizer que tal abordagem tradicional não garante aprendizagem de qualidade, pois há várias formas de conceber a educação de acordo com os objetivos de ensino estipulados. Por sua própria natureza, a educação não é uma realidade acabada, totalmente determinada e especificada em suas diversas características (MIZUKAMI, 1986). Mas é exatamente pela realidade inacabada da educação que o ensino tradicional precisa perder sua hegemonia nas salas de aula e laboratórios didáticos.

É preciso superar a visão simplista da experimentação voltada para a verificação de conhecimentos teóricos e avançar para um formato que instigue maiores relações entre teoria e empiria, contemplando os diferentes níveis da linguagem e do conhecimento químico (BATISTA; WENZEL, 2021). O desenvolvimento da sociedade, o avanço da tecnologia e o crescimento exponencial do corpo de conhecimentos científicos produzidos a partir do século XX impossibilita ensinar tudo aos alunos, então é preciso valorizar a qualidade da aprendizagem, e não mais a quantidade (CARVALHO, 2013). Da mesma forma, é preciso compreender que a formação de pensamento teórico e de conduta investigativa só é possível como resultado da própria atividade de aprendizagem do aluno, sendo tão importante quanto a atividade de ensino do professor.

Assim, surgiram novos movimentos como o construtivismo, que certamente foi predominante no cenário educacional nas últimas décadas, de maneira que, segundo Matthews (2000), muitos diriam que esse movimento influenciou fortemente o cenário de ensino contemporâneo de Ciências. Essa ideologia inverteu o papel entre aluno e professor, colocando os estudantes no centro do processo de ensino-aprendizagem. Nessa perspectiva, o conhecimento não é transmitido pelo professor e passivamente aprendido pelo aluno, mas é ativamente construído pelo aluno durante seu envolvimento com os processos de aprendizagem (MIZUKAMI, 1986; CARVALHO, 2013).

Tal destaque sobre o movimento construtivista instigou novas formas de pensar e produzir atividades experimentais e, assim, o movimento investigativo ganhou maior visibilidade nos últimos 50 anos, apesar de existir desde o século XIX (ABD-EL-KHALICK et al., 2004; DEBOER, 2006; VARADARAJAN; LADAGE, 2022). Diversas configurações do ensino investigativo são desenhadas e aplicadas no Ensino de Ciências anualmente como apontam Zompero e Laború (2011), especialmente no cenário internacional, que se encontra mais avançado que o contexto brasileiro (FERREIRA *et al.*, 2022; GRUSHOW *et al.*, 2022).

Por outro lado, ao fornecer maior enfoque para os alunos nos processos de ensino e aprendizagem, o movimento construtivista também incentivou outras áreas de pesquisas, como a análise da motivação dos estudantes sobre seus comportamentos e aprendizagem. Os níveis e os tipos de motivação dos alunos são fatores determinantes para o processo de aprendizagem do aluno, pois ambos são mutuamente interrelacionados (KELLER, 2010; RYAN; DECI, 2017). Os alunos motivados exercem comportamentos positivos para a aprendizagem com maior frequência, como interesse, engajamento e foco; além disso, os alunos motivados também apresentam maior bem-estar e satisfação em ambientes educacionais (RYAN; DECI, 2000, 2017).

Estudos internacionais já constataram que, dentre diversos fatores relacionados ao ambiente educacional, o modo de instrução dos professores afeta a motivação para aprender dos alunos (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017; KELLER; 2010). As metodologias ativas, em particular o Ensino por Investigação, ganharam destaque internacional devidamente por alterarem a postura do professor e por considerarem o interesse e a motivação dos alunos sobre a aprendizagem, assim como sua participação ativa.



Entretanto, o ensino tradicional ainda é predominante nos laboratórios didáticos nacionais, tanto no nível básico quanto no superior, e tal cenário é ainda mais preocupante se considerarmos a falta de pesquisas sobre a influência da motivação e da participação ativa dos estudantes sobre sua própria aprendizagem (CAMPOS; KALHIL, 2019; BATISTA; WENZEL, 2021; FERREIRA *et al.*, 2022; SOUZA *et al.*, 2022). Ou seja, além do cenário internacional estar adiantado em relação ao cenário brasileiro nas pesquisas sobre o Ensino de Ciências por Investigação, também tomaram a dianteira nas pesquisas motivacionais sobre a aprendizagem (FERREIRA *et al.*, 2022; SOUZA *et al.*, 2022).

Diversos pesquisadores demonstraram e/ou defenderam a eficácia de atividades investigativas tanto para a aprendizagem quanto para a motivação (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004; HODSON, 2005; FLICK; LEDERMAN, 2006; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; CARVALHO, 2013; 2018; XU; TALANQUER, 2013), entretanto, ainda existe um paradigma educacional enraizado na abordagem tradicional (BUCHANAN *et al.*, 2016). O Ensino por Investigação ainda não está bem estabelecido nos currículos de escolas e universidades no contexto nacional de ensino de ciências (SÁ *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2022), mesmo sendo encontrado como recomendação na Base Nacional Comum Curricular (MEC, 2017).

Da mesma forma, a análise da motivação dos estudantes é pouco explorada no Brasil, tanto na educação básica quanto no nível superior (FERREIRA *et al.*, 2022; SOUZA *et al.*, 2022). A motivação é internacionalmente negligenciada em pesquisas educacionais (RYAN; DECI, 2007), sendo uma área pouco explorada no Brasil – e tal cenário é ainda mais preocupante para o Ensino de Química (BATISTA; WENZEL, 2021; FAITANINI; BRETONES, 2021; SOUZA *et al.*, 2022).

Assim, o enfoque deste projeto é direcionado para elaborar uma intervenção pedagógica investigativa em atividades laboratoriais pautada nas propostas de Carvalho (2013; 2018) de situações-problema e graus de liberdade intelectual e analisar sua influência sobre a motivação para aprender dos estudantes.

Após uma revisão bibliográfica da literatura da área, não foram encontradas pesquisas que avaliassem a influência da progressão dos graus de liberdade intelectual do Ensino por Investigação sobre a motivação de estudantes no nível superior de ensino. Portanto, deseja-se adaptar a proposta de SEI de Carvalho (2013; 2018) para o ensino superior, analisar a influência dos experimentos investigativos sobre a motivação dos estudantes e contribuir para a literatura

nacional com atividades estimulantes para a motivação dos estudantes. Em linhas gerais, objetiva-se analisar o impacto dessa intervenção pedagógica investigativa sobre a motivação dos alunos e sua adequação ao nível superior de ensino.

Visando contornar certos diversos desafios de implementação do Ensino por Investigação elencados por Carvalho (2010; 2012), a perspectiva do Design-Based Research (DBR) foi escolhida como proposta metodológica para embasar esta pesquisa e suportar o desenvolvimento de atividades investigativas com diferentes graus de liberdade intelectual, pois ela suporta intervenções pedagógicas em ambientes de ensino (DBR-COLLECTIVE, 2003; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

Dessa forma, definiu-se o seguinte problema de pesquisa: “Qual a relação entre a progressão dos graus de liberdade intelectual em atividades experimentais de uma intervenção pedagógica investigativa e a motivação para aprender dos estudantes de química no âmbito de uma disciplina laboratorial do Ensino Superior?”. Este problema inicial foi desdobrado em três questões de pesquisa para melhor responder a esse problema. Tal divisão também facilita a apresentação dos instrumentos de coleta de dados, assim como a explicação sobre os métodos de análise.

- Qual a relação entre a intervenção pedagógica investigativa e as orientações motivacionais dos alunos?

- Em que medida o perfil motivacional dos licenciandos é afetado por cada Sequência de Ensino Investigativa?

- Quais elementos do *design* da intervenção pedagógica investigativa possivelmente influenciaram a motivação dos alunos?

Apresentado o problema e as questões de pesquisa, faz-se necessário uma apresentação rápida acerca da organização dessa dissertação. O próximo capítulo apresenta o referencial teórico motivacional, a Teoria da Autodeterminação (TAD), trazendo uma breve descrição de seus pressupostos e da relação entre a motivação e a aprendizagem.

Em seguida, nos aprofundaremos na perspectiva metodológica adotada para este trabalho: o Ensino por Investigação, mais especificamente, as Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) da pesquisadora Anna Maria Pessoa de Carvalho. Neste capítulo discutimos a proposta da autora acerca de sua adequação ao ensino superior e trazemos nossa adaptação da proposta de SEI.

No capítulo posterior, são discutidos os procedimentos metodológicos da pesquisa: apresentamos o contexto de pesquisa; delimitamos o tipo de pesquisa adotada e o desenho metodológico; descrevemos os detalhes da intervenção pedagógica investigativa; e apresentamos os instrumentos de coleta de dados, assim como os métodos de análise.

No penúltimo capítulo, discutimos as alterações observadas nas orientações motivacionais dos alunos, levantamos o perfil motivacional da classe e analisamos os elementos de *design* que possivelmente afetaram a motivação dos estudantes. Também discutimos as implicações do *design* da intervenção para a motivação dos estudantes ingressantes em um curso de ensino superior.

No último capítulo, trazemos as discussões e as conclusões desta pesquisa, assim como as implicações que este trabalho pode trazer para a área acadêmica de ensino de química.

Por fim, a seção dos apêndices contém todos os experimentos investigativos elaborados com base na nossa proposta de SEI, objetivando contribuir para as futuras pesquisas experimentais em ensino de química.

## 2 TEORIA DA AUTODETERMINAÇÃO

### 2.1 Motivação: Contexto Histórico

O conceito motivação é amplamente utilizado no senso comum, em estudos psicológicos e na área da educação, de maneira que tal termo pode ser empregado com distintos significados, assim como definido de diferentes formas. Delimitar uma definição ou explicação para a motivação é complicado, pois existem diferentes teorias psicológicas com embasamentos e perspectivas próprias para este conceito científico. Em linhas gerais, Ryan e Deci (2017) definem a motivação como algo que move as pessoas para realizarem ações diversas ao longo da vida.

A partir do século XX, o conceito de motivação foi evoluindo conforme as teorias psicológicas se desenvolviam, se tornando cada vez mais explanatório e sofisticado (RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019). As teorias *behavioristas* (*i.e.*, teorias comportamentais) foram responsáveis por um grande avanço na área motivacional, predominando durante boa parte do século XX. Focada em analisar como fatores externos influenciavam os comportamentos humanos, o *behaviorismo* explicitava que as ações humanas eram instigadas por contingências externas, de maneira que o ambiente impulsiona o ser humano a agir, e guia seus desejos e necessidades (KANFER; CHEN, 2016; RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019). Assim, a motivação era compreendida como uma medida da propensão à ocorrência de um comportamento, portanto, um dos focos dessa linha consistia na aplicação de estímulos para assegurar a repetição de comportamentos humanos e garantir o desenvolvimento efetivo (KANFER; CHEN, 2016; RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019).

O comportamentalismo foi hegemônico durante boa parte do século XX, pois a manipulação das contingências externas produziu resultados muito satisfatórios para a área da psicologia, entretanto, os fenômenos psíquicos não foram satisfatoriamente explicados dentro deste paradigma (KANFER; CHEN, 2016; RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019). Assim, dois movimentos surgiram em reação, causando uma ruptura: i) o cognitivismo - estudo da cognição humana, da percepção de um indivíduo e dos fatores que desencadeiam uma dada ação; e ii) as necessidades psicológicas – estudo da influência de certos fatores psicológicos sobre a motivação para agir do ser humano (RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019).

As teorias cognitivistas se voltaram para a compreensão dos mecanismos e causas internas para os comportamentos humanos, buscando compreender a razão ou os porquês das escolhas em função de características pessoais. Sendo a

cognição o objeto de estudo do cognitivismo, a motivação é resultado da relação entre os comportamentos humanos e seu pensamento (SEVERO, 2014; RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019). Os estudos dessa área demonstraram que outros fatores além do ambiente social são determinantes para a análise da motivação e dos comportamentos humanos, como a expectativa que o indivíduo possui sobre o resultado de sua ação ou o sentimento de autoeficácia (KANFER; CHEN, 2016).

Dentre as teorias cognitivistas, emergem as teorias socio-cognitivistas, que consideram as influências tanto do ambiente quanto da cognição sobre os comportamentos humanos; há uma dialética entre estes aspectos, visto que o ser humano é influenciado pelo contexto social e o influencia com suas escolhas e vontades (RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019). Dado esse quadro mais amplo e confiável acerca da motivação humana, tal característica não é mais considerada um traço psicológico estável e imutável, pois o ambiente social pode afetar a motivação de diferentes formas, assim como o mesmo contexto pode ser percebido de diversas maneiras por cada indivíduo (RYAN; DECI, 2017). Essa abordagem elimina qualquer uniformização sobre a análise motivacional dos indivíduos (SEVERO, 2014; RYAN; DECI, 2017). Por exemplo, em contextos educacionais, o ambiente de ensino se apresenta de modo igual a todos os alunos, mas cada um faz um recorde único da realidade de acordo com o que lhe parece importante e relevante.

Em resposta ao *behaviorismo*, surgem também as teorias das necessidades psicológicas. Enquanto algumas teorias focavam na influência das necessidades fisiológicas sobre o estado psicológico humano, outras analisaram as influências das necessidades psicológicas dos indivíduos sobre a motivação e os comportamentos humanos (KANFER; CHEN, 2016; RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019). Em outras palavras, as teorias das necessidades psicológicas focaram na supressão ou reforço de certos parâmetros psicológicos considerados essenciais para o desenvolvimento humano para analisar como tais fatores psicológicos internos e singulares dos indivíduos afetavam seus comportamentos. Além dos fatores de eficácia e expectativa analisadas no cognitivismo, as teorias das necessidades psicológicas iniciaram a questionar como a curiosidade ou sentimentos de felicidade e realização afetavam a magnitude de um comportamento humano (RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019). Assim, surgem as teorias com foco na motivação intrínseca dos indivíduos – reguladas pelas necessidades psicológicas inerentes aos indivíduos – e sua relação

com certos comportamentos que podem ser impulsionados ou desincentivados de acordo com a satisfação das necessidades psicológicas (RYAN; DECI, 2017).

Apesar do aparente foco dado ao indivíduo, muitos teóricos das necessidades psicológicas também analisaram como fatores externos afetam a motivação do ser humano, especificamente, como afetam a motivação extrínseca. Em linhas gerais, estes teóricos estudavam como um ambiente pode estimular ou desestimular as necessidades psicológicas de um indivíduo e afetar sua motivação e seus comportamentos (RYAN; DECI, 2017). Assim, percebeu-se que a motivação é mutável e pode manifestar-se em variadas formas e intensidades diferentes de acordo com o estado do indivíduo e o ambiente no qual se encontra. Note que essas teorias das necessidades psicológicas adicionaram um fator de qualidade sobre a motivação, não se limitando somente ao fator quantidade, pois descrevem dois tipos de motivações (KANFER; CHEN, 2016; RYAN; BRADSHAW; DECI, 2019).

Finalizada essa análise histórica da motivação, iremos analisar na próxima seção as relações entre motivação, o ambiente escolar e a aprendizagem, com o intuito de elucidar alguns aspectos qualitativos e quantitativos destas relações.

## **2.2 As relações entre aprendizagem e motivação no contexto escolar**

Um indivíduo pode adquirir conhecimentos de diversas maneiras, podendo esta aprendizagem ser intencional ou involuntária (VERMUNT, 1996), ou seja, se o estudante não tiver a intenção de aprender, então o ensino realizado em sala de aula não será efetivo. Já está estabelecido que uma aula ministrada por um professor produz resultados diferentes em cada aluno de uma sala de aula (VERMUNT; 1996), ou seja, fica estabelecido o pressuposto de que o ato de ensinar não garante a aprendizagem automaticamente.

As pesquisas revelaram que existem múltiplos fatores (e.g., sociocultural, cognitivo, afetivo, metacognitivo) que afetam a aprendizagem de um estudante (VERMUNT, 1996.; RYAN, DECI, 2017). Independente do sucesso ou insucesso da aprendizagem, este processo não pode ser creditado exclusivamente às capacidades cognitivas de um indivíduo, sendo que existem outros componentes tão importantes quanto, como a influência da motivação (RYAN; DECI, 2017).

Visto que muitas crenças pessoais afetam a motivação para aprender, existe uma relação intrínseca e inseparável entre a motivação e a cognição das pessoas que influenciam na aprendizagem de maneira positiva ou negativa. Além dos processos cognitivos do sujeito que aprende, as relações que ele estabelece com

outras pessoas no ambiente escolar (e.g., aluno-professor) e entre ele mesmo e o objeto de conhecimento são fatores que afetam sua motivação para aprender.

Em um ambiente escolar, pode-se encontrar alunos construindo novos conhecimentos, desenvolvendo habilidades e adquirindo novas capacidades, enquanto outros não parecem instigados a agir dessa forma - observado por comportamentos específicos como baixo interesse, tédio e insatisfação. Entretanto, os alunos não se motivam ou desmotivam a esmo, mas são influenciados por estímulos - positivos ou negativos, internos ou externos - visto que a motivação não é um traço de personalidade imutável. Se a motivação é um construto psicológico influenciado pelas características individuais de cada um e pelas características do ambiente no qual se encontra, então a motivação dos estudantes para aprender é influenciada pelas características do contexto educacional e, conseqüentemente, o grau de aprendizagem também (SEVERO; 2014; RYAN; DECI, 2017).

É preciso considerar que a análise da motivação para aprender envolve diversos fatores do contexto educacional, como o modo de instrução dos professores, currículos escolares excessivamente carregados, espaço físico da sala de aula, a política educacional da escola, além de fatores que afetam diretamente um indivíduo, como as expectativas dos parentes sobre si próprio, autoestima, saúde mental, dentre outros. O estudo da motivação em ambientes escolares envolve a compreensão de um complexo sistema de fatores que se interrelacionam e operam no aluno, de maneira que a motivação influencia na aprendizagem e vice-versa (KIND *et al.*, 2011; RYAN; DECI, 2017).

A motivação deve se tornar um objeto permanente de análise do contexto educacional, visto que as crianças e adolescentes investem boa parte de seu tempo nas escolas para se desenvolverem e aprenderem (RYAN; DECI, 2017). Além disso, a análise motivacional dos alunos pode se relacionar a diversos fenômenos escolares, como abandono escolar, participação, e baixo ou alto desempenho escolar e se relacionar a diversos comportamentos, como participação em aula e realização de atividades. Ryan e Deci (2017) apontam que problemas motivacionais se tornam cada vez mais acentuados conforme os alunos avançam nas séries da Educação Básica. Os conhecimentos do nível médio de ensino são mais refinados e complexos e necessitam maior esforço cognitivo, sendo que tal processo pode causar efeitos drásticos nos alunos, como baixar sua autoconfiança e, assim, reduzir a aprendizagem. No Ensino Superior, tal quadro se torna ainda mais sobressalente.

Entretanto, esse processo não é necessariamente prejudicado por uma incapacidade de aprendizagem por fatores cognitivos, pois também há influência de fatores emocionais e motivacionais (RYAN; DECI, 2017).

Muitas escolas questionam o baixo rendimento dos alunos, entretanto nota-se que poucos esforços são feitos para proporcionar experiências positivas que contribuam para os alunos se sentirem competentes e confortáveis com o processo de ensino-aprendizagem (SEVERO, 2014; RYAN; DECI, 2017). Em muitas escolas, o processo de ensino é pautado na transmissão de conhecimentos com professores enraizados em muitos paradigmas da abordagem tradicional de ensino, que já foi reportada na literatura como um potencial desestimulante para a motivação dos alunos por ser um processo descontextualizado e desconexo de suas realidades (HODSON, 2005; KIND *et al.*, 2011; BELLUCCO; CARVALHO, 2014).

Finalizada essa discussão, a próxima seção contém uma descrição sobre um dos referenciais teóricos desta pesquisa, a Teoria da Autodeterminação (TAD), que é utilizada internacionalmente para analisar a motivação dos estudantes em contextos educacionais. Também será delineada uma análise sobre a relação entre a aprendizagem e a motivação dentro dos moldes da TAD, explicitando a influência de fatores internos e externos ao aluno que afetam seus comportamentos.

### **2.3 A Teoria da Autodeterminação**

Este capítulo foi embasado principalmente no livro de Richard M. Ryan e Edward L. Deci de 2017 que contém a versão mais atualizada e refinada da Teoria da Autodeterminação (TAD). Esse livro contém uma descrição detalhada das fundamentações teóricas da TAD, seus métodos, além do contexto histórico do surgimento da TAD e das teorias psicológicas que a embasaram. Por outro lado, o livro também apresenta diversos artigos, pesquisas e investigações desenvolvidos pelos autores da TAD e seus colaboradores que reportam as diversificadas aplicações da teoria, suas vantagens, limitações, diferentes perspectivas metodológicas e os resultados obtidos.

A TAD se tornou reconhecida internacionalmente por seus estudos motivacionais em várias áreas da vida, como: educação, esportes, trabalho, religião, e até analisando relações familiares. Ryan e Deci (2017) afirmam que a TAD tem propiciado muitas pesquisas diversificadas, especialmente no âmbito da educação, fornecendo resultados relevantes sobre estratégias e metodologias de ensino, performance educacional e, também, sobre as relações sociais e sua relevância



para a aprendizagem. A relevância e diversidade dos resultados obtidos se deve pela variedade de delineamentos de pesquisa (e.g., experimentais, longitudinais, correlacionais), de métodos de análise (e.g., qualitativos, quantitativos), e de instrumentos de coleta de dados cada vez mais sofisticados (RYAN; DECI, 2017).

Mas afinal, o que é a Teoria da Autodeterminação? Segundo Ryan e Deci (2017, p. 3, tradução livre):

A teoria da autodeterminação (TAD) é uma teoria empírica, organísmica, do comportamento humano e do desenvolvimento da personalidade. A análise da TAD é focada principalmente no nível psicológico, e diferencia os tipos de motivação ao longo de um continuum, de controlado para autônomo. A teoria está particularmente preocupada com a forma como os fatores sociocontextuais apoiam ou frustram a prosperidade das pessoas através da satisfação de suas necessidades psicológicas básicas de competência, relacionamento e autonomia.

Essa citação traz consigo muitas informações condensadas sobre a TAD que são destrinchadas a seguir. Primeiramente, a TAD é uma teoria psicológica que possibilita a compreensão de fenômenos psíquicos e de processos mediadores críticos que influem sobre a cognição e motivação humana. Ryan e Deci (2017) afirmam que o foco deles ao desenvolverem a TAD era compreender como a motivação humana é funcionalmente desenhada por fatores internos, mas também afetada por forças que estimulam ou debilitam essa característica natural. Ou seja, o foco da TAD era compreender como seres humanos se motivam, se desenvolvem e auto-organizam suas ações (RYAN; DECI, 2017).

Por outro lado, os autores afirmam que a TAD é uma teoria psicológica empírica pois, em um primeiro momento, suas proposições teóricas foram fundamentadas por evidências científicas utilizadas como núcleo formador. A TAD aloca metodologias empíricas como ponto central e relevante para suas estratégias de investigação, com foco na formulação de hipóteses, nos métodos observacionais, e nas análises estatísticas inferenciais (RYAN; DECI, 2017).

Ryan e Deci (2017) afirmam, também, que a TAD assume uma perspectiva organísmica de análise psicológica. Assume-se que o ser humano é inerentemente curioso, fisicamente ativo e imerso em relações sociais, abordando estes fatores como necessários para o crescimento e o bem-estar psicológico (DECI; RYAN, 2000). O desenvolvimento de cada ser humano é demarcado pelo seu engajamento ativo em suas decisões e ações dentro dos grupos sociais (RYAN; DECI, 2017). A partir dessa perspectiva organísmica, assume-se que o desenvolvimento saudável de um ser humano requer a satisfação de necessidades, vontades e desejos

internos, assim como requer um ambiente social que estimule seu desenvolvimento (DECI; RYAN, 2000; RYAN, DECI, 2017).

Por fim, a TAD analisa como o desenvolvimento ativo dos indivíduos requer o estímulo das necessidades psicológicas básicas do ser humano, que são um conjunto de fatores universalmente essenciais para o funcionamento e desenvolvimento humano (RYAN; DECI, 2017). Assim, estimular ou minar essas necessidades causa efeitos significativos no bem-estar psicológico e na motivação dos indivíduos, independentemente da idade, gênero ou cultural a qual um indivíduo pertença. Segundo a TAD, as necessidades psicológicas básicas são inerentes a todos os seres humanos e são influenciadas tanto pelo próprio indivíduo (e.g., suas vontades, desejos) quanto pelos ambientes que ele frequenta (RYAN; DECI, 2017).

Com o intuito de se aprofundarem na análise comportamental humana e na influência da motivação sobre sua cognição e suas ações, a Teoria da Autodeterminação é subdividida em seis miniteorias. Cada uma foi desenvolvida para estudar e compreender profundamente um aspecto motivacional específico e explicar fenômenos que emergiram de pesquisas laboratoriais e de campo para assim, garantir o amadurecimento e refinamento da macro Teoria da Autodeterminação. A seguir, serão apresentadas somente quatro miniteorias que compõem a TAD, visto que as duas últimas não são relevantes para essa pesquisa.

A primeira miniteoria da TAD, a Teoria da Avaliação Cognitiva (TAC), estuda exclusivamente a motivação intrínseca e os fatores que a afetam. A motivação intrínseca é inata e natural dos seres humanos, sendo uma expressão das tendências ativas dos seres humanos (DECI; RYAN, 1983; RYAN; DECI, 2020). A motivação intrínseca é uma característica que orienta os indivíduos a buscarem novidades e desafios espontaneamente para testar, ampliar e exercitar suas próprias capacidades, visando o desenvolvimento pessoal. Este construto defende a tendência natural do ser humano de aprender, se autorregular e se submeter a novos cenários espontaneamente (DECI; RYAN, 1983; RYAN; DECI, 2017).

O *locus* de causalidade de um comportamento (*i.e.*, local onde a ação tem origem) afeta a qualidade da motivação de um indivíduo para tal envolvimento; ações realizadas pelo indivíduo por vontade própria possuem um *locus* de causalidade interno, pois a decisão de agir se inicia no indivíduo, caracterizando a motivação intrínseca (RYAN; CONNELL; DECI, 1985; RYAN; DECI, 2017). Comportamentos intrinsecamente motivados são realizados por interesse,

curiosidade, vontade, desejo, e garantem sentimentos positivos ao realiza-las, como satisfação e sensação de eficácia. Os indivíduos intrinsecamente motivados apresentam satisfação e prazer ao realizar uma atividade, sendo que os resultados de suas ações são secundários (RYAN; DECI, 2017). Em ambientes educacionais, a motivação intrínseca está relacionada com participação ativa dos alunos nas aulas, alta performance, melhor aprendizagem, assim como menor sensação de estresse e baixo abandono escolar, independente da cultura ou gênero do estudante.

Apesar de ser um traço inato dos seres humanos, a motivação intrínseca pode ser afetada por fatores externos. Todo ambiente social exerce influência sobre as necessidades psicológicas, positiva ou negativamente, e conseqüentemente sobre a motivação intrínseca. Em ambientes desestimulantes para as necessidades psicológicas básicas, a motivação intrínseca se reduz e os indivíduos começam a agir por fatores externos e, assim, a decisão de agir não parte do indivíduo, mas de imposições do ambiente social (RYAN; DECI, 2000, 2017, 2020).

Por meio da TAC, foram investigados os fatores socioambientais que afetam os comportamentos intrinsecamente motivados e concluiu-se que recompensas externas, punições e *feedbacks* negativos podem reduzir comportamentos intrinsecamente motivados. Por outro lado, fornecer *feedbacks* positivos e estimular as necessidades básicas de um indivíduo (sem o uso de recompensas) auxiliam o desenvolvimento da motivação intrínseca (RYAN; DECI, 2017).

Um comportamento originado em um *locus* de causalidade externo não pode ser relacionado à motivação intrínseca, mas sim a uma motivação extrínseca, que “diz respeito a comportamentos feitos por outras razões que não as suas satisfações inerentes” (RYAN; DECI, 2020, p. 2, tradução livre). Os indivíduos extrinsecamente motivados são afetados diretamente por razões, limites ou imposições externas que reduzem a autodeterminação em suas ações. Esta é a motivação mais comum apresentada pelo ser humano, pois é impossível estar intrinsecamente motivado em todas as ações; além disso, o ser humano é um ser social que possui obrigações e responsabilidades essenciais para garantir a vivência em sociedade que nem sempre são satisfatórias (RYAN; CONNELL; DECI, 1985; RYAN; DECI, 2017).

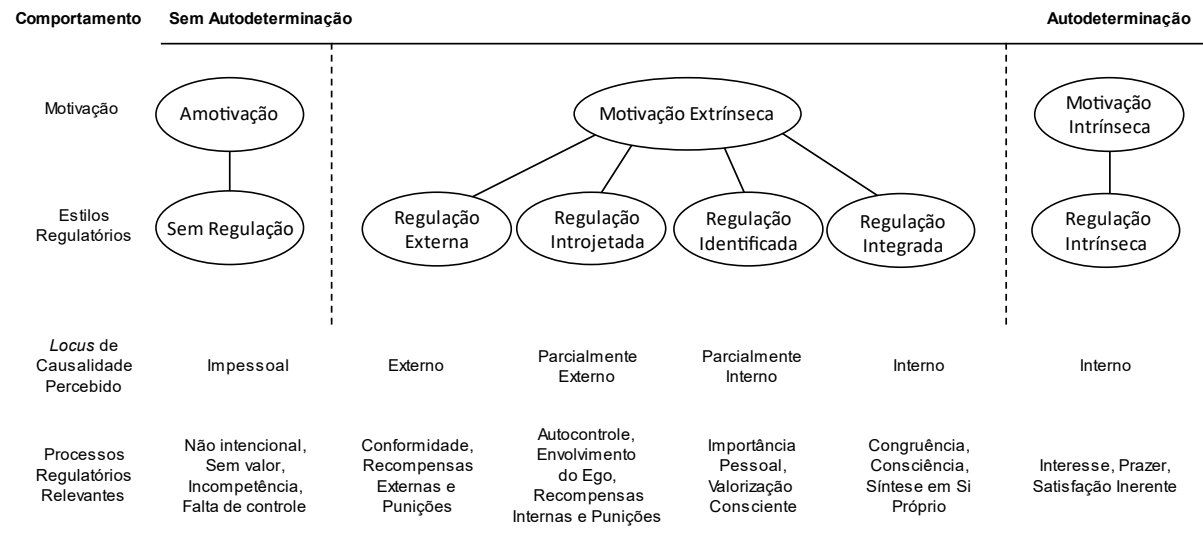
Entretanto, cada tarefa imposta ao indivíduo se relaciona de forma diferente com seus valores e vontades, de tal maneira que seu *self* também influencia na motivação extrínseca, ou seja, o indivíduo não possui o mesmo grau de proveito e satisfação ao realizar diferentes tarefas impostas a ele. Assim a TAD elaborou uma

escala mais abrangente (*i.e.*, com mais níveis de qualidades motivacionais) que considera esses graus de autorregulação do indivíduo sobre ações originadas em *locus* de causalidade externo. A Teoria da Integração Organísmica (TIO; segunda miniteoria da TAD) aborda as diversas formas da motivação extrínseca e suas consequências para os comportamentos humanos, e analisa como fatores socioambientais influem no grau de motivação do indivíduo (RYAN; DECI, 2017).

Central a essa investigação, há uma proposição basilar para analisar a motivação extrínseca: o grau de internalização de comportamentos. A “internalização é o processo de assimilar um valor ou regulação.” (RYAN; DECI, 2000, p. 60, tradução livre), ou seja, é um processo natural e ativo no qual os indivíduos convertem obrigações, costumes e imposições externas requisitadas pelo ambiente social e as transformam gradativamente em valores pessoais endossados. Assim, a internalização é um processo que auxilia as pessoas a reconhecerem a importância de uma regulação externa para sua vida. Quanto maior a internalização de um comportamento em seu âmago, maior será a sensação de agir em função de si próprio e maior será a predominância do *locus* de causalidade interno sobre o comportamento do indivíduo (RYAN; DECI, 2000, 2017). A internalização possui vários graus que variam de acordo com os estímulos fornecidos pelo ambiente e a relação entre as obrigações e os valores individuais. Assim, a TIO lida com o estudo das tendências naturais de internalizar valores externos e com os fatores socioculturais que promovem ou inibem a internalização (RYAN; DECI, 2017).

Graças ao processo de internalização e ao grau de autodeterminação do indivíduo, a anterior classificação entre motivação intrínseca e extrínseca ganhou novas subescalas, pois a motivação extrínseca foi subdividida em quatro regulações: regulação externa, regulação introjetada, regulação identificada e regulação integrada (RYAN; DECI, 2017; RYAN; DECI, 2020). Cada nível motivacional afeta o bem-estar, a performance e o desenvolvimento do indivíduo de formas diferentes, pois cada uma possui suas características próprias, além de fontes e fatores diferentes que a originam (RYAN; DECI, 2000, 2017). A Figura 1 dispõe tais regulações em um *continuum* motivacional com base no grau de internalização de fatores externos, partindo de comportamentos com alta influência de fatores socioambientais até as formas mais autorreguladas de motivação extrínseca.

**Figura 1** – O *continuum* de autodeterminação mostrando tipos de motivação com seus estilos reguladores, locus de causalidade e processos correspondentes.



**Fonte:** Adaptado de RYAN; DECI, 2000, p. 61.

A motivação extrínseca por regulação externa diz respeito a comportamentos impulsionados por fatores socioambientais externos ao indivíduo e com pouca atuação do seu *self*, ou seja, suas ações são percebidas totalmente no *locus* de causalidade externo (RYAN; DECI, 2000). Estes comportamentos são realizados para satisfazer uma demanda externa, obter uma recompensa ou evitar punições. (RYAN; DECI, 2020). Por exemplo, alunos motivados por regulações externas estudam para evitar reprovações e notas baixas, evitar castigos ou para receber recompensas dos pais e professores. Ryan e Deci (2017) afirmam que os alunos motivados por regulação externa têm maior probabilidade de apresentarem baixo desempenho escolar, estresse, reprovação e até abandono.

A regulação introjetada é o segundo tipo de motivação extrínseca que, apesar de incipiente, demonstra os primeiros indícios de internalização de comportamentos. Comportamentos introjetados são regulados pela autoestima e pelo ego dos indivíduos, então seu desempenho em suas ações objetiva aumentar sua autoestima ou orgulho, reduzir ansiedade e evitar sentimento de culpa (RYAN; DECI, 2020). Apesar do envolvimento da autoestima e do ego dos indivíduos, os comportamentos não são vivenciados como parte integral do indivíduo, pois o resultado de seu comportamento é importante, e não o comportamento por si próprio (RYAN; DECI, 2000). Por exemplo, alunos motivados por regulação introjetada irão estudar para evitar baixo desempenho e, assim, evitar ansiedade e sentimento de culpa ou para alcançar alto desempenho e receber elogios. Os alunos motivados por

regulação introjetada podem apresentar maior desempenho escolar, mas apresentam maior estresse devido à sobrecarga mental (RYAN; DECI, 2017).

A regulação identificada é mais autônoma, com maior autodeterminação e autorregulação, pois o indivíduo está agindo por reconhecer a importância ou valor da atividade (DECI; RYAN, 1983; RYAN; DECI, 2017). A pessoa se identifica conscientemente com o comportamento, ou o assegura pessoalmente, e aceita essa regulação como sua própria, experienciando maior grau de disposição e vontade (RYAN; DECI, 2000). Por exemplo, o aluno estuda com o objetivo de passar no vestibular e garantir um emprego que o agrada. Apesar do comportamento do indivíduo ser orientado por motivos externos, o indivíduo fornece alta relevância para alcançar a meta estipulada para suas ações. Assim, Ryan e Deci (2000) consideram os comportamentos motivados por regulações identificadas pertencentes ao *locus* de causalidade interno – diferente das outras duas regulações apresentadas.

A motivação extrínseca com maior autonomia é a regulação integrada na qual “a pessoa não apenas reconhece e se identifica com o valor da atividade, mas também a considera congruente com outros interesses e valores centrais” (RYAN; DECI, 2020, p. 3, tradução livre), ou seja, os comportamentos foram totalmente assimilados pelo indivíduo e integrados a outras características do seu *self* (RYAN; DECI, 2000). Nesse caso, os estudantes se aplicam nos estudos por reconhecerem a importância para sua futura carreira profissional ou acadêmica, ou seja, o ato de estudar não produz satisfação, pois ainda são priorizadas as metas e resultados de seus comportamentos. A regulação integrada compartilha o *locus* de causalidade interna com a motivação intrínseca, assim seus comportamentos são realizados com maior vontade e autodeterminação (DECI; RYAN, 1983; RYAN; DECI, 2017). Entretanto, a motivação intrínseca é pautada em interesse, prazer, vontade, curiosidade (*i.e.*, a ação ou atividade realizada é satisfatória por si só) enquanto a regulação integrada é baseada em sentidos de valor e internalização da atividade.

Apesar da proximidade entre motivação intrínseca e regulação integrada no *continuum* observado na Figura 1, tal adjacência não significa que os comportamentos de um indivíduo se tornarão intrinsecamente motivados conforme se aumenta o grau de internalização. Cada motivação possui suas fontes e fatores que a originam: enquanto comportamentos intrinsecamente motivados possuem fim em si mesmos, os comportamentos extrinsecamente motivados são meios para alcançar determinados fins (KELLER, 2010). Assim, transformar comportamentos

extrinsecamente motivados em intrinsecamente motivados é muito complexo e envolve diversos fatores além da internalização (RYAN; DECI, 2017).

De maneira semelhante, os níveis de motivação extrínseca dispostos no *continuum* motivacional (Figura 1) não aparecem necessariamente em ordem sequencial nas ações de um indivíduo; ou seja, uma mudança de comportamento apresentada por um indivíduo não irá necessariamente progredir ou regredir ao longo do *continuum* de maneira linear e sequencial (RYAN; DECI, 2017). O grau de internalização não dita uma ordem sequencial para o indivíduo evoluir ou regredir (DECI; RYAN, 1983; RYAN; DECI, 2000). Sob a perspectiva organísmica, o ser humano é ativo e imerso em relações sociais que podem influenciar fortemente em seu nível motivacional, inclusive de maneira abrupta, podendo causar drásticas mudanças no perfil motivacional de um indivíduo que não irão necessariamente seguir a ordem do *continuum*. Ryan e Deci afirmam (2000, p. 62-63, tradução livre)

Não é preciso progredir através de cada estágio de internalização em relação a uma regulação específica; de fato, pode-se adotar inicialmente uma nova regulação comportamental em qualquer ponto ao longo desse continuum, dependendo de experiências anteriores e fatores situacionais ... uma pessoa que se identificou com o valor de uma atividade pode perder esse senso de valor sob um mentor controlador e se mover 'para trás' para um modo regulatório externo.

Por fim, o último nível motivacional estipulado pelo *continuum* da Figura 1 é a amotivação. Um indivíduo desmotivado apresenta comportamentos desprovidos de aspectos motivacionais ou então seus comportamentos não são mediados por intencionalidades externas ou internas (RYAN; DECI, 2017). Ryan e Deci afirmam (2017, p. 192, tradução livre): “quando um indivíduo não encontra valor, recompensa ou significado em um ato, provavelmente não terá intenção de realizá-lo”. Os autores continuam explicando que esse estado desmotivado pode se apresentar por duas razões principais: i) sensação de incompetência em suas ações; ou ii) falta de valor e de interesse percebido em suas ações. Assim, estudantes que se encontram em uma situação de desmotivação se esforçam pouco para aprender, pois não valorizam a atividade, ou se sentem incompetentes ou, acreditam que a atividade não trará resultados significativos (RYAN; DECI, 2017). A amotivação é um preditor negativo de desempenho escolar (e.g., reprovação e abandono escolar) negligenciado pelos professores e pela escola (RYAN; DECI, 2017; 2020).

Ryan e Deci (2017) coletaram muitas evidências que permitem inferir sobre a relação entre aprendizagem e tipos de motivação: indivíduos mais autodeterminados

apresentaram maiores rendimentos escolares, menores níveis de estresse e maior satisfação nos ambientes educacionais, enquanto indivíduos menos motivados apresentaram menores rendimentos escolares e menor satisfação em estudar. Assim, os princípios e embasamentos educacionais devem ser significativos para os estudantes e os ambientes de ensino devem leva-los a se sentirem reconhecidos e valorizados; em outras palavras, a escola deve estimulá-los a internalizar a importância da aprendizagem e os valores dos conhecimentos curriculares para aumentar sua motivação para aprender (DECI; RYAN, 1983; RYAN, DECI, 2017).

Essa relação entre ambiente e indivíduo (e.g., escola e aluno) é analisada pela terceira miniteoria da TAD, a Teoria da Orientação da Causalidade (TOC). A TOC investiga os recursos internos utilizados pelos indivíduos para se regular e interagirem com ambientes sociais (DECI; RYAN, 1980; RYAN; DECI, 2017). De maneira geral, um indivíduo apresentará diferentes orientações motivacionais em diferentes atividades e ambientes sociais, mas só existem três orientações de causalidade possíveis (*i.e.*, três *locus* de causalidade) (RYAN; DECI, 2017).

A orientação para a autonomia refere-se às tendências a organizar seus comportamentos em conformidade com seus interesses, necessidades e valores interpessoais. Assim, engloba ações mais autodeterminadas que devem conduzir à motivação intrínseca e às motivações extrínsecas autônomas (DECI; RYAN, 1980; RYAN; DECI, 2017). Estudantes cujos comportamentos são orientados para a autonomia percebem que suas ações partem de si próprios (*i.e.*, *locus* de causalidade interno). Já os estudantes com orientação para o controle apresentam motivações extrínsecas por regulações externas ou introjetadas (*i.e.*, *locus* de causalidade externo), por isso que é dado foco para a performance, pois suas ações são reguladas por fatores externos e os resultados de seus comportamentos são mais importantes do que o comportamento em si (RYAN; DECI, 2000; 2017). Os alunos geralmente estudam por incentivos sociais e são direcionados a satisfazerem necessidades externas (RYAN; DECI, 2017).

Por fim, a TOC delimita a orientação impessoal. Ao se relacionarem com o ambiente, os indivíduos se portam de maneira negativa com relação aos seus traços de personalidade, resultando em comportamentos impessoais. Não há regulação (interna ou externa) em suas ações e os indivíduos se mostram desmotivados nestes casos. Por exemplo, os alunos não se envolvem com o ambiente educacional



ou então se envolvem de maneira impessoal, demonstrando que tal ambiente não apresenta relevância para si próprio (RYAN; DECI, 2017).

Segundo Ryan e Deci (2017), estudantes com orientação para a autonomia fornecem maior importância para sua aprendizagem e evolução do que para objetivos de performance educacionais, enquanto estudantes com orientação para o controle apresentam um comportamento inverso, providenciando maior foco para obtenção de notas do que para a aprendizagem. Os comportamentos orientados para a autonomia estão associados à aprendizagem de qualidade, ao desenvolvimento de habilidades, à participação e engajamento nas atividades e à menores níveis de estresse; a orientação para o controle possui resultados inversos, pois os comportamentos dos alunos são direcionados por fatores externos.

A quarta miniteoria da TAD é a Teoria das Necessidades Psicológicas Básicas (TNPB). A TNPB surge para identificar os elementos psicológicos essenciais que amparam o crescimento dos indivíduos e o bem-estar mental. Até o momento, a TAD constatou a existência de três necessidades psicológicas universais, essenciais e inatas para o desenvolvimento mental de um ser humano: a autonomia, a competência e o pertencimento (RYAN; DECI, 2017). As necessidades psicológicas representam demandas inatas de todos os indivíduos para seu desenvolvimento constante, portanto, não devem ser confundidas com motivos ou desejos pessoais (RYAN; DECI, 2000, 2017). Ryan e Deci (2017, p. 10, tradução livre) afirmam que “as necessidades são especificamente definidas como nutrientes essenciais para o crescimento, integridade e bem-estar ... que devem ser satisfeitas para que o interesse psicológico, o desenvolvimento e o bem-estar sejam sustentados”, independentemente da idade, gênero ou contexto sociocultural do indivíduo. Dada a perspectiva orgânica da TAD, há uma concomitância entre estímulos interpessoais e socioambientais para o desenvolvimento psicológico das pessoas, ou seja, tanto o indivíduo quanto o contexto social podem estimular ou minar as necessidades psicológicas básicas (DECI, RYAN; 2000; RYAN; DECI, 2017).

A seguir, as necessidades psicológicas básicas serão apresentadas.

A primeira das necessidades básicas especificadas na TAD é a autonomia, ou a necessidade de autorregular as próprias experiências e ações. A autonomia é uma forma de funcionamento associada ao sentimento volitivo, congruente e integrado.” (RYAN; DECI, 2017, p. 10, tradução livre).

A essência dos comportamentos autônomos está na capacidade do indivíduo em experimentar o próprio comportamento sendo originado em seu âmago, ou seja,

é a sensação de ser responsável por manifestar o próprio comportamento apesar de interferências socioambientais (RYAN; DECI, 2000, 2017). A maior expressão de autonomia de um indivíduo é observada em comportamentos intrinsecamente motivados (RYAN; DECI, 2000; DECI; RYAN, 2000).

Por outro lado, há também uma relação entre autonomia e motivações extrínsecas autodeterminadas, de acordo com o grau de internalização de regulações socioambientais. Inclusive, ambientes que suportam a autonomia de indivíduos extrinsecamente motivados facilitam a internalização de tais regulações, aumentando a motivação da pessoa (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017). O *continuum* motivacional elaborado pelos autores evidencia tais afirmações, visto que as regulações com maior grau de autodeterminação são aquelas experienciadas com maior autonomia pelo indivíduo e vice-versa.

A autonomia é tomada por Ryan e Deci (2017) como um fator crítico para o sucesso educacional; os estudantes precisam sentir-se minimamente influentes nos processos de escolhas e tomada de decisões durante a aprendizagem. Ou seja, é necessário que os estudantes percebam que suas ações possuem origem em si mesmos, mesmo que influenciadas pelo ambiente. Assim, ao perceber certa autonomia sobre suas ações e decisões, a motivação do estudante pode aumentar, assim como sua aprendizagem (DECI; RYAN, 2000; RYAN, DECI, 2017).

Entretanto, Ryan e Deci (2017) afirmam que são observados discursos motivacionais vazios de administradores e educadores, que elencam a necessidade de apoiar a auto iniciativa e autonomia do aluno. São vazios porque o que se observa empiricamente são ambientes educacionais controladores que regulam as ações dos alunos por meio de sistemas de punições/recompensas, avaliações e comparações sociais com o intuito de alcançar resultados predeterminados. Os autores defendem que as escolas devem incentivar a autonomia dos alunos e o desenvolvimento de motivações autodeterminadas para despertar o engajamento e aumentar a participação no processo de ensino-aprendizagem (RYAN; DECI, 2017).

A segunda necessidade psicológica elencada pela TNPB é a competência que, de certa forma, é auto descritiva: é a necessidade de um indivíduo sentir que é capaz de realizar satisfatoriamente suas ações nos ambientes sociais. Essa necessidade implica que o indivíduo deve utilizar as próprias capacidades e conhecimentos em um caminho que seja eficaz, que demonstre sua aptidão e que seja satisfatório (DECI; RYAN, 2000; RYAN, DECI, 2000). Essa necessidade de

interagir de maneira eficaz com o meio faz com que as pessoas busquem situações desafiadoras que testem seus limites e os permitam adquirir maestria sobre suas capacidades (RYAN; DECI, 2000, 2017, 2020). Fortemente interligada à autoconfiança e eficácia, tal necessidade também está relacionada com a persistência de um indivíduo em situações de dificuldade ou em situações que necessitem de maestria (RYAN; DECI, 2000).

A necessidade de competência pode ser estimulada em uma sala de aula quando o professor permite ao aluno testar suas capacidades em atividades desafiadoras e adequadas ao seu nível de conhecimento (RYAN; DECI, 2017), como a resolução de situações-problema (CARVALHO, 2013). Um alto nível de competência percebida pelos estudantes em suas ações são preditores positivos de bem-estar psicológico e de aprendizagem de qualidade em diversos países e culturas (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017). Por outro lado, ambientes de ensino que reduzam a sensação de competência do aluno podem causar frustração, desmotivação, tédio e desinteresse (RYAN; DECI, 2017). Tais ambientes geralmente são marcados por atividades rotineiras e desestimulantes que geralmente não são desafiadoras, não permitem ao aluno testar suas capacidades e/ou não o permite agir com base em suas ideias e habilidades (HODSON; 2005; RYAN; DECI, 2017).

Outra forma de influenciar a sensação de competência dos alunos está relacionada ao fornecimento de *feedbacks*. Segundo Ryan e Deci (2017), o *feedback* positivo satisfaz a necessidade de competência, aumenta a motivação autônoma e, por sua vez, promove resultados educacionais positivos como engajamento, vitalidade e persistência. A promoção de *feedback* positivo faz os alunos se sentirem bem com seus resultados, além de prover direcionamentos para aprimorarem suas habilidades e conhecimentos (DECI; RYAN, 2000). Por outro lado, a necessidade de competência é facilmente desestimulada por *feedbacks* negativos, pois estes podem causar sensações de ineficácia e falta de domínio, principalmente se forem focados em críticas pessoais ou em comparações sociais (RYAN; DECI, 2017).

Antes de abordar a última necessidade psicológica, é necessário lembrar que a falta de autonomia dos alunos e a sensação de incompetência em ambientes escolares são possíveis desencadeadores de amotivação. Geralmente, a falta de autonomia dos alunos em suas ações pode induzi-lo a perder o interesse em suas ações em um ambiente escolar ou a não reconhecer o valor da aprendizagem.

Argumento também válido para alunos que se sentem incompetentes, pois eles não irão persistir em atividades nas quais se consideram inaptos a realizarem.

Por fim, a necessidade de pertencimento é a terceira necessidade psicológica básica elencada pela TNPB. É imprescindível que o ser humano estabeleça vínculos interpessoais e emocionais que garantam a sensação de segurança, de respeito e aceitação social, ou seja, as pessoas são naturalmente impulsionadas a estabelecer e manter vínculos com quem consideram importantes (RYAN; DECI, 2004, 2017). Entretanto, não é qualquer interação que satisfaz essa necessidade de pertencimento, pois é fulcral que haja mutualidade na relação, ou seja, deve haver respeito e aceitação mútua entre as partes envolvidas nas relações interpessoais. Assim, o pertencimento não se baseia em uma simples necessidade de afiliação, visto que interações sociais superficiais ou de baixa frequência não são capazes de suprir essa necessidade de pertencimento (RYAN; DECI, 2004, 2017).

Um estudante que se sinta aceito pela comunidade escolar – que envolve principalmente os professores e outros alunos relevantes – é mais propenso a ser ativo e engajado nas atividades escolares. A relação entre professor e aluno é uma das mais relevantes para estimular esta necessidade e, conseqüentemente, promover motivações autodeterminadas no ambiente escolar (RYAN; DECI, 2017). Diversos comportamentos dos estudantes relevantes para seus resultados acadêmicos são associados ao vínculo, apoio e aceitação do professor. Dentre esses comportamentos, destaca-se o esforço dos alunos nas atividades rotineiras ou desafiadoras, engajamento nas atividades escolares, além de sentimentos de eficácia, de respeito, entusiasmo e interesse, que são indicadores positivos de envolvimento e desempenho escolar (RYAN; DECI, 2004, 2017).

Por outro lado, a relação aluno-aluno também é relevante. Um baixo nível de pertencimento sentido pelos alunos pode refletir em comportamentos empobrecidos, como baixa participação e engajamento, desânimo, queda do desempenho escolar, desinteresse, tédio, ansiedade e estresse, dentre outros (RYAN; DECI, 2017). Por exemplo, um baixo desempenho acadêmico pode estar relacionado a exclusão social e uma baixa sensação de pertencimento, pois a exclusão pode interferir na capacidade de raciocínio e cognição dos estudantes (RYAN; DECI, 2017). Assim, as escolas devem incentivar atividades em grupo ou em classe para promover a integração entre os alunos e seus professores e, conseqüentemente, satisfazer a necessidade de pertencimento e promover motivações autônomas.

Os postulados da TNPB sustentam as investigações da TAD, de tal forma que as três necessidades psicológicas podem amparar todas as seis miniteorias da TAD (RYAN; DECI, 2004; 2017). Por serem características integradoras dos seres humanos, estimular ou frustrar essas necessidades influencia fortemente na qualidade e quantidade da motivação, no *locus* de causalidade de suas ações, na autodeterminação e autorregulação do indivíduo em seus comportamentos e no grau de internalização de fatores regulatórios externos (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017, 2020). Percebe-se, então, o papel fundamental para a TAD dessas necessidades inatas e universais para compreender sobre a motivação, o bem-estar psicológico, o crescimento e o desenvolvimento humano.

À medida que a TAD progredia, ficava cada vez mais claro que a satisfação das três necessidades básicas que havíamos identificado como facilitadoras de motivações intrínsecas e bem internalizadas também afetavam a saúde e o bem-estar psicológicos ... Especialmente interessante para a TNPB é como o apoio à necessidade promove e a frustração da necessidade prejudica o funcionamento saudável em todos os níveis de desenvolvimento humano e em contextos e cenários culturais (RYAN; DECI, 2017, p. 21, tradução livre).

Ambientes que favorecem a satisfação dessas necessidades auxiliam no fortalecimento e desenvolvimento saudável do organismo, enquanto que um ambiente desestimulante ou negligente para essas necessidades dificulta o desenvolvimento (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017). Assim, garantir motivações autodeterminadas nos alunos é essencial para uma aprendizagem enriquecida, portanto nenhuma necessidade psicológica básica deve ser menosprezada e desestimulada. Dito isto, ambientes educacionais excessivamente controladores, rejeitadores e críticos (*i.e.*, ambientes que frustrem as três necessidades psicológicas básicas) são potenciais desestimulantes para os alunos, aumentando a propensão deles se tornarem autocentrados, defensivos, desmotivados e antissociais (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017). Tais comportamentos negativos estão associados à amotivação, baixa aprendizagem, falta de engajamento e interesse, tédio, estresse e até abandono escolar.

A Teoria da Autodeterminação foi escolhida por destacar a importância das complexas características que compõem o âmago do psicológico humano, além de examinar as formas pelas quais as diversas dinâmicas que ocorrem em sala de aula afetam o indivíduo. A TAD possui forte influência nas pesquisas psicológicas em educação (BORUCHOVITCH, 2008; RYAN; DECI, 2017) e, dentre as teorias que estudam a motivação, esta é a que mais diretamente analisa como fatores internos e

externos aos alunos podem afetar sua motivação para aprender em diferentes contextos educacionais. A TAD não se limita à investigação de fatores educacionais que estimulem motivações com maior grau de autodeterminação nos alunos, mas também busca explicar como tais fatores afetaram o indivíduo.

A Teoria da Autodeterminação também é muito utilizada para analisar diferentes estratégias e metodologias de ensino, suas influências sobre a motivação e sua relação com o processo de ensino-aprendizagem, além de suas influências sobre outros fatores importantes no contexto escolar, como bem-estar psicológico e social, níveis de estresse, engajamento, interesse, curiosidade. Para esta pesquisa, é fulcral compreender como o contexto educacional afetou a autonomia, a competência, o pertencimento, e principalmente a qualidade motivacional dos estudantes. Além disso, por ser uma teoria psicológica empiricamente embasada, ela é adequada para analisar contextos educacionais de intervenção e traçar inferências estatísticas sobre os resultados obtidos.

#### **2.4 Breve análise dos moldes tradicionais sob a perspectiva da TAD**

Esta subseção foi dedicada à análise de alguns fundamentos da abordagem tradicional, fornecendo destaque para o ambiente laboratorial e seus paradigmas didático-pedagógicos, sob a perspectiva da TAD.

Segundo a Teoria da Autodeterminação, existem ambientes de ensino que são favoráveis para as necessidades psicológicas básicas e ambientes que são desestimulantes. Contextos educacionais que satisfazem as necessidades básicas psicológicas são preditores de melhor aprendizagem, maior engajamento e menores níveis de estresse, enquanto os ambientes educacionais que desestimulam as três necessidades psicológicas podem causar efeitos contrários (RYAN; DECI, 2017). Tédio, desinteresse, falta de concentração e baixo empenho são comportamentos resultantes de baixa motivação comumente encontrados em ambientes desestimulantes, enquanto os comportamentos opostos são encontrados em contextos estimulantes (JANG; REEVE; DECI, 2010; VANSTEENKISTE *et al.*, 2012).

Ambientes promotores de autonomia, desafiadores e/ou integradores são estimulantes para as necessidades psicológicas e potenciais promotores de motivações autônomas (*e.g.*, regulação identificada, regulação integrada e motivação intrínseca) e comportamentos positivos (JANG; REEVE; DECI, 2010; VANSTEENKISTE *et al.*, 2012). Nesses ambientes, os alunos podem sentir que seus comportamentos originam parcialmente em si mesmos, a partir de seu âmago

(*i.e.*, locus de causalidade interno). Por outro lado, ambientes controladores, críticos e/ou rejeitadores são ambientes desestimulantes para as necessidades psicológicas, sendo potenciais promotores de motivações com menor grau de autodeterminação (*i.e.*, regulação externa e regulação introjetada) e comportamentos negativos (JANG; REEVE; DECI, 2010; VANSTEENKISTE *et al.*, 2012). Nesses casos, os alunos estão submetidos a forças externas que os pressionam e os direcionam para o cumprimento de demandas impostas (*i.e.*, locus de causalidade externo). Inclusive, tais ambientes podem levar o aluno ao estado de amotivação quando ele é excessivamente desestimulante para as necessidades básicas (RYAN; DECI, 2017).

Black e Deci (2000) analisaram como universitários avaliaram o grau de apoio dado pelos professores para sua autonomia durante um semestre de química orgânica. Os alunos que avaliaram os professores como estimulantes para suas autonomias apresentaram maior internalização dos valores do curso, e evidenciaram uma diminuição na ansiedade, aumento na competência percebida ao longo do semestre e maiores níveis motivacionais. Por fim, tais estudantes apresentaram maiores notas e desempenho acadêmico ao final do curso de química orgânica.

Reeve e Tseng (2011) analisaram o estresse biológico de universitários por meio da medição do nível de cortisol. Os estudantes submetidos à ambientes controladores apresentaram maiores níveis de cortisol – e, portanto, estavam biologicamente estressados – quando comparados com os estudantes que tiveram aulas em ambientes neutros e em ambientes que suportavam suas necessidades.

Assim, a seleção de uma metodologia, estratégia ou abordagem de ensino e o modo de agir do professor em sala de aula podem criar ambientes que satisfazem ou desestimulam as três necessidades básicas, afetando diretamente o grau de motivação dos estudantes, seus comportamentos e, conseqüentemente, seu nível de aprendizagem. Apesar dos professores não controlarem diretamente a motivação dos estudantes, isso não os isenta da responsabilidade e das conseqüências produzidas indiretamente por suas ações ao selecionarem um modo instrucional para ministrar uma aula ou executar um experimento didático.

Geralmente, os experimentos realizados nos laboratórios didáticos de universidades são fundamentados na abordagem tradicional e são potencialmente desmotivadores pois podem providenciar ambientes controladores para os alunos (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004; HOFSTEIN, 2017). Tais experimentos reduzem a autonomia do aluno, pois são sustentados por roteiros fechados, os quais os alunos

devem seguir mecanicamente. Segundo os pressupostos dessa metodologia, a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades cognitivas ocorrem pela repetição dos passos descritos no roteiro (GALLOWAY; MALAKPA; BRETZ, 2016).

Dessa forma, o único papel dos alunos consiste na execução do procedimento experimental delimitado pelo roteiro previamente disponibilizado. Visto que a aprendizagem é pautada na memorização (MIZUKAMI, 1986), não há espaço para alterar o procedimento, pois o resultado é predeterminado e qualquer alteração impede que o aluno alcance tal resultado e aprenda o conteúdo objetivado pelo experimento. Tais experimentos tradicionais retiram a liberdade de escolha e tomada de decisão do aluno ao disponibilizar pouco espaço para ele se expressar, criticar e analisar, visto que são focados quase que exclusivamente em suas habilidades manipulativas (HOFSTEIN; KIND, 2011; HOFSTEIN, 2017). Assim, os experimentos tradicionais possuem um caráter controlador que reduz a autonomia do aluno, impede sua participação ativa, induz uma postura passiva e afeta negativamente suas motivações (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; HODSON, 2005; RYAN; DECI, 2017).

É necessário ressaltar que um aluno não pode exercer totalmente sua autonomia em um laboratório experimental, que é um ambiente cheio de riscos e perigos para a saúde humana, mas isso também não significa que ele não possa exercer nenhum nível de autonomia nos experimentos. Além disso, não é possível que um estudante exerça sua autonomia sem limitações socioambientais, pois ele precisa da orientação do professor sobre o que aprender, quando, como e por quê.

Entretanto, é fulcral que os estudantes se sintam minimamente influentes e autônomos durante seu próprio processo de aprendizagem, pois a autonomia está relacionada com a autorregulação de suas próprias experiências e ações (RYAN; DECI, 2017, 2020). Um ambiente que providencie escolhas e decisões ao aluno durante o processo de ensino-aprendizagem pode: auxiliar a satisfazer suas necessidades psicológicas, facilitar a internalização de valores externos, aumentar sua motivação, assim como reduzir o nível de estresse e aumentar sua participação e engajamento (CARVALHO, 2013; DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017).

O ensino tradicional também é um potencial desestimulador para a necessidade de competência dos alunos. Se essa necessidade é estimulada quando o aluno pode testar suas capacidades e limitações e se satisfazer com os resultados (RYAN; DECI, 2000, 2017), então ele precisa participar ativamente no experimento e se empenhar para resolver um problema ou questão usando suas capacidades e



conhecimentos próprios. A participação ativa requer certa autonomia do aluno, então um ambiente controlador também é desestimulante para a sua competência.

Os *cookbooks* empregados no laboratório didático limitam os alunos às ações impostas a eles pela lista de passo-a-passo presente nos roteiros, impedindo-os de demonstrar todas suas capacidades e explorar o seu potencial, pois não há espaço para eles testarem seus limites e se aprimorarem. Tal processo rotineiro e mecanizado pode causar a redução do empenho e esforço dos alunos para a realização dos experimentos e potencialmente desestimular a necessidade de competência (KIND *et al.*, 2011; RYAN; DECI, 2017).

A necessidade de competência também é muito influenciada pelo tipo de *feedback* fornecido pelos professores (RYAN; DECI, 2017). *Feedbacks* negativos embasados em críticas sociais e comparações interpessoais podem causar sensação de ineficácia, falta de domínio e, assim, reduzir a satisfação da necessidade de competência dos alunos (RYAN; DECI, 2017). Os professores tradicionais geralmente utilizam notas, punições e bonificações como principais fontes de *feedback*, entretanto, diversas vezes são empregados de maneira negativa, pois instigam comparações sociais entre alunos. Tais recursos podem ser estimulantes para alunos motivados por regulações externa ou introjetado, mas são desestimulantes para os alunos autodeterminados (RYAN; DECI, 2017).

O pertencimento é estimulado em atividades que garantam o envolvimento respeitoso entre o estudante e os indivíduos que sejam significativos para ele (*e.g.*, colegas de sala, professor), independentemente de gênero ou idade (RYAN; DECI, 2004, 2017). A aceitação pela comunidade escolar é importante para os alunos, então estimular essa necessidade pode aumentar o envolvimento deles com os processos de aprendizagem e com o ambiente de ensino (RYAN; DECI, 2017).

Um professor que forneça apoio e aceitação social aos estudantes os estimulará a exibir comportamentos autodeterminados (RYAN; DECI, 2004, 2017). Entretanto, a relação vertical entre professor e aluno existente no ensino tradicional dificulta a aproximação entre ambos os lados, pois o professor está acima dos alunos por ser o portador de conhecimentos e responsável por sua transmissão. Além disso, as obrigações e imposições externas delegadas ao professor reduzem a produção de vínculos com os alunos. Entretanto, dada a relevância da relação entre alunos para a satisfação do pertencimento, muitos experimentos pautados no ensino tradicional podem estimular tal necessidade por serem realizados majoritariamente

em grupos. É necessário que os alunos se envolvam com seus colegas, pois todos os alunos estão praticamente no mesmo patamar de conhecimentos e isto facilita a comunicação entre eles, sendo que a comunicação é importante para auxiliar na construção dos conhecimentos (CARVALHO, 2013) e para motivá-los (RYAN; DECI, 2017). Dessa forma, os experimentos tradicionais realizados em grupos estimulam o desenvolvimento de habilidades sociais, interpessoais e de comunicação.

Dentre as três necessidades psicológicas básicas, a necessidade de pertencimento é a única que tem maiores chances de ser estimulada em experimentos tradicionais, pois os roteiros fechados não fornecem autonomia aos estudantes e não possibilitam ao aluno testar os limites de suas capacidades. Tais atividades eventualmente se tornam rotineiras e desestimulantes (HODSON, 2005; KIND *et al.*, 2011), de maneira que o estímulo à necessidade de pertencimento pode auxiliar os alunos a perdurarem em ambientes de ensino tradicional, pois eles se tornam mais persistentes e esforçados nas atividades rotineiras e demonstram maior engajamento, por respeito aos vínculos estabelecidos com o professor e amigos.

Esta breve transposição das três necessidades básicas para contextos educacionais demonstrou que as atividades experimentais amparadas pelo ensino tradicional apresentam um caráter controlador do ambiente escolar, que pode ser parcial ou total, dependendo da atuação do professor. Assim, tais experimentos tradicionais são potenciais desmotivadores, pois não fornecem estímulos para a satisfação da autonomia e competência dos estudantes. Os moldes do ensino tradicional podem negligenciar os interesses, talentos e todo o potencial holístico do aluno, pois visam o desenvolvimento de uma faixa estreita de habilidades cognitivas (RYAN; DECI, 2017) necessárias, por exemplo, para ser aprovado no vestibular.

Presumindo que, independentemente do nível de ensino (básico ou superior), os professores geralmente se baseiam na abordagem tradicional em laboratórios didáticos, observam-se alguns resultados negativos. De modo geral, observa-se uma redução da motivação dos estudantes quanto às atividades laboratoriais conforme eles avançam em um curso de graduação: os alunos ingressantes apresentam alta motivação, entretanto, ela se reduz lentamente até observar-se um grande declínio nos últimos semestres, nos quais eles demonstram desapego e desinteresse com o ambiente laboratorial (HODSON, 2005; KIND *et al.*, 2011).

Ryan e Deci (2017) afirmam que há um declínio na motivação intrínseca dos alunos conforme eles progredem nos anos escolares, sendo que uma das causas

para tal declínio pode ser a abordagem tradicional. Certos recursos regulatórios empregados por professores para facilitar o processo de ensino, como punições (ou bonificações), recompensas, prazos, vigilância e comparação social tendem a desestimular a motivação dos alunos. Tais comportamentos e fatores regulatórios adotados por professores são comuns em disciplinas laboratoriais do nível superior de ensino, que são embasadas pelos experimentos tradicionais em formato de *cookbooks* (DOMIN, 1999; HODSON, 2005; HOFSTEIN; KIND, 2011).

Para finalizar esta seção, trazemos uma última afirmação de Ryan e Deci (2017, p. 354, tradução livre) que reforça os efeitos negativos de certos pressupostos da abordagem tradicional aplicada em atividades experimentais:

Vemos a aprendizagem ... da mais alta qualidade ocorrendo quando o interesse e o envolvimento dos alunos na aprendizagem são suportados, em vez de quando os educadores contam com incentivos e controles extrínsecos para pressionar os alunos em direção a um conjunto restrito de resultados predeterminados.

## **2.5 Estudos motivacionais no cenário brasileiro de ensino de Química**

A motivação é apenas um fator dentre diversos que afetam a aprendizagem dos alunos, como fatores cognitivos, emocionais, processuais, socioculturais, que se interrelacionam e operam sobre a autodeterminação dos estudantes. Apesar dessa complexa interconexão de fatores, a motivação é internacionalmente negligenciada em pesquisas educacionais (RYAN; DECI, 2017), sendo uma área pouco explorada em países da América Latina, inclusive o Brasil (FAITANINI; BRETONES, 2021; SOUZA *et al.*, 2022). Tal fato é preocupante, pois demonstra que a importância da motivação é menos significativa do que os outros fatores citados, apesar de sua forte influência sobre o desempenho escolar e a aprendizagem de qualidade.

Segundo o levantamento dos trabalhos publicados no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências durante o período de 2005 a 2015 realizado por Carvalho, Stanzani e Passos (2017), mais da metade dos trabalhos nacionais que clamaram estudar “motivação” no contexto de química não se basearam em referenciais teóricos adequados da psicologia. Muitas pesquisas não trazem definições ou embasamentos teóricos para estudar a motivação e se baseiam em senso comum, associando o termo a utilização de recursos didáticos e estratégias de ensino (OLIVEIRA, GOIS, 2020a). Além do embasamento teórico fragilizado e do uso inadequado desse conceito, Carvalho Stanzani e Passos (2017) reportaram uma

escassez de publicações sobre o estudo da motivação, visto que apenas 1,6% do total de trabalhos da ENPEC estudaram essa área no período temporal delimitado.

Tal cenário é ainda mais preocupante para o ensino de química (BATISTA; WENZEL, 2021; FAITANINI; BRETONES, 2021; SOUZA *et al.*, 2022). Apesar dessa escassez de pesquisas motivacionais na área da Educação Química, alguns estudos analisaram a motivação dos estudantes de nível médio (KASSEBOEHMER; GUZZI; FERREIRA, 2012; SEVERO; KASSEBOEHMER, 2017; FERREIRA *et al.*, 2022), dos estudantes de nível superior (OLIVEIRA; GOIS, 2020a; 2020b; 2020c), e até de pesquisadores em ensino de química (SÁ; SANTOS, 2016). Outras pesquisas analisaram como a motivação dos estudantes para aprender química foi afetada por intervenções didático-pedagógicas amparadas em Tecnologias da Informação e Comunicação (MORAES; WEBBER, 2017), experimentos tradicionais (SANTOS *et al.*, 2013) e experimentos investigativos (MORAES; TAZIRI, 2019). Também foram encontradas pesquisas que forneceram uma visão ampla sobre o cenário motivacional no Ensino Básico (CARDOSO; COLINVAUX, 2000; PONTES *et al.*, 2008; CÔRREA, 2009) e no Ensino Superior (GIL *et al.*, 2012; OLIVEIRA, 2017).

Batista e Wenzel (2021) realizaram uma revisão da literatura com o intuito de compreender como o termo motivação é empregado em pesquisas de pós-graduação sobre o ensino de química. Em um período de 2000 a 2019, os autores encontraram dez pesquisas de pós-graduação relevantes para seus objetivos, sendo que somente três foram selecionadas para análise e apenas uma utilizou uma teoria psicológica bem fundamentada em suas análises sobre a motivação dos alunos (a TAD); as outras pesquisas se baseiam em Vigotsky ou em referencial algum. As três pesquisas analisadas por Batista e Wenzel (2021) são direcionadas a analisar a motivação dos estudantes de Ensino Médio, evidenciando que o foco das pesquisas sobre motivação em âmbito escolar é direcionado para o Ensino Básico.

Utilizando a TAD, Kasseboehmer, Guzzi e Ferreira (2012) analisaram o perfil motivacional dos alunos de uma escola particular após a aplicação de atividades pautadas na metodologia do Ensino por Investigação. Apesar de tal metodologia estimular as necessidades psicológicas básicas, o perfil motivacional dos estudantes se revelou predominante para as motivações extrínsecas após a realização das atividades investigativas. Os paradigmas basilares do colégio podem ser a causa do predomínio de motivações controladas, visto que tais ambientes utilizam regulações

e fatores externos para regular os comportamentos dos alunos durante toda sua trajetória escolar (KASSEBOEHMER; GUZZI; FERREIRA, 2012).

Severo e Kasseboehmer (2017) analisaram a motivação para aprender química dos alunos dos três anos do ensino médio em escolas públicas; por meio da TAD, eles constataram que maior parte dos perfis eram predominadas pela motivação extrínseca por regulação integrada. Tais resultados apontam uma predominância de alunos autodeterminados, indicando que tais alunos provavelmente não são movidos por recompensas ou punições, mas principalmente por motivos individuais. Outro resultado obtido pelos pesquisadores é a existência de uma consonância entre o perfil motivacional dos alunos das três escolas e o estilo de aula dos professores de química, pois estes reportaram a si mesmos como promotores de autonomia dos estudantes (SEVERO; KASSEBOEHMER, 2017). Esta pesquisa revelou a importância do estilo motivacional do professor para promover motivações autônomas em seus estudantes em cenário nacional, sendo que a relação entre tais fatores já foi observada pela TAD (RYAN; DECI, 2017).

Severo (2014) também comenta sobre a escassez de pesquisas sobre a temática motivacional, especialmente para o Ensino de Química, sendo que tal afirmação é reforçada por Souza e colaboradores (2022) em sua publicação. Devido à falta de instrumentos de análise motivacional traduzidos e validados para a língua portuguesa, Souza e colaboradores objetivaram adequar o questionário *Chemistry Motivation Questionnaire II* (CMQ-II) para o nosso idioma e, assim, aumentar os recursos disponíveis para pesquisadores brasileiros ampliarem suas investigações acerca da motivação dos alunos em escolas e universidades.

O trabalho de Ferreira e colaboradores (2022) foi embasado na Teoria da Autodeterminação e na proposta de Sequência de Ensino Investigativa de Carvalho (2013, 2018) para analisar como atividades investigativas influenciam a motivação para aprender química dos alunos de Ensino Médio de escolas públicas e privadas). Os autores constataram que é possível implementar experimentos investigativos no cenário de ensino nacional sem interferir negativamente na motivação intrínseca (ela pode aumentar ou se manter sem decréscimos), independentemente do tipo de escola (*i.e.*, pública ou privada). Além disso, as entrevistas realizadas com alunos selecionados de ambas as escolas e com base em alto ou baixo engajamento nos experimentos investigativos revelaram que todos atribuíram preferência e maior valor às atividades investigativas quando comparada com os experimentos tradicionais.

Os resultados positivos obtidos pelos autores demonstram que é possível substituir a abordagem tradicional empregada no ensino de química na educação básica por uma metodologia ativa.

Oliveira e Gois publicaram uma série de artigos (2020a; 2020b; 2020c) sobre a motivação dos alunos de licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, tanto alunos ingressantes (2020a) quanto seus veteranos (2020b; 2020c). As três pesquisas elencaram a TAD como referencial teórico para analisar os perfis motivacionais dos universitários e, assim, determinaram a predominância de motivações autônomas nos universitários.

Devido à baixa quantidade de publicações direcionadas ao ensino superior, e menores ainda quando relacionadas ao ensino de química e à formação de professores de Química, estas pesquisas motivacionais são importantes, pois permitem traçar novas estratégias de ensino e de permanência no curso (OLIVEIRA; GOIS, 2020a, 2020b). A literatura também reporta poucas investigações sobre o estado motivacional de estudantes e professores em Nível Superior, visto que é dado foco para a Educação Básica. E quando nos delimitamos ao âmbito da Educação Química, tal cenário se torna ainda mais evidente (OLIVEIRA, GOIS, 2020a; BATISTA; WENZEL, 2021).

Atualmente há uma grande preocupação sobre os índices de evasão e reprovação escolar em todos os níveis educacionais e, além disso, “os conhecidos problemas educacionais do nosso país não estão restritos apenas à Educação Básica e podem ser facilmente visualizados também no Ensino Superior” (OLIVEIRA, 2017, p. 214). A autora afirma que há grandes queixas por parte dos docentes acerca da falta de interesse e baixo rendimento dos universitários e que, por outro lado, tais alunos reportaram um déficit na qualidade do processo de ensino. Embasados em ideias incoerentes, muitos professores universitários acreditam que são capacitados a ensinar em nível superior devido ao seu vasto domínio sobre os conhecimentos de suas disciplinas e que não é necessário utilizar estratégias, recursos e metodologias diferentes do tradicionalismo para garantir um ensino de qualidade e motivador (OLIVEIRA, 2017).

Assim como cabe aos universitários dedicarem esforços para aprender os conhecimentos ensinados, cabe aos docentes estimular seus alunos a assumirem um papel mais ativo (GIL *et al.*, 2012) e, também, assumirem uma parte da culpa pela falta de aprendizagem causada pelas suas escolhas ao ministrar as aulas que

podem propiciar a formação de ambientes controladores e desestimulantes (RYAN; DECI, 2017). A motivação dos universitários para aprender é estimulada potencialmente por metodologias de ensino que estejam em sintonia com a filosofia da IES (GENCHINI, 2006) e que garantam o estímulo de suas necessidades básicas (RYAN; DECI, 2017). Entretanto, uma das maiores dificuldades que os professores universitários confrontam é a busca por formas de motivar seus alunos que envolvam diferentes técnicas, estratégias, recursos e metodologias que facilitem e estimulem a aprendizagem dos estudantes (OLIVEIRA, 2017).

Assim, a próxima seção sustentará uma discussão acerca da metodologia de Ensino por Investigação, reportada na literatura por seu potencial de estimular as necessidades psicológicas básicas e aumentar a motivação dos estudantes para aprender, além de ser responsável por melhor aprendizagem e o desenvolvimento de novas habilidades cognitivas, manipulativas, comunicativas e afetivas.

### 3 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

#### 3.1 Introdução

A metodologia do Ensino por Investigação, ou simplesmente Ensino por Investigação, ganhou destaque internacional no século XX devido, entre outros motivos, ao aperfeiçoamento dos protocolos didático-pedagógicos no laboratório experimental e à promoção de postura ativa nos alunos frente à experimentação (ABD-EL-KHALICK et al., 2004). Devido a sua aplicabilidade em diversas áreas do conhecimento (e.g., ciências exatas, sociais e humanas) (FRIESEN; SCOTT, 2013), diversos países defenderam a aplicação do ensino investigativo em suas estruturas curriculares devido a sua capacidade de promover a construção conhecimentos científicos, de desenvolver noções sobre Natureza da Ciência (NdC) e habilidades cognitivas (ABD-EL-KHALICK et al., 2004). Inclusive, a Base Nacional Comum Curricular menciona a investigação como um elemento estruturante de seu plano curricular, apesar da pouca ênfase dada no documento na promoção desta metodologia (MEC, 2017).

As características do Ensino por Investigação possibilitam criar um ambiente propício para os alunos se engajarem nas atividades experimentais (CARVALHO, 2018), visto que eles são geralmente responsáveis pela coleta de dados, análise crítica da atividade e debate dos resultados obtidos (ZOMPERO; LABURÚ, 2011). A metodologia possibilita maior autonomia e envolvimento para o aluno se relacionar com a atividade, o que pode aumentar seu interesse, sua motivação e, assim, sua aprendizagem (HOFSTEIN; KIND, 2011; RYAN; DECI, 2017).

Além de engajar os alunos nas atividades, o Ensino por Investigação tem diversas potencialidades, como: desenvolver habilidades científicas cognitivas (e.g., elaboração de hipóteses e questões investigativas), metacognitivas (e.g., argumentação) e atitudinais (e.g., manipulação de equipamentos) relacionadas à investigação, auxiliar na construção de conhecimentos, e desenvolver a capacidade de argumentação entre os alunos (ABD-EL-KHALICK et al., 2004; ZOMPERO; LABURÚ, 2011; CARVALHO, 2013; 2018). Atualmente, um dos objetivos desta metodologia consiste em estimular a autonomia de pensamento do aluno (DEBOER, 2006), então se torna necessário desenvolver sua capacidade de resolver situações-problema (CARVALHO, 2013) e instigar seu desenvolvimento conceitual e cognitivo, estimulando-o a tomar certas atitudes científicas como o questionamento, elaboração de hipóteses e argumentação (ZOMPERO; LABURÚ, 2011).



Independentemente do nível de ensino (básico ou superior), os elementos estruturantes da metodologia investigativa propiciam a formação de um ambiente educacional que pode auxiliar o estudante a conectar o trabalho experimental aos seus próprios conhecimentos e habilidades e, assim, elaborar explicações e argumentos acerca de um fenômeno ou problema (GRUSHOW *et al.*, 2022).

Destarte, diversas publicações propõem o Ensino por Investigação como alternativa viável para substituir os experimentos tradicionais (*cookbooks*) e auxiliar no desenvolvimento holístico dos alunos (*e.g.*, aprendizagem, desenvolvimento de habilidades científicas, pensamento crítico) (GRUSHOW *et al.*, 2022). Somente em 2022, diversos estudos pautados na metodologia investigativa publicaram resultados positivos relacionados a uma maior compreensão de conceitos químicos, como cinética química (REITH; NEHRING, 2022), pKa e coeficiente de absorção (PINTHONG *et al.*, 2022), e também demonstraram efeitos positivos para o ensino de técnicas e métodos químicos, como RMN (GRUSHOW, 2022), titulação (LIN; BURNETT; TEICHERT, 2022) e cromatografia acoplada a um espectrofotômetro (THURSTON; MARSHAK; REBER, 2022). Tais estudos demonstraram o potencial do ensino investigativo de produzir resultados positivos nas áreas de química geral, inorgânica, orgânica, físico-química, analítica e bioquímica, sendo que algumas pesquisas produziram atividades interdisciplinares (RITTER; ABRAHAM, 2022; PINTHONG *et al.*, 2022; THURSTON; MARSHAK; REBER, 2022).

Pela perspectiva da Teoria da Autodeterminação, o Ensino por Investigação é potencialmente estimulante para a motivação dos estudantes, pois ela pode estimular suas necessidades psicológicas, aumentar o grau de autodeterminação e, inclusive, promover a motivação intrínseca (MORAES; TAZIRI, 2019; FERREIRA *et al.*, 2022). Ao encorajar a atuação independente dos alunos em laboratório, estimulá-los a pensar criticamente, a propor hipóteses e desenvolver procedimentos, eles se sentem mais interessados e curiosos com os experimentos e passam a exercer maior autonomia. De maneira semelhante, ao usar suas próprias habilidades e conhecimentos para resolver um problema ou desenvolver um procedimento experimental, os alunos testam os limites de suas habilidades científicas e as desenvolvem nesse processo, aumentando seu senso de competência (FERREIRA *et al.*, 2022). Já a necessidade de pertencimento é estimulada durante as etapas da investigação que requerem trabalho em grupo (*e.g.*, discussão e análise dos dados).

Stolk, Zastavker e Gross (2018) analisaram estudantes de graduação de diversos cursos em certas universidades e constataram que as motivações mais autônomas estavam presentes nos alunos que se envolveram em metodologias não-tradicionais ou mistas (e.g., ensino por investigação) e motivações mais controladas em cursos tradicionais. De maneira semelhante, Bayram e colaboradores (2013) evidenciaram que os estudantes de graduação submetidos à metodologia investigativa demonstraram comportamentos positivos relacionados à aprendizagem da ciência e tiveram suas motivações influenciadas positivamente.

A união dos pressupostos teóricos do Ensino por Investigação e da Teoria da Autodeterminação pode fornecer um “aporte teórico frutífero para abordar a temática da motivação autônoma dos estudantes em processos educacionais, em especial, para o ensino e a aprendizagem das ciências da natureza” (CLEMENT; CUSTÓDIO; ALVES, 2015, p. 123). Para tal, é necessário nos aprofundarmos nos aportes epistemológicos e históricos dessa metodologia.

O Ensino por Investigação já sofreu diversas modificações ao longo de sua existência de acordo com as justificativas filosóficas e epistemológicas de seus teóricos em diferentes períodos históricos (DEBOER, 2006). As atividades investigativas aplicadas no ensino de ciências originaram-se em meados do século XIX, e a investigação científica era ministrada em sala de aula ou laboratórios para auxiliar no desenvolvimento de raciocínio indutivo nos alunos, algo que a matemática e gramática ensinadas na época não suportavam por serem baseadas no raciocínio dedutivo (DEBOER, 2006). Porém, a partir da metade do século XX, durante a Guerra Fria, essa metodologia sofreu alterações visando retomar o rigor acadêmico e foi utilizada para formar cientistas nos EUA (DEBOER, 2006). Ao final do século XX e início do século XXI, o Ensino por Investigação foi focado em promover a alfabetização científica dos cidadãos, desenvolver noções da NdC e habilidades investigativas, portanto era necessário que os alunos desenvolvessem, também, a capacidade de resolução de problemas (DEBOER, 2006). Assim, os moldes atuais do Ensino por Investigação são embasados numa linha de pensamento hipotético-dedutivo.

Este breve contexto histórico mostrou que existem diversas maneiras de estruturar o Ensino por Investigação de acordo com os pressupostos delimitados e objetivos almejados. Como a metodologia investigativa envolve um ensino multifacetado, os experimentos investigativos podem ser elaborados e aplicados de

diversas maneiras de acordo com o(s) objetivo(s) de aprendizagem: argumentação entre alunos; aprendizagem de conhecimentos científicos e sobre NdC; desenvolvimento de habilidades investigativas, alfabetização científica, dentre outros. Por exemplo, Fringer e colaboradores (2022) realizaram uma reforma curricular no laboratório de Química Geral focada no desenvolvimento de habilidades de *design* experimental e seus resultados indicaram uma melhoria tanto nestas habilidades quanto na aprendizagem conceitual dos alunos envolvidos na metodologia investigativa em comparação com aqueles no curso mais tradicional.

Entretanto, arquitetar experimentos investigativos que envolvam os alunos e englobem os objetivos de ensino é um trabalho árduo e laborioso que envolve o preparo do ambiente laboratorial e que pode exigir mudanças estruturais em um currículo. As atividades investigativas podem reduzir o número de experimentos realizados e a quantidade de conteúdo abordado, mas essa redução é justificada por um aumento na qualidade da aprendizagem dos alunos (GRUSHOW *et al.*, 2022).

Por outro lado, elaborar experimentos investigativos também exige a estipulação de etapas procedimentais que sejam acessíveis ao nível de conhecimentos e habilidades dos alunos. Existem vários pesquisadores que elaboram suas propostas investigativas, com quantidade específica de etapas delimitadas e explicadas para fundamentar a elaboração das atividades investigativas. Zompero e Laburú (2011) encontraram pontos em comum que toda atividade investigativa deve conter: um problema a ser analisado; a formulação de hipóteses; obtenção de novas informações/dados para solucionar o problema; interpretação e análise desses dados; e a comunicação de suas conclusões. Pedaste e colaboradores (2015) analisaram 32 artigos com propostas de atividades investigativas e sintetizaram um ciclo de investigação que combina os pontos fortes de cada proposta existente. Segundo os autores, são quatro etapas: i) orientação; ii) conceitualização (questionamento e elaboração de hipóteses); iii) investigação (exploração, experimentação e interpretação dos dados); e iv) conclusão.

Devido a essa diversidade na fundamentação dos experimentos investigativos, nossa proposta de intervenção pedagógica investigativa foi embasada nas Sequências de Ensino Investigativo (SEIs), elaboradas por Anna Maria Pessoa de Carvalho. A próxima subseção fornecerá mais detalhes sobre a proposta da autora, sua estruturação e a fundamentação epistemológica e pedagógica.

### 3.2 Sequência de Ensino Investigativo de Anna Maria Pessoa de Carvalho

Esta subseção apresenta a proposta de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) da pesquisadora Anna Maria Pessoa de Carvalho com base no primeiro capítulo do livro “Ensino de Ciências por Investigação” (CARVALHO, 2013) e em alguns artigos (CARVALHO, 2010, 2018; CARVALHO; SASSERON, 2012). A discussão foi delimitada ao nível dessa pesquisa de mestrado, portanto recomenda-se a leitura do livro da autora para mais informações. Por exemplo, Piaget, Vigotsky e Bachelard são referenciais basilares da SEI debatidos por Carvalho, mas as propostas de tais autores não são discutidas detalhadamente aqui.

Carvalho (2013) argumenta que a sociedade está evoluindo rapidamente desde o século XX e isso causou alterações na educação, sendo que dois fatores principais modificaram o processo de ensino-aprendizagem. Primeiramente, o crescimento exponencial do conhecimento impossibilita ensinar tudo aos alunos, então passou-se a valorizar a qualidade do conhecimento e não mais a quantidade. Tal fator impactou a “transmissão de conhecimentos pela exposição do professor”. E segundo, os trabalhos de epistemólogos e psicólogos trouxeram possíveis explicações sobre como ocorre a aprendizagem de conhecimentos e como eles são adquiridos e construídos na mente do aluno. Carvalho (2013) afirma que Piaget e Vigotsky contribuíram fortemente para tal mudança de paradigma e que ambos formam a base teórica de sua SEI, junto com Bachelard.

A primeira contribuição de Piaget para a proposta da SEI se refere a necessidade de existir um problema. Responsável por iniciar a construção do conhecimento, o problema é um desencadeador da aprendizagem, pois o movimento de resolução por parte do aluno o posiciona no centro do processo educativo. Assim, o aluno deixa de simplesmente absorver e memorizar os conhecimentos transmitidos pelo professor, como ocorre no ensino tradicional expositivo, e passa a atuar como agente pensante e ativo sobre sua aprendizagem. Relacionar problemas reais enredados em questões socioculturais, tecnológicas ou ambientais pode atrair a atenção do aluno e motivá-lo a resolver o problema, sendo que a motivação também está ligada ao valor percebido por ele na atividade investigativa (CARVALHO, 2013; BUCHANAN *et al.*, 2016; RYAN; DECI, 2017).

Carvalho (2013, p. 2) afirma que “qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior”. É necessário que as estruturas mentais dos alunos estejam suficientemente desenvolvidas para embasar a construção de novos

conhecimentos, sendo este um ponto fulcral do construtivismo. Ou seja, a construção de novos conhecimentos ocorre conforme o aluno utiliza seus conhecimentos anteriores durante a resolução de situações-problemas. Segundo a autora (2013), se torna impraticável ministrar novos conteúdos sem antes conhecer o nível de compreensão dos alunos acerca do tópico curricular.

É necessário haver uma passagem da ação manipulativa para a ação intelectual para que ocorra a construção dos conhecimentos (CARVALHO, 2013). Ao iniciar a resolução do problema, os alunos desenvolvem habilidades processuais importantes para a construção do conhecimento científico. Esta etapa marca o início da construção dos conhecimentos por meio de ações manipulativas (e.g. elaboração de hipóteses, identificação de variáveis que influenciam no problema, discussões e debates para resolver o problema) (CARVALHO; SASSERON, 2012). Entretanto, segundo Carvalho (2013), a ação manipulativa não é suficiente para consolidar a construção de conhecimentos, sendo necessário se mover para a ação intelectual.

Dito isso, cabe ao professor auxiliar os alunos durante a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual e levá-los compreender a importância da reflexão, da tentativa e do erro durante a resolução do problema. Segundo Carvalho (2013), essa passagem para a ação intelectual ocorre quando o professor induz o aluno a tomar consciência de como o problema foi resolvido a partir de suas próprias ações (manipulativas) e porque deu certo. Para tal transição, Carvalho e Sasseron (2012) defendem o uso de debates e discussões entre os alunos com o objetivo de sistematizar as ideias e soluções apresentadas pelos grupos.

Mas a construção do conhecimento é consolidada somente na etapa final da atividade investigativa, que envolve uma sistematização individual do conhecimento por meio da produção de um texto por cada aluno. A passagem do discurso oral (divergente e flexível) para o discurso escrito (convergente e focalizado) é uma tarefa árdua, mas é necessária para consolidar o conhecimento construído na mente dos alunos, pois esta etapa requer maior esforço cognitivo para pensar e escrever sobre o experimento investigativo realizado (CARVALHO; SASSERON, 2012).

Entretanto, a sala de aula é um ambiente social no qual o aluno não trabalha individualmente e tampouco é possível ao professor fornecer um tratamento individual e exclusivo para cada aluno. Segundo a autora (CARVALHO, 2013, p.3), “é nessa ocasião, na construção social do conhecimento, que temos de levar em consideração os saberes produzidos por Vigotsky”. A abordagem de Vigotsky alterou

a forma de analisar as relações que o aluno estabelece em sala de aula com outros alunos, com o professor, com o ambiente de aprendizagem e com os problemas.

Segundo a autora (CARVALHO, 2013), são duas as contribuições de Vigotsky para a SEI: i) as mais elevadas funções mentais do aluno emergem durante a participação em processos sociais; e ii) a interação entre professor e aluno e entre eles e o mundo físico se dá por meio de ferramentas e artefatos culturais, principalmente a linguagem. A linguagem deixa de ser observada apenas como um instrumento de mediação e facilitação da aprendizagem e se torna o próprio objeto transformador do funcionamento da mente. O professor é o detentor de ferramentas e artefatos culturais e, portanto, o responsável por mediar a aprendizagem do aluno.

Outra contribuição de Vigotsky está relacionada aos conceitos de “zona de desenvolvimento proximal”, “nível de desenvolvimento real” e “nível de desenvolvimento potencial”. Nas palavras da autora (CARVALHO, 2013, p. 4), a zona de desenvolvimento proximal

[...] define a distância entre o 'nível de desenvolvimento real', determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda, e o 'nível de desenvolvimento potencial', determinado pela resolução de um problema sob a orientação de um adulto.

O desenvolvimento real é dinâmico e aumenta conforme o progresso da aprendizagem e corresponde ao conhecimento consolidado pelo aluno. Já o desenvolvimento potencial é uma incógnita e corresponde a um “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” (CARVALHO, 2013, p.5), como um docente ou outro aluno.

O trabalho em grupo é um aporte social importante para a aprendizagem, pois segundo a autora, é muito mais fácil os alunos se entenderem por estarem todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real, sendo às vezes mais fácil do que entender o professor (CARVALHO, 2013). Há um maior potencial de aprendizagem quando a orientação provém de seus colegas. Isso implica que o trabalho em grupo de alunos deve envolver a troca de ideias e ajuda mútua durante tais atividades e não somente a contribuição individual dos trabalhos de cada aluno. Apesar disso, o papel social do professor não é negligenciado, pois é fulcral que o mediador se porte como um elaborador de questões e seja responsável por orientar seus alunos.

Por fim, o último referencial teórico da proposta de SEI de Carvalho (2013) é o Gaston Bachelard. Há um alinhamento entre a propositura de Piaget sobre a

necessidade de um problema para iniciar a aprendizagem e a ideia bachelardiana de que todo conhecimento é resposta a uma questão. Tal questão deve estar dentro da cultura dos alunos para despertar sua curiosidade e interesse e, assim, engajá-los na busca da solução da questão-problema.

Carvalho (2013) afirma que para aceitar a proposta de Bachelard, também é necessário mover-se de uma experimentação espontânea para uma experimentação científica que auxilie na construção e reconstrução dos conhecimentos dos alunos. Nas palavras de Carvalho (2013, p. 6)

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 teste de hipóteses.

Além disso, a SEI apresenta outro encontro entre a proposta de Piaget e a de Bachelard, relacionada ao erro; Bachelard destaca o erro como fulcral para a construção dos conhecimentos. Visto que é muito difícil que um aluno resolva o problema de primeira, é preciso dar condições para o aluno pensar criticamente e formular perguntas sobre o problema, refletir sobre seus erros e tentar novamente. Nas palavras da autora (CARVALHO, 2013, p. 3), "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".

Mas afinal, o que é uma SEI? Segundo a autora (CARVALHO, 2013, p. 9) são

[...] Sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de visto do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar com os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p. 9).

Em um artigo mais recente (CARVALHO, 2018), a autora traz uma releitura sobre a SEI, pois a primeira leitura (CARVALHO, 2013) é muito focada no conteúdo curricular, apesar da autora criticar a simples verificação dos conteúdos programáticos pelos alunos. Segundo Carvalho (2018, p. 767), a SEI se trata de

[...] uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos. Este tema é investigado com o uso de diferentes atividades investigativas (por exemplo: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos). Em qualquer dos casos, a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema.

Primeiramente, é importante notar que a elaboração do problema pelo professor é um fator fulcral presente em ambas as propostas, pois “é o problema que irá desencadear o raciocínio dos alunos” (CARVALHO, 2018, p. 767). Carvalho (2013; 2018) reforça a necessidade de elaborar um problema que seja adequado para as atividades investigativas e forneça condições para os alunos: i) analisarem o fenômeno envolvido; ii) determinarem as variáveis envolvidas no problema; iii) levantarem e testarem hipóteses; iv) construírem explicações causais e legais, correlacionando os conceitos, leis e teorias com os dados obtidos; e v) passarem da ação manipulativa para a ação intelectual. Por fim, o problema investigativo utilizado deve possibilitar o raciocínio crítico do aluno e, portanto, ser adequado ao nível de seus conhecimentos e de suas habilidades (CARVALHO, 2018).

Segundo, nota-se que tal atualização fornece maior destaque aos “temas científicos” que são investigados nas atividades em comparação com a primeira proposta que restringe os conhecimentos abordados aos conteúdos curriculares. Terceiro, a primeira proposta fornece muito enfoque ao aluno, com uma participação pequena do professor, enquanto a segunda definição elenca a necessidade do professor tomar cuidado com o “grau de liberdade intelectual” fornecido ao aluno, sendo este um elemento gradativo que fornece maior participação ao aluno conforme ele se acostuma aos processos investigativos.

Diversos alunos não são capazes de resolver problemas investigativos sem o envolvimento do professor devido à falta de conhecimentos e habilidades relacionadas à investigação. A resolução de problemas científicos requer uma alta capacidade de desenvolver hipóteses vinculadas a um problema, bem como a elaboração de procedimentos específicos que levem a uma conclusão embasada por argumentos e evidências (FLICK; LEDERMAN, 2006). Visto que os alunos não possuem estes conhecimentos e habilidades necessários para resolver problemas investigativos por si só, não é condizente dar total autonomia para eles durante este processo de aprendizagem. Assim, a utilização de graus de liberdade intelectual foi uma ferramenta empregada nas SEIs para estimular o desenvolvimento progressivo dos alunos de acordo com seus conhecimentos e habilidades (CARVALHO, 2018).

Carvalho (2018) desenvolveu três escalas de graus de liberdade intelectual relacionados a diferentes tipos de atividades investigativas. O Quadro 1 contém a escala de graus de liberdade intelectual para atividades experimentais investigativas.



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

	<b>Grau 1</b>	<b>Grau 2</b>	<b>Grau 3</b>	<b>Grau 4</b>	<b>Grau 5</b>
<b>Problema</b>	P	P	P	P	A
<b>Hipóteses</b>	P	P/A	P/A	A	A
<b>Plano de trabalho</b>	P	P/A	A/P/Classe	A	A
<b>Obtenção de dados</b>	A	A	A/P/Classe	A	A
<b>Conclusões</b>	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte: CARVALHO, 2018.

O Quadro 1 apresenta as cinco características do Ensino por Investigação propostas por Carvalho e colaboradores (2018). A liberdade intelectual dada ao aluno varia com a orientação do professor ao fornecer uma determinada quantidade de etapas para a atividade investigativa.

Carvalho (2018) diz que o grau 1 define o ensino diretivo e os experimentos tradicionais, no qual o professor fornece o problema, as hipóteses e todo o procedimento experimental, restando aos alunos somente a etapa de coleta de dados. O grau 2 de liberdade intelectual ainda representa um ensino diretivo, porém, com maior participação do aluno, pois as hipóteses e o plano de trabalho, apesar de serem elaboradas pelo professor, são discutidas com os alunos. Eles possuem liberdade para questionarem e opinarem, mas é o professor que especifica as diretrizes procedimentais (CARVALHO, 2018).

Os demais graus são relacionados ao Ensino por Investigação. No grau 3, o professor fornece o problema, discute as hipóteses com o aluno e indica o que deve ser testado, mas são os alunos que, sob a supervisão do professor, buscam solucionar o problema e realizar o experimento. No grau 4, o papel do professor se altera totalmente para um orientador; ele fornece o problema, mas os alunos que desenvolvem todo o processo para resolvê-lo. Assim, o docente apenas auxilia os alunos, tomando cuidado com as informações fornecidas (CARVALHO, 2018).

É possível observar a progressão da autonomia dos alunos: nos graus 1 e 2, com ensino diretivo, o aluno deveria entender e seguir a linha de raciocínio fornecida pelo professor, mas nos graus 3 e 4, os alunos desenvolvem e testam suas próprias linhas de raciocínio para resolverem o problema. O grau 5 de liberdade intelectual é o que mais se aproxima de uma investigação científica no qual os alunos escolhem um problema e elaboram todo o processo até sua resolução. Esse grau é pouco empregado com os estudantes, dada sua alta complexidade (CARVALHO, 2018).

Por fim, elencamos alguns elementos primais que compõem e estruturam uma SEI. Carvalho (2018) afirma que qualquer atividade pautada no Ensino por

Investigação, independentemente de seus objetivos, deve criar um ambiente educacional que promova autonomia para os alunos: pensarem (considerando seus próprios conhecimentos e hipóteses); falarem (debatendo e evidenciando seus argumentos); escreverem (mostrando autoria e clareza nas ideias) e lerem (compreensão crítica do conteúdo lido). Nas palavras da autora (2018, p. 766), “quando avaliamos o ensino que propomos, não buscamos verificar somente se os alunos aprenderam os conteúdos programáticos, mas se eles sabem falar, argumentar, ler e escrever sobre esse conteúdo”, ou seja, é necessário avaliar a capacidade do aluno de articular o conteúdo programático.

Uma SEI deve compor várias atividades independentes entre si (ou não), mas conceitualmente interconectadas; tais conteúdos podem ser diversificados, mas devem apresentar consecução conceitual entre eles, pois é fulcral que exista um encadeamento entre os conhecimentos abordados em cada atividade de uma SEI, independentemente da ordem de composição de tais conteúdos estruturais.

As atividades podem ser estruturadas em vários formatos, não se limitando somente aos problemas experimentais. É necessário lembrar que a autora não tinha a intenção de desenvolver atividades investigativas puramente experimentais, focadas somente nas habilidades manipulativas e atitudinais (*hands-on*) dos estudantes, mas também em suas habilidades cognitivas e processuais (*minds-on*). Assim, uma atividade não deve se reduzir a uma simples proposta de situações-problemas aos alunos, elas também devem demandar, por exemplo, pesquisas bibliográficas e/ou debates entre alunos. As atividades devem ser multifacetadas e requisitar maior engajamento e esforço cognitivo do que as atividades expositivas.

Finalizada a discussão acerca dos aspectos estruturantes da SEI e de seus referenciais teóricos basilares, e findada a descrição da SEI e suas etapas, a próxima seção explicitará alguns pontos críticos que dificultam a aplicação das SEIs no nível superior de ensino.

### **3.3 Crítica à proposta de Sequência de Ensino Investigativo**

Apesar da proposta de SEI de Carvalho e de seu grupo de pesquisa ser robusta, o grupo de pesquisadores envolvidos na estruturação da intervenção pedagógica investigativa identificou alguns obstáculos que dificultam sua aplicação no contexto educacional dessa pesquisa e, assim, a tornaram menos vantajosa.

Um problema fulcral que embasou outros obstáculos encontrados na proposta de SEI é o fato de que a proposta da autora é voltada para a educação básica,

especificamente para o ensino fundamental e médio. Ao ler diversas produções da Carvalho (2010, 2013, 2018) e colaboradores (CARVALHO; SASSERON, 2012; BELLUCCO; CARVALHO, 2014), é evidente o direcionamento da proposta para a Educação Básica. Todo o embasamento teórico e estruturação elencada pela autora torna a aplicação da SEI parcialmente inadequada para o ensino superior.

As propostas de Piaget adotadas pela SEI de Carvalho (2013) acerca da construção do conhecimento explicitam a necessidade do aluno se portar ativamente na resolução do problema e limitam a atuação docente nesse processo. Tal aspecto fundante é flexibilizado quando ela fornece maior atuação para o professor na SEI ao impor os graus de liberdade intelectual, entretanto, o papel do docente continua secundário nas investigações, sendo responsável pela realização de questionamentos que levem o aluno a uma reflexão crítica ou o direcionem a organizar os dados e argumentos. Tal amparo piagetiano indica que a aprendizagem é de responsabilidade exclusiva dos estudantes, com base em seus conhecimentos anteriores e na consulta aos materiais de apoio. Assim, qual a atuação do docente em seu papel de ensinar, se não fazer apenas contribuições secundárias?

No ensino superior, há um aumento no grau de complexidade e profundidade dos conhecimentos científicos e das técnicas experimentais, além da apresentação de novos conceitos sobre os quais os alunos não tiveram contato anteriormente. Como a participação ativa dos alunos depende deles se sentirem competentes nas atividades e de se satisfazerem com os resultados obtidos a partir de seus próprios conhecimentos (RYAN; DECI, 2017), o salto de complexidade pode produzir efeitos contrários nos alunos e levá-los a se sentirem incompetentes. Portanto, até que ponto a atuação quase exclusiva do aluno é vantajosa para sua aprendizagem?

Pela proposta de Carvalho (2013), o docente deve delegar a aprendizagem aos alunos e se limitar a questioná-los, sem fornecer informações de maneira expositiva. Entretanto, discordamos desse aspecto basilar, pois acreditamos que é necessário que o professor exponha parcialmente os conhecimentos necessários para o aluno resolver os problemas. A autora (2013, p. 12) diz que “o erro ensina ... e muito”, mas será que todo e qualquer erro acarreta em aprendizagem? Concordamos que o erro é necessário para a construção de novos conhecimentos e não desconsideramos sua relevância para a aprendizagem, mas o salto de complexidade implica, pensamos nós, que o erro precisa possuir alguns aspectos

específicos para ser relevante para a aprendizagem dos alunos. Por exemplo, o erro não precisa ser oriundo da falta de informações e habilidades.

Além disso, os experimentos do ensino superior possuem suas particularidades, e nossa proposta de intervenção investigativa é direcionada para o laboratório didático, então as SEIs precisam ser adequadas para abarcar tais aspectos únicos deste contexto educacional. Acreditamos existir uma necessidade do aluno estar devidamente orientado sobre o que será tratado no experimento investigativo. Como a aprendizagem em laboratório depende dos conhecimentos anteriores dos estudantes, de suas habilidades laboratoriais investigativas e de sua capacidade de unificar ambos para a resolução do problema investigativo, acredita-se que pode haver uma sobrecarga na mente do aluno quando ele tentar realizar o experimento por si só. Em concordância com a maior densidade do conteúdo de nível superior e das técnicas experimentais a serem desenvolvidas pelos universitários, acreditamos que há a necessidade do docente intervir para orientá-los adequadamente, tanto no ensino das técnicas quanto na abordagem do conteúdo.

O universitário deve lidar com os três pilares do conhecimento químico (teórico, fenomenológico e representacional), que por si só são amplos, complexos e específicos, além de ser capaz de interligá-los para produzir explicações e inferências sobre um problema que sejam adequadas ao nível superior de ensino. É papel do professor traçar as primeiras conexões entre tais conhecimentos para que, posteriormente, o aluno comece a investigar um problema e seja capaz de explicá-lo de maneira condizente. Por exemplo, é necessário um vasto conhecimento nos três níveis do conhecimento químico para elaborar uma explicação articulada e coesa sobre um simples fenômeno de dissolução de sais em água. A explicação desse fenômeno requer que o universitário desenvolva um arcabouço de conhecimentos mínimos e que seja capaz de interrelacioná-los adequadamente, sendo que a ausência dessa capacidade pode levar a formação de conhecimentos incompletos, preenchidos com significados não racionalizados. Dessa forma, o erro como descrito por Carvalho (2013) nem sempre pode auxiliar na aprendizagem, pelo contrário, pode levar à formação de concepções alternativas e de obstáculos epistemológicos (*i.e.*, geração de conceitos equivocados que, mesmo após reiteraões e correções do professor, são difíceis de serem desfeitos) (BACHELARD, 1996).

Por fim, além da questão acerca do aumento da complexidade do conhecimento químico e da expansão do arcabouço teórico, os experimentos

químicos realizados em um laboratório didático de graduação são mais sofisticados e, de maneira geral, apresentam maiores riscos e perigos para os universitários. Tais estudantes entram em contato com reagentes químicos que podem causar danos às suas saúdes imediatamente ou à longo prazo. Esse potencial de periculosidade impossibilita o docente de permitir a atuação autônoma dos alunos; é necessário a intervenção do docente e dos técnicos de laboratório para auxiliar na construção ativa dos conhecimentos e habilidades dos alunos. Percebe-se que o papel do docente não pode ser limitado ao de um questionador ou auxiliar, pois no ensino superior, ele precisa também ensinar ao aluno como trabalhar e investigar cientificamente. Assim, a proposta da SEI de Carvalho (2013, 2018) é inviável de ser aplicada com ingressantes no curso de química, devido à imaturidade deles para a realização de experimentos com segurança, além de ser uma medida irresponsável do docente de permitir aos alunos uma liberdade irrestrita em ambiente laboratorial.

De maneira semelhante, há também o fato dos universitários se envolverem com equipamentos mais sofisticados, que requisitam o conhecimento de alguma técnica específica para manipulá-los adequadamente; tais técnicas e habilidades manipulativas devem ser ensinadas e desenvolvidas pelo docente antes que o aluno inicie sua atuação mais autônoma no ambiente laboratorial. Sem o conhecimento e a perícia sobre estas técnicas, os alunos podem acabar quebrando vidrarias e equipamentos caros que, por sua vez, são propriedades pública. Reiteramos que fornecer autonomia irrestrita aos universitários é uma medida irresponsável do docente que pode causar danos ao patrimônio público e/ou à integridade dos alunos.

Apesar da proposta de SEI da Anna Maria Pessoa de Carvalho (2013) possuir estruturação e fundamentação teórica robustas, não é possível utilizar a SEI no Ensino Superior da maneira como foi proposta. Portanto, para alcançar os objetivos de aprendizagem conceitual e técnica adequados para o Ensino Superior e, também, visando aproveitar todo o embasamento da autora, realizamos uma adaptação da proposta de SEI para o contexto educacional deste trabalho. Assim, a nossa proposta de SEI para o nível superior será apresentada na próxima seção, em conjunto com a reformulação dos pontos criticados acima.

### **3.4 Proposta de adaptação da SEI de Carvalho para o Ensino Superior**

A partir do trabalho conjunto de pesquisadores, utilizamos a proposta de SEI de Carvalho (2013) e os contrapontos levantados anteriormente para embasar as

adaptações necessárias e para adequá-la ao ensino superior. Também realizamos certas adequações que julgamos ser convenientes para este contexto de ensino.

O papel limitado do docente na SEI de Carvalho (2013) foi um ponto muito criticado anteriormente, e foi base para diversas modificações em nossa proposta. Julgamos necessário haver uma modulação na atuação do docente nos experimentos investigativos, de maneira que seu papel seja mais flexível e permita a exposição de conhecimentos quando necessário, mas sem retirar a liberdade intelectual fornecida ao aluno durante toda a intervenção pedagógica investigativa.

No Ensino Superior, o docente é responsável por auxiliar os universitários a formarem uma base teórica e experimental, mas além disso, também é responsável por formar um futuro profissional da química. Com base na profissionalização, acreditamos ser demasiadamente complexo e irresponsável deixar que o aluno seja responsável tanto por sua aprendizagem quanto por sua formação profissional, por diversos fatores, como a falta de noção de segurança e risco laboratorial, de manuseio de equipamentos e reagentes e a baixa experiência investigativa. Cabe ao docente informar o aluno sobre tais procedimentos e hábitos laboratoriais para formar um profissional preparado para o mercado de trabalho.

Além desse aspecto profissionalizante, a aprendizagem autônoma do estudante é dificultada pela maior complexidade do conhecimento científico de nível superior. Por exemplo, o estudante deve construir um modelo atômico-molecular que sirva de base para os experimentos investigativos. No ensino superior, esse modelo é necessário para que o aluno consiga articular as três dimensões do conhecimento químico em discussões sobre os dados e os procedimentos executados nos experimentos investigativos, possibilitando reflexões conceitualmente estruturadas. Entretanto, a construção de um modelo sem o auxílio do docente pode acarretar em diversos atrasos no cronograma ou a construção incorreta de conhecimentos científicos pelos alunos, pois tal processo envolve um trabalho árduo e laborioso.

Antes de continuar essa discussão acerca da modulação da atuação docente, faz-se necessário abrir um parêntese. Cada área da química possui suas próprias especificidades teóricas e experimentais, portanto pensamos que segmentar as SEIs de acordo com os tópicos do conhecimento químico seria a melhor maneira de auxiliar na construção de um modelo atômico-molecular condizente com as atividades realizadas em cada SEI. Assim, cada SEI engloba um único tópico curricular - Termoquímica, Cinética Química e Eletroquímica, totalizando três SEIs –

e trabalha com conteúdos específicos e exclusivos. O intuito é que cada SEI possua seu próprio arcabouço de conhecimentos (*e.g.*, introdução de novos conceitos ou aprofundamento de conhecimentos já estruturados) e procedimentos (*e.g.*, novas técnicas e habilidades manipulativas ou novos equipamentos e materiais).

Por conta deste cenário, não fixou-se um grau de liberdade intelectual para cada SEI. Pelo contrário, optou-se por um processo cíclico, no qual cada SEI se iniciaria com menor grau de liberdade e maior atuação do docente e teria um aumento progressivo de liberdade intelectual fornecido ao aluno conforme ele desenvolvesse as habilidades, técnicas e os conhecimentos necessários para atuar com maior autonomia em experimentos investigativos. Visto que cada SEI introduz um novo tópico, ao finalizar uma SEI com investigações de alta liberdade intelectual, a próxima SEI se iniciaria em um grau baixo (*i.e.*, processo cíclico). Tal caráter estrutural permite que o professor assuma um papel diretivo e expositivo no início de cada SEI para auxiliar gradualmente no desenvolvimento de técnicas e habilidades e na construção de um modelo atômico-molecular. Dada que a atuação do professor é modulada conforme os alunos avançam nos experimentos, eles experienciam um aumento progressivo de liberdade intelectual até alcançar um patamar elevado no último experimento de cada SEI.

É válido ressaltar que a proposta de um professor diretivo e expositivo ao início de cada SEI vai contra os princípios fortemente construtivistas da proposta original de Carvalho (2013). A autora não faz referência ao docente ministrar conteúdos acerca de cada atividade investigativa, pois cabe aos alunos construir quase que integralmente todos os conhecimentos envolvidos. Entretanto, após intensas discussões entre o grupo de pesquisadores, percebemos que a presença de uma exposição dialogada ao início de cada atividade não é problemática, pois o ponto fulcral envolve como delinear a atuação do docente durante essa etapa. A modulação do papel do docente implica que a instrução fornecida aos alunos será regulada conforme eles avançam pela SEI e que tal modulação deveria estar atrelada ao grau de liberdade intelectual conferido aos universitários. Ou seja, o nível de instrução fornecido ao aluno pelo professor é modulado pelos graus de abertura investigativos delimitados para cada experimento da SEI. Tal variação gradativa da liberdade intelectual está refletida no Quadro 2 abaixo.

**Quadro 2** – Graus de Liberdade Intelectual dos alunos em uma SEI adaptada ao Ensino Superior.

	<b>Grau 1</b>	<b>Grau 2</b>	<b>Grau 3</b>	<b>Grau 4</b>	<b>Grau 5</b>
<b>Background</b>	P	P	P	P	A
<b>Problema</b>	-	-	P	P	A
<b>Hipóteses/ Objetivos</b>	-	P e A	P e A	A e P	A
<b>Plano de Trabalho</b>	P	P e A	A e P	A e P	A
<b>Obtenção de Dados</b>	A ou P	A	A	A	A
<b>Conclusões</b>	P	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.

É válido notar que a comparação entre a nossa proposta de graus de liberdade intelectual (Quadro 2) e a proposta de Carvalho apresentada em seção anterior (Quadro 1) evidencia algumas discordâncias acerca dos elementos estruturantes dos experimentos investigativos, suas atribuições e o posicionamento de tais fatores. Primeiramente, nenhum experimento da nossa intervenção investigativa deveria encarregar exclusivamente o docente das conclusões experimentais, ou seja, as SEIs não possuem experimentos de grau 1. Apesar de propormos que a atuação docente seja maior no início de cada SEI, também almejamos incitar a participação dos alunos nos experimentos para eles se acostumarem com a participação ativa, então decidiu-se que cada SEI se iniciaria com experimentos de grau 2 para ser condizente com tal objetivo.

Segundo, adicionamos um novo elemento estruturante na nossa proposta: os conhecimentos acerca do tópico da química necessários para executar o experimento (*background*). Tal arcabouço teórico engloba tanto conhecimentos teóricos (e.g., um modelo atômico-molecular desenvolvido, noções sobre os conceitos envolvidos nos experimentos) quanto habilidades procedimentais (e.g., a manipulação adequada de um reagente ou equipamento). Colocamos tal fator em posição privilegiada no Quadro 2 por acreditarmos que tal bagagem seja fulcral para uma boa execução do experimento investigativo que leve à construção de conhecimentos e ao desenvolvimento de noções investigativas. Após tais



esclarecimentos, descrevo os graus de liberdade intelectual apresentados no Quadro 2, que são relativamente distintos da proposta original, devido a esse novo elemento adicionado e à modulação da atuação docente – que varia de acordo com o grau de liberdade fornecido ao universitário.

O grau 1 é considerado o ensino diretivo (CARVALHO, 2013) ou ensino tradicional (MIZUKAMI, 1986). Não há muita diferença entre a proposta de Carvalho e a nossa proposta adaptada com relação a esse delineamento, no qual o professor é responsável majoritariamente pela execução do experimento. O docente fornece aos alunos o roteiro experimental, uma exposição teórica sobre o conteúdo a ser trabalhado no experimento e sobre os procedimentos experimentais adotados. Devido ao teor comprobatório, tal delineamento não envolve um problema investigativo, tampouco a elaboração de hipóteses; o aluno deve seguir à risca todos os passos do roteiro experimental para alcançar um resultado predeterminado.

O grau 2 ainda possui um caráter diretivo, porém fornece maior liberdade intelectual para o aluno, pois o docente fornece maior abertura para a participação dos alunos. Os discentes possuem maior autonomia para, por exemplo, questionar os procedimentos experimentais utilizados ou os objetivos específicos do experimento, ou seja, há maior espaço para discussões entre aluno e docente. Em concordância com Carvalho, não consideramos os experimentos de grau 1 e 2 como investigativos devido à ausência de um problema que instigue o pensamento crítico e à presença de um roteiro experimental que dita a forma do aluno agir.

Segundo Carvalho (2018), o grau 3 em diante representa o Ensino por Investigação, pois há uma inversão de importância entre o papel do docente e do aluno. Neste delineamento, o docente estimula a reflexão crítica do aluno ao propor problemas a serem resolvidos. A partir deste ponto, o aluno passa a agir ativamente e assume uma posição central enquanto o docente assume um caráter colaborativo, auxiliando os alunos na resolução do problema. Neste delineamento, o roteiro pode sofrer transformações estruturais, pois seu formato tradicional se torna inadequado para os experimentos investigativos. Os roteiros ainda podem fornecer descrições sobre aparelhagens, técnicas e informações conceituais, porém não há a necessidade de fornecer um procedimento experimental predefinido; cabe ao aluno, com o auxílio do professor, elaborar um procedimento experimental que permita a resolução do problema. Assim, o papel colaborador do docente se limitará a certas ações, como: questionar as ideias e propostas dos alunos; fornecer uma literatura

pré-selecionada que auxilie na elaboração de hipóteses e procedimentos; ajudar na elaboração de um procedimento experimental. Por fim, o docente é responsável por avaliar o procedimento elaborado pelos alunos, analisando sua praticidade (verificar se há disponibilidade de reagentes, materiais e equipamentos selecionados) e sua periculosidade (verificar se algum procedimento requer uma técnica ou equipamento que os alunos não saibam utilizar ou se há a manipulação de reagentes perigosos).

No grau 4, há uma predominância das ações dos alunos e uma redução na atuação docente em relação ao grau anterior. Apesar do docente ainda ser responsável por verificar a praticidade e periculosidade do procedimento elaborado pelos alunos, sua atuação durante a investigação é reduzida. O docente deve agir como questionador para instigar o raciocínio crítico dos alunos, ou seja, ele irá auxiliar os alunos a compreender o cerne do problema investigativo e questionar as possibilidades sobre como solucioná-lo. Em certos casos específicos, quando o aluno se sente frustrado com o problema, o docente pode fornecer maior auxílio para aliviar sua sobrecarga mental (cognitiva, metacognitiva ou emocional).

Por fim, o grau 5 é uma simulação de uma investigação científica verdadeira, pois os alunos são encarregados de todos os quesitos do Quadro 2, com o docente atuando como um orientador de pesquisa. Visto que os alunos, em conjunto com a mentoria do docente, seriam responsáveis por todas as etapas de uma investigação científica, acreditamos que tal grau de liberdade intelectual é incompatível com o cenário de uma disciplina experimental de graduação. Além disso, por ser algo de total autoria dos alunos, o experimento poderia assumir uma variedade de formas, que necessitaria de maior tempo de execução do que é disposto na disciplina.

Dessa forma, percebe-se como os graus de liberdade intelectual dos alunos influenciam a modulação da atuação docente na atividade. Verificou-se que o fornecimento de informações aos alunos pelo docente não é um problema fulcral, mas sim como isto é feito. Ao atrelar a atuação do docente aos graus de abertura, modulamos sua participação e suas formas de agir.

Por fim, podemos mover para o último elemento importante: o manejo temporal dos experimentos e a distribuição na disciplina. Todas as atividades das SEIs serão aplicadas em uma disciplina experimental que conta com 4 horas semanais divididas entre exposição teórica e execução experimental, sendo este um fator limitante para a realização de atividades investigativas que demandem longos períodos de tempo. Outro limitante está relacionado com a própria natureza dos

experimentos químicos: poucos podem ser interrompidos para retomada em uma aula posterior sem prejuízo significativo aos resultados. Dessa forma, foi decidido entre o grupo de pesquisadores que cada experimento investigativo deveria se limitar temporalmente ao período de uma aula semanal de 4 horas.

Terminada essa análise dos aspectos basilares da nossa adaptação da proposta de Carvalho (2013, 2018), iremos analisar na próxima seção os pilares que sustentaram a elaboração da intervenção pedagógica investigativa: i) Natureza da Ciência; ii) afastamento da Experiência Comum de Bachelard; e iii) aprendizagem dos conteúdos químicos. Também será demonstrado qual a importância da análise motivacional para o contexto desta intervenção.

### **3.5 Elementos de *Design* da Intervenção Pedagógica Investigativa**

Os aspectos basilares da nossa proposta de SEI estão interligados aos pilares que sustentam a elaboração da intervenção pedagógica investigativa, denominados de *elementos de design*. Tais elementos fundamentaram a estruturação de cada SEI e delimitaram os objetivos de aprendizagem de cada atividade. Ressalta-se que não haverá uma discussão aprofundada sobre cada um dos elementos pois o arcabouço teórico que fundamenta esta pesquisa não abrange cada um deles. Tais elementos de *design* foram debatidos entre o grupo de pesquisadores após a leitura acurada de referenciais apropriados, entretanto, isto não significa que tais referenciais que sustentaram a elaboração das SEIs também são os referenciais desta pesquisa. Portanto, será feita uma descrição resumida de cada *elemento de design* que apresentará as referências fundantes de cada um. Por fim, recomenda-se a leitura da tese de Zytkeuwisz (2023), que possui uma discussão encalorada e devidamente embasada sobre os *elementos de design*.

O primeiro *elemento de design* está relacionado com a Natureza da Ciência (NdC). Acreditamos ser necessário desenvolver nos alunos algumas noções epistemológicas sobre as Ciências para auxiliar na formação de profissionais competentes que compreendam sobre a estrutura funcional das ciências e de suas investigações. Houveram diversas reformas educacionais no século passado ao redor do mundo que tentaram propiciar um ensino adequado acerca da investigação científica e do trabalho de cientistas, entretanto, elas não surtiram o efeito desejado (LEDERMAN, 2006). Dentre os motivos, o autor cita que não houve preocupação em informar os professores sobre noções e conhecimentos adequados de NdC, tampouco houve uma formação que preparasse o professor para ensinar tal tópico.

Conhecer sobre NdC, apesar de fulcral, não é suficiente para garantir um ensino de qualidade; é necessária uma orientação profissional sobre as abordagens adequadas de NdC no contexto educacional (LEDERMAN, 2006). Lederman (2006) desenvolve sua própria abordagem, da qual somos adeptos: é necessário trabalhar NdC e as noções de investigação científica de maneira explícita para auxiliar no desenvolvimento adequado do estudante. Não basta “fazer ciência” para o aluno desenvolver noções sobre NdC, pois a simples realização de experimentos científicos sem a devida reflexão do assunto é insuficiente. Tal abordagem explícita providencia momentos de reflexão aos estudantes durante e após a realização dos experimentos investigativos para, por exemplo, refletir sobre os procedimentos empregados, suas implicações na resolução do problema e na construção do conhecimento (LEDERMAN, 2006).

Dessa forma, nossos experimentos investigativos foram planejados para melhorar a compreensão de NdC dos alunos de maneira explícita e, para tal, estipulamos objetivos de aprendizagem sobre NdC e investigação científica em toda atividade. Em concordância, durante e após os experimentos das nossas SEIs, os alunos não estavam limitados somente a “fazer ciência”, mas também foram submetidos a movimentos reflexivos sobre suas próprias práticas.

Lederman (2006) também afirma que há uma visão distorcida sobre como a investigação científica se desdobra, tanto entre cientistas quanto no meio popular, e que tal fator dificulta a inclusão adequada de NdC no cenário educacional; o “Método Científico” único, infalível e universal para todas as ciências caracteriza tal visão distorcida. Como se fosse um inventário de noções a serem memorizadas pelos alunos, o “Método Científico” é empregado nas escolas como uma sequência de procedimentos rígida e lógica empregada para a resolução de qualquer problema científico (GIL-PÈREZ *et al.*, 2001). O “Método Científico” seria empregado para minimizar a subjetividade e aumentar a objetividade de cientistas na tentativa de garantir um processo científico “adequado” (SCHWARTZ; LEDERMAN; LEDERMAN 2008). A literatura está repleta de referências que evidenciam as falhas desse algoritmo infalível; basta pensar que nem toda pesquisa científica é experimental e que este formato não é, portanto, representativo e universal (LEDERMAN, 2006).

Com o intuito de romper com tal noção deformada, a abordagem explícita também permite ao aluno compreender o porquê de certas investigações possuírem determinado *design* experimental e outras não. Ou seja, a partir do movimento

reflexivo e de comparação entre experimentos, eles percebem a existência de uma pluralidade de procedimentos científicos adequados para determinados contextos de pesquisa. Lederman (2006) percebe a investigação, enquanto protocolos científicos, como um conjunto de habilidades e conhecimentos imprescindíveis para a formação de um cientista que devem ser aprendidas pelo aluno e combinadas em outros cenários para a realização de diversas investigações científicas. Ainda segundo o autor (LEDERMAN, 2006), a metodologia investigativa é a melhor maneira de ensinar os alunos sobre tais noções de NdC e de investigação científica.

Por fim, o grupo de pesquisa de Lederman em pesquisas posteriores, diferenciaram a Natureza da Ciência (NdC) da Natureza da Investigação Científica (NiC). Em linha gerais, os aspectos de NdC se referem aos conhecimentos científicos enquanto os aspectos de NiC pertencem aos processos científicos e aos meios de produção de conhecimento (SCHWARTZ; LEDERMAN; LEDERMAN, 2008).

Decidimos trabalhar em maior parte com as noções de NiC em nosso contexto de pesquisa, pois ela seria mais produtiva para a formação de um profissional da química. Providenciar a compreensão sobre os processos e as noções envolvidas no trabalho investigativo é mais adequado para a formação de futuros docentes, pesquisadores e profissionais da Química. Para realizar a abordagem explícita de noções de NiC e NdC, optamos por aplicar diversos questionamentos ao longo da intervenção, realizada: i) verbalmente durante as atividades em laboratório e ii) por um conjunto de questionamentos exclusivos de cada experimento inseridos nos roteiros experimentais.

O segundo *elemento de design* adotado está relacionado ao rompimento com a experiência comum de Bachelard (1996). O epistemólogo afirma que toda experiência concreta, real, natural e imediata constitui obstáculos para o avanço científico. Portanto, precisamos nos debruçar primeiramente em compreender o que é a “experiência comum” de Bachelard (1996) para evitá-la.

Qualquer experiência comum sempre terá um caráter tautológico, ou seja, são experimentos que não objetivam criticar algum conhecimento, apenas verificar empiricamente alguma informação ou conceito. Tal ato de verificação confere à experimentação um papel ingênuo de legitimadora do conhecimento teórico. Assim, verifica-se semelhanças entre a experiência comum de Bachelard e os experimentos tradicionais (*cookbooks*) de caráter verificativo.

Outra característica da experiência comum é seu caráter justaposto. Se o objetivo da experiência é confirmar algum conhecimento, então tanto faz os meios que se utilizam; a experiência comum é caracterizada por procedimentos constituídos de uma sequência de passos impensada. A importância de alcançar o resultado é maior do que a delimitação de uma sequência de passos fundamentadas portanto, os meios não são importantes, desde que direcione o processo para o resultado previamente determinado. Novamente, encontramos semelhanças entre a experiência comum e os experimentos tradicionais verificativos.

Por conta de seu caráter tautológico e justaposto, a experiência comum não finda em discussões nem contradições, pois é uma experiência desamparada de intenções críticas e de problematizações. A experiência comum é definida pela ausência de questionamentos e/ou retificação de erros. Para Bachelard (1996), um erro é algo inesperado, um equívoco, uma contradição, não sendo necessariamente uma falha. Entretanto, experimentos verificativos não têm a intenção de retificar erros. Tampouco são embasados por questionamentos, porque não há intenção crítica, há apenas a demanda de verificar empiricamente a veracidade de um conhecimento teórico (BACHELARD, 1996).

A experiência comum possui muitas semelhanças com os experimentos *cookbooks* verificativos, que tentamos evitar em nossas SEIs, por isso explicitamos as características desse conceito de Bachelard. Por outro lado, devemos objetivar a estruturação de experimentos científicos em todas as SEIs, pois “a experiência científica é, portanto, uma experiência que contradiz a experiência comum” (BACHELARD, 1996, p. 14). Se a experiência científica contradiz a comum, então suas características são relativamente inversas.

A experiência científica possui um caráter crítico, polêmico, que se contrapõe ao caráter tautológico, verificativo. Tal característica confere novas possibilidades de resultados à experimentação e permite a existência de contradições ao cientista. Se o resultado da experimentação não pode mais ser previsto ou verificado, criam-se hipóteses que sustentam e guiam a investigação (BACHELARD, 1996).

Se a experiência comum consiste na reprodução de passos impensados e infundados, dado seu caráter justaposto, então a experiência científica estipula procedimentos experimentais racionais e conscientes. Assim, é necessário que o experimentador saiba o que está fazendo e que ele compreenda a função de cada passo experimental. É necessário que o procedimento experimental seja pensado

em função de um problema ou de um questionamento e que o experimentador tenha consciência de suas ações, tanto no plano material quanto no plano mental.

Por fim, a experiência científica objetivada em nossa SEI deve conter questionamentos e/ou a retificação de erros. Segundo Bachelard (1996), todo conhecimento científico foi a resposta produzida a um questionamento, então o ato de questionar os conhecimentos ultrapassados leva a retificação de erros e a produção de conhecimento. De maneira semelhante, acreditamos que tal formato experimental auxiliará os alunos a construir seus próprios conhecimentos.

Assim, objetivamos a produção de experimentos cujo ponto de partida sejam problemas ou questionamentos que induzam o pensamento crítico nos alunos e os direcionem para elaboração racional de procedimentos experimentais. É necessário que os estudantes tomem consciência de cada etapa experimental delimitada ao longo do percurso investigativo. Não é válido que uma atividade experimental seja um procedimento repetitivo pautado na verificação de conhecimentos, sem a devida consciência dos procedimentos adotados. Realizaremos uma mudança de cultura experimental, pois a experimentação (como posta nos *cookbooks*) não é um instrumento cuja função consiste em complementar a teoria e auxiliar na construção de conhecimentos dos alunos pela verificação teórica. Para tal transição, o experimento investigativo deve ser pensado e estruturado com o objetivo de se aproximar de uma experiência científica de Bachelard (1996), se afastando dos elementos característicos da experiência comum.

Por fim, o terceiro *elemento de design* adotado está relacionado à aprendizagem de conteúdos químicos. Para estipular um conjunto básico de parâmetros que refletissem os conhecimentos apropriados para cada SEI, recorreremos primeiramente às contribuições da Anna Maria Pessoa de Carvalho. No entanto, a proposta de SEI de Carvalho (2013) não contempla o Ensino Superior, tampouco seu currículo, portanto recorreremos a referenciais externos novamente.

Realizamos uma revisão da literatura na base de dados Google Scholar (período entre 2012 e 2022) em busca de publicações recentes que trabalhassem os tópicos envolvidos em um currículo de uma disciplina de química geral do Ensino Superior para alunos de primeiro ano. Como resultado, nos debruçamos sobre o trabalho de Holme, Luxford e Murphy (2015) que elenca os conhecimentos basilares de uma disciplina de Química Geral, organizado em temas principais (*e.g.*, átomo e matéria), subtemas (*e.g.*, constituintes do átomo) e aspectos específicos (*e.g.*,

símbolos e números atômicos). Contudo, não podemos utilizar a proposta dos autores na íntegra por dois motivos: i) este trabalho se refere a uma disciplina mista, com componentes teóricos e experimentais que não são ministrados no contexto da disciplina exclusivamente experimental de nossa intervenção; ii) é necessário analisar os pontos de semelhança entre os conhecimentos químicos abordados em cada SEI, a ementa da disciplina (e suas diretrizes sobre cada conteúdo) e o trabalho de Holme, Luxford e Murphy (2015). Tal cruzamento de informações foi utilizado como referência curricular para estipular os temas e os conhecimentos químicos a serem abordados nas nossas SEIs e estes dados podem ser encontrados no Apêndice A.

Finalizada a descrição dos *elementos de design* da nossa SEI, iniciamos o movimento final que consiste em demonstrar a importância da análise motivacional como um fator fundamental que auxiliou na estruturação da intervenção pedagógica investigativa. Apesar da motivação não ser elencada como um elemento de *design*, sua importância não foi reduzida.

Como evidenciado anteriormente no capítulo de fundamentação da TAD, as motivações autônomas estão relacionadas com aprendizagem de melhor qualidade enquanto motivações controladas estão relacionadas com aprendizagem superficial (RYAN; DECI, 2017). As motivações autônomas podem induzir também comportamentos positivos relacionados à aprendizagem, como participação ativa e engajamento (RYAN; DECI, 2017), sendo que ambos são necessários para auxiliar na compreensão de noções de NdC e NiC. De maneira semelhante, a motivação é um fator fulcral interligado ao nível de aprendizagem de conhecimentos e habilidades em diversas esferas da vida, inclusive a esfera científica e investigativa (RYAN; DECI, 2017). Assim, acreditamos ser fulcral monitorar todo o processo da intervenção pedagógica investigativa pela perspectiva motivacional para analisar se os experimentos investigativos podem estimular a motivação dos estudantes e, assim, induzir maior participação e engajamento.

Por outro lado, os ambientes educacionais devem almejar o desenvolvimento holístico do aluno (e.g., emocional, psicológico, cognitivo e social), que vai além da aprendizagem de conteúdos curriculares (RYAN; DECI, 2020). Em qualquer nível educacional, deve-se providenciar experiências positivas para a saúde psicológica, bem-estar e motivação, que vão além do desenvolvimento da cognição, das técnicas e dos conhecimentos dos estudantes (RYAN; DECI, 2017). Analogamente, segundo



Flick e Lederman (2006), “ensinar sobre a natureza da ciência” e “ensinar ciências como investigação” também são princípios fundamentais relacionados ao ensino de ciências, não se limitando somente ao ensinamento de conhecimentos científicos.

Independentemente do nível educacional, bem como em diversos contextos socioculturais, incentivar a autonomia do estudante é fulcral para seu desenvolvimento holístico. Um futuro profissional da química também precisa ser confiante em suas habilidades e conhecimentos, então é necessário estimular a necessidade de competência para auxiliar na formação de químicos persistentes e eficientes. Assim, os experimentos das SEIs devem obrigatoriamente promover a autonomia dos universitários, visto que este é um fator basilar da proposta de Carvalho (2013). Pela perspectiva da TAD, promover a autonomia dos estudantes também estimula a satisfação da necessidade de competência e pertencimento, como afirmam Ryan e Deci (2017, p. 369, tradução livre)

... quando os professores apoiam a autonomia, normalmente também apoiam as necessidades de competência e pertencimento dos alunos [...] quando os professores apoiam a autonomia, eles entendem as perspectivas dos alunos, o que lhes permite entender quando os alunos precisam de suporte relacional e de competência. Por causa disso, muitos estudos descobriram que os resultados associados às avaliações de suporte à autonomia são muito semelhantes àqueles em que o suporte para todas as três necessidades é avaliado.

Para analisar a capacidade de estruturar experiências científicas segundo Bachelard (1996), necessitamos também analisar o estado motivacional dos estudantes. De nada adianta um experimento providenciar problemas e questionamentos, espaço para reflexão crítica e oportunidades de realizar investigações científicas se o ambiente educacional não é motivador para os alunos, tampouco estimulante para as suas necessidades. De maneira semelhante, o engajamento necessário para que os alunos se envolvam em tais investigações científicas e desenvolvam noções adequadas de NdC depende do estímulo que os alunos recebem sobre suas necessidades psicológicas, especialmente a autonomia.

Assim, acreditamos que analisar a motivação dos estudantes em vários momentos da intervenção auxiliará a determinar o estado de satisfação de suas necessidades psicológicas. Se o intuito é estimular as necessidades psicológicas básicas dos estudantes, Ryan e Deci (2017) providenciam diversos direcionamentos que foram incorporados nos experimentos investigativos. Por exemplo, em concordância com as características da experiência científica de Bachelard (1996), Ryan e Deci (2017) afirmam que quando professores esclarecem aos alunos a

importância e utilidade de um conhecimento, atividade e/ou habilidade, ele contribui diretamente para que os alunos percebam o valor, compreendam os motivos por trás de suas ações e se dediquem com maior afinco à aprendizagem.

Além disso, outro recurso utilizado em nossas SEIs para aumentar o engajamento e a participação ativa dos alunos está relacionado à avaliação e ao *feedback*. As notas são mais problemáticas do que benéficas porque instigam a comparação entre os alunos invés de estimular o desenvolvimento contínuo – a classificação de notas é muitas vezes mais comparativa do que efetiva em seu significado funcional. Portanto, foi adotado o fornecimento de *feedbacks* positivos em diversos momentos. A modulação da ação docente permitiu tal ação, pois a intervenção indireta do professor se dava por meio de questionamentos e sugestões para os alunos, por exemplo, durante a elaboração do procedimento experimental ou levantamento de hipóteses. Por fim, foi fornecido *feedback* semanalmente sobre cada experimento realizado que auxiliava os estudantes a compreender o conteúdo curricular e as noções de NiC e NdC abordadas. Tal movimento é fulcral para estimular motivações autônomas nos estudantes e para satisfazer suas necessidades de autonomia e competência (RYAN; DECI, 2017).

**Quadro 3** – Comportamentos de professores mostrados empiricamente como apoiadores da autonomia, e aqueles mostrados como controladores.

<b>Comportamentos dos professores que promovem motivação autônoma</b>	<b>Comportamentos dos professores que promovem motivação controlada</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ouvir os estudantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monopolizar os materiais de aprendizagem</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reservar tempo para o trabalho independente dos alunos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar respostas aos alunos sem dar a eles a oportunidade de formulá-las</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar aos alunos a oportunidade de falar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer exigências e diretrizes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer sinais de melhoria e domínio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar palavras de controle, como <i>deveria</i> e <i>tem que</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar o esforço dos alunos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar perguntas direcionadas como forma de controlar o fluxo da conversa</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oferecer dicas que facilite o progresso quando os alunos parecerem travados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar aos alunos muito pouco tempo para trabalhar de forma independente na resolução de problemas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responder aos comentários e perguntas dos alunos</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer as experiências e perspectivas dos alunos</li> </ul>	

**Fonte:** Adaptado de RYAN; DECI, 2017 (p.368).

Ademais, o Quadro 3 contém diversos direcionamentos que foram acatados por nós para produzir ambientes estimulantes para as motivações autônomas dos

estudantes, assim como possui uma lista de comportamentos a serem evitados para não estimular as motivações controladas.

É notável que diversos comportamentos do professor capazes de estimular a motivação autônoma também são adequados para a promoção de um ambiente investigativo (CARVALHO, 2013; RYAN; DECI, 2017). Por exemplo, Grushow (2022) afirma que experimentos investigativos demandam maior quantidade de tempo para os alunos realizarem trabalho independente e que tal fator é fulcral para a execução destas atividades e para o engajamento dos estudantes. Carvalho (2013) afirma que é necessário providenciar espaço para os alunos falarem e que o professor deve ouvir e responder aos seus questionamentos para incentivar seu progresso. Analogamente, o fornecimento de dicas aos alunos quando eles parecem travados é essencial para evitar que os alunos se frustrem, pois tal comportamento reduz sua percepção de competência e, conseqüentemente, seu engajamento (RYAN; DECI, 2017). Entretanto, a atuação do docente nesse caso de frustração do aluno deve estar adequada ao grau de liberdade intelectual e à modulação de sua ação – caso não seja possível modular sua atuação, o docente deve evitar a frustração do aluno independentemente da abertura, pois o ambiente educacional deve estimular o bem-estar mental e saúde psicológica (RYAN; DECI, 2017).

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.1 Contexto de pesquisa

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” é uma instituição pública multicâmpus que possui vários institutos e faculdades distribuídos pelo interior paulista. Dentre esses, o Instituto de Química do *campus* Araraquara (IQ/Ar) oferece quatro cursos de graduação: Bacharelado em Química, Bacharelado em Química Tecnológica, Licenciatura em Química e Engenharia Química. O foco desta pesquisa é o curso de graduação de Licenciatura em Química.

Em função das novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica (BRASIL, 2015) instituídas em nível superior, o curso de Licenciatura em Química do IQ/Ar passou por reestruturação em seu Plano Político-Pedagógico e em suas matrizes curriculares no ano de 2019. As alterações objetivaram a articulação entre os aspectos científicos e pedagógicos do conhecimento, assim como entre os aspectos teóricos e práticos na formação de professores (BRASIL, 2015). No Quadro 4, se encontra um excerto adaptado da atual Estrutura Curricular do curso de Licenciatura em Química do IQ/Ar. A estrutura curricular integral pode ser encontrada no Anexo A.

**Quadro 4** – Excerto adaptado da estrutura curricular de 2019 da Licenciatura em Química.

<b>Disciplinas do Curso de Licenciatura em Química</b>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>CR</b>	<b>DISCIPLINA</b>	<b>REQUISITO</b>
<b>1º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (16)</b>			
FQ26214	02	Geometria Analítica	Não há
CE26005	02	História da Educação Brasileira	Não há
FQ26215	02	Pré-Cálculo	Não há
QI26064	04	Laboratório de Ensino de Química Geral (Anual)	Não há
QI26065	04	Química Geral (Anual)	Não há
IQ26037	02	Redação e Produção de Textos	Não há
<b>1º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)</b>			
FQ26216	04	Cálculo Diferencial e Integral I	Pré: Pré-Cálculo
BT26047	04	Biologia	Não há
CE26006	04	Fundamentos da Educação	Não há
QI26064	04	Laboratório de Ensino de Química Geral (Anual)	Não há
QI26065	04	Química Geral (Anual)	Não há

**Fonte:** Adaptado de <https://www.iq.unesp.br/Home/graduacao/licenciaturaemquimica/estrutura-curricular-lic-2019-para-site.pdf>. Acesso em 04 abr. 2022.

A disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral (LEQG) é uma disciplina experimental anual caracterizada por um viés didático-pedagógico que visa fornecer aos professores em formação uma compreensão sobre o papel e a importância da experimentação para a aprendizagem de conhecimentos químicos, e também, para o ensino de química. O plano de ensino da disciplina, seus objetivos e conteúdos curriculares estão dispostos no Quadro 5.

**Quadro 5** – Extrato do plano de ensino da disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral de 2022.

UNIDADE UNIVERSITÁRIA: Instituto de Química			
CURSO: Licenciatura em Química			
DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL: Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica			
IDENTIFICAÇÃO:			
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA OU ESTÁGIO	SERIAÇÃO IDEAL	
QI26064P1	Laboratório de Ensino de Química Geral	1º Ano	
TIPO	PRÉ-REQUISITOS	CO-REQUISITOS	
Obrigatória	Não há	Não há	
CRÉDITOS	CARGA HORÁRIA TOTAL	DISTRIBUIÇÃO DA CARGA HORÁRIA	
		TEÓRICA	PRÁTICA
8	120		120
OBJETIVOS (Ao término da disciplina o aluno deverá ser capaz de:)			
<p>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 avaliação do conhecimento químico.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>			
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (Título e discriminação das unidades)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- As três dimensões do conhecimento Químico.</li> <li>- As orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos científicos e o papel da experimentação.</li> <li>- Regras de segurança e utensílios de laboratório.</li> <li>- Técnicas fundamentais de laboratório.</li> <li>- Medidas experimentais: erro, incerteza, precisão e exatidão.</li> <li>- A experimentação como estratégia didática para o ensino de estequiometria, soluções, gases, equilíbrio químico, termoquímica, cinética química e oxirredução.</li> <li>- Características do relatório científico e as regras da ABNT.</li> <li>- Procedimentos de pesquisa na literatura, bem como o tratamento de dados utilizando ferramentas estatísticas e os recursos das tecnologias da informação e comunicação (TIC).</li> </ul>			
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:** Adaptação do Plano de Ensino disponibilizado pelo professor responsável pela disciplina. Disponível em: <https://www.iq.unesp.br/Home/graduacao/plano-2019-qi26054-19-laboratorio-de-ensino-de-quimica-geral.pdf>. Acesso em 04 abr. 2022.

A pesquisa que embasou essa dissertação foi desenvolvida na disciplina de LEQG, sendo ela anual e ofertada aos alunos ingressantes no curso de Licenciatura em Química. Assim, a intervenção se deu por meio de três SEIs cíclicas que englobaram os tópicos de Termoquímica, Cinética Química e Eletroquímica e foram aplicadas no 2º semestre da disciplina LEQG em 2022.

#### **4.2 Tipo de pesquisa**

Segundo Moroz e Gianfaldoni (2006), as pesquisas científicas podem ser classificadas em duas categorias: as pesquisas que intencionalmente manipulam variáveis e as pesquisas que não manipulam variáveis diretamente. No primeiro caso, a manipulação de variáveis visa estabelecer correlações entre elas, como, por exemplo, dependência, associação ou características de previsão de resultados, então envolvem um tratamento estatístico aos dados coletados. Esta categoria envolve, dentre outras, as pesquisas experimentais e as quase-experimentais. Já na segunda grande categoria, o pesquisador não tem o intuito de controlar as variáveis de seu estudo, ou seja, ele não pretende isolá-las ou manipulá-las, seja por escolha do pesquisador ou por incapacidade de manipulação por forças externas à pesquisa. Nesta categoria, encontram-se os estudos de caso, estudos etnográficos, dentre outras delineamentos não-experimentais (MOROZ; GIANFALDONI, 2006).

Dado nosso contexto de pesquisa, adotamos um delineamento de pesquisa não experimental pois não há como controlar as diferentes variáveis relacionadas à intervenção pedagógica investigativa. Além disso, o autor-pesquisador participará ativamente no meio onde será realizada a intervenção pedagógica para permitir maior familiaridade entre os sujeitos de pesquisa e o pesquisador e evitar comportamentos anômalos na presença deste, analisar os dados coletados em busca de padrões que possam auxiliar na pesquisa e aprimorar o desenho dos experimentos investigativos posteriormente. Por outro lado, não serão utilizados alguns recursos comuns do delineamento experimental como comparações entre grupo de controle e grupo de tratamento, por problemas éticos que circundam os alunos regulares de um curso oficial de graduação. Outro recurso comum de delineamentos experimentais que não foi utilizado são os procedimentos de amostragem, pois todos os alunos ingressantes da turma de licenciatura em química que concordaram em participar da pesquisa são sujeitos desta pesquisa.

Apesar disso, uma pesquisa não-experimental pode ser qualitativa, quantitativa ou mista. Segundo Moreira (2011), a pesquisa quantitativa é caracterizada por medições e análises quantitativas para, por exemplo, correlacionar as variáveis de um contexto de pesquisa; grosso modo, o enfoque é a relação quantitativa entre variáveis. Há o intuito de trazer descrições quantificadas numericamente de tendências e atitudes para que o pesquisador produza generalizações ou afirmações acerca da população envolvida no estudo (FLICK, 2009). Já a pesquisa qualitativa é mais centralizada no sujeito de pesquisa, visando obter nuances e detalhes que enriqueçam a análise da população da pesquisa. Para tal, é necessário que o pesquisador possua um caráter reflexivo e apresente maior subjetividade em sua análise, pois suas observações e impressões sobre os dados coletados também são documentados em forma de dados. Em linhas gerais, as pesquisas qualitativas possuem um caráter mais interpretativo, descritivo e subjetivo, enquanto as pesquisas quantitativas envolvem a produção de generalizações e afirmações a partir da compilação de dados numéricos (MOREIRA, 2011).

Por fim, existe a pesquisa mista, a qual embasou este trabalho. Esta abordagem é caracterizada por uma mistura de componentes de ambos os paradigmas qualitativo e quantitativo, com o intuito de combinar e interrelacionar as características de ambas as abordagens para a pesquisa (McMILLAN; SCHUMACHER, 2010). A pesquisa mista pode apresentar uma variedade de características e elementos de pesquisas qualitativas e quantitativas, que podem ser manifestadas na linguagem e estilo de escrita, nos pressupostos teóricos e metodológicos, na orientação, na questão básica de pesquisa, na amostragem, nos procedimentos de coleta de dados e no tipo de dado coletado, assim como no tipo de análise empregada (McMILLAN; SCHUMACHER, 2010).

O método misto não limita os pesquisadores aos pressupostos, técnicas e instrumentos associados a cada paradigma tradicional, seja ele qualitativo ou quantitativo e, assim, permite obter resultados diferentes por combinar ambos. Por esses e outros motivos, as pesquisas mistas são consideradas inovadoras e estão ganhando crescente destaque na literatura, pois essa abordagem pode providenciar um quadro investigativo mais completo ao combinar ambos os paradigmas.

Além disso, a pesquisa mista é mais adequada para alguns aspectos de nossa pesquisa e do contexto de ensino. Tal paradigma é compatível com pesquisas que envolvem pequenos grupos de participantes (McMILLAN; SCHUMACHER,

2010), como é o caso desta pesquisa que analisou uma única turma de universitários. Além disso, o método misto pode providenciar resultados quantitativos e explicar os motivos para sua obtenção por uma perspectiva qualitativa (McMILLAN; SCHUMACHER, 2010), sendo esta uma necessidade desta pesquisa, que coletou dados quantitativos e os relacionou com os aspectos qualitativos da intervenção investigativa e do contexto de pesquisa.

Após a sistematização de pesquisas quali-quantitativas, constatou-se que certas pesquisas mistas podem apresentar uma combinação “dominante/menos dominante” dos paradigmas tradicionais, na qual o desenho de uma pesquisa está comprometido a uma abordagem enquanto usa a outra secundariamente (FLICK, 2009). Por outro lado, uma pesquisa pode ser “verdadeiramente mista”, estando comprometida igualmente a ambos os paradigmas qualitativo e quantitativo (JOHNSON; ONWUEGBUZIE; TURNER, 2007). A pesquisa que embasou esta dissertação pode ser caracterizada como verdadeiramente mista, pois foram utilizados instrumentos de coleta de dados e métodos de análise quantitativos, entretanto, a qualidade dos dados foi analisada em busca de formas de melhorar nosso *design* da intervenção pedagógica investigativa, da nossa adaptação de SEI e dos experimentos investigativos. Ou seja, apesar da natureza quantitativa dos dados coletados, eles foram analisados sobre ambos os paradigmas igualmente.

#### **4.3 Desenho de pesquisa: *Design-Based Research* (DBR)**

A proposta intervencionista desta pesquisa representa um desafio da área de educação, dados os diversos obstáculos encontrados ao implementar pesquisas em ambientes educacionais e usar seus resultados para aperfeiçoar a própria prática de ensino. Para suportar a proposta desta pesquisa, o desenho de pesquisa escolhido foi *Design-Based Research* (DBR). A DBR suporta projetos inovadores (e.g., pesquisas mistas), e também proporciona uma base para pesquisas que envolvem intervenções pedagógicas em ambientes educacionais, pois possibilita uma análise detalhada do contexto de ensino, do desenho do projeto e, também, permite responder “como” e “por que” uma dada inovação pedagógica funcionou (ou não) na prática (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). A DBR é uma metodologia de investigação que une aspectos teóricos da pesquisa em educação com suas aplicações em ambientes reais de ensino, possibilitando a fundamentação, planejamento e aplicação adequados de uma intervenção pedagógica para que esta se adeque ao

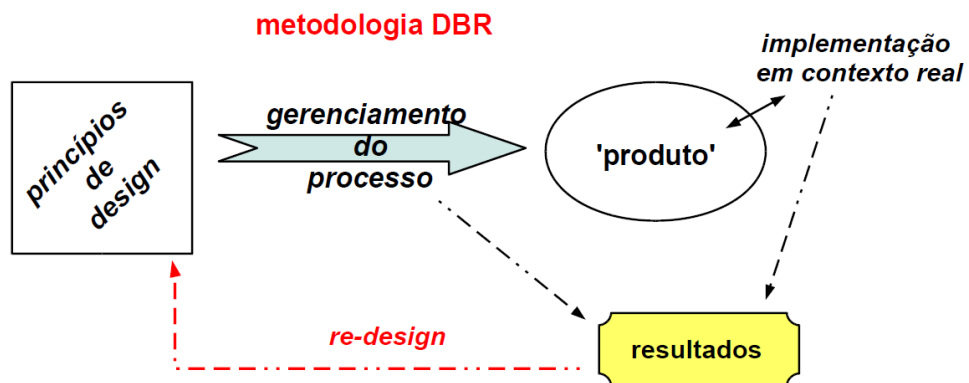


contexto educacional no qual será empregada (DBR-COLLECTIVE, 2003; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

Dado que a DBR é uma metodologia de pesquisa intervencionista, ela auxilia o pesquisador a identificar um problema em um contexto real de ensino e suporta a aplicação e a avaliação de um projeto que visa intervir neste cenário para melhorar alguma característica do ambiente de ensino (DBR-COLLECTIVE, 2003; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). Desta forma, a DBR auxiliou no desenvolvimento de uma intervenção pedagógica embasada em uma dinâmica inovadora de progressão de graus de liberdade intelectual do Ensino por Investigação com a finalidade de superar os problemas de ensino e aprendizagem encontrados nos experimentos tradicionais comumente aplicados no ensino superior. A DBR possibilita o controle e gerenciamento coerente de todas as etapas de uma intervenção pedagógica em um contexto educacional real e complexo (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017), como o laboratório didático de Química no Ensino Superior, portanto ela será usada durante as etapas de planejamento, implementação e avaliação da intervenção investigativa.

Antes de detalharmos a relação estrutural entre a DBR e a intervenção pedagógica investigativa, é necessário conhecer os fundamentos teóricos e práticos desta metodologia. Toda a discussão será pautada na Figura 2, que possui um esquema representacional da metodologia DBR, de suas etapas e processos.

Figura 2 – Etapas da metodologia DBR



Fonte: KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017

Por ser uma metodologia pautada em *design*, a DBR consiste em um processo iterativo (*i.e.*, cíclico) de desenvolvimento e avaliação de um projeto, portanto, o *design* deve ter uma base que fundamente seu planejamento, sua aplicação e sua análise ao final do processo. Como observado na Figura 2, a DBR é um esquema cíclico e é pautada nos *princípios de design*, que estão entrelaçados

com os objetivos de pesquisa e de ensino, por isso que o *design* é elaborado e avaliado em função de seus princípios (DBR-COLLECTIVE, 2003).

Segundo Kneubil e Pietrocola (2017), os princípios de *design* são norteadores do processo de fundamentação e elaboração de um desenho, projeto ou intervenção, portanto são princípios multifacetados que se relacionam com a dimensão teórica. Assim como diversas pesquisas educacionais não se apoiam em uma única teoria, o *design* não é limitado a um único princípio, “muito pelo contrário, ela pode adotar vários elementos de várias teorias de modo a eleger os princípios de design que irão nortear toda produção, implementação e avaliação” (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017, p. 4). Por exemplo, uma intervenção pode elencar princípios pautados em teorias de aprendizagem e em premissas epistemológicas sobre o conhecimento abordado com os alunos.

Após definir os princípios, inicia-se a etapa de produção do design (gerenciamento do processo) que é responsável por gerar um produto – neste caso, a intervenção pedagógica – a ser implementado em um contexto real de ensino. O desenvolvimento do *design* é necessariamente realizado por uma equipe de profissionais especialistas e diversificados, como professores e pesquisadores da área para tornar o processo mais rico e melhorar a adequação do “produto” (*i.e.*, *design*) ao contexto de ensino. Diferentes opiniões engrandecem a intervenção, pois cada especialidade de conhecimento (*e.g.*, científico, pedagógico, conceitual, epistemológico) contribui para o desenvolvimento holístico da intervenção.

Tanto a produção do design (gerenciamento do processo) quanto as consequências da implementação do produto em um ambiente educacional são resultados da pesquisa, visto que o design por si só é um produto de pesquisa e que os resultados de sua aplicação fornecem dados e informações sobre o ambiente educacional. Segundo Kneubil e Pietrocola (2017, p. 4, grifos do autor)

Sendo uma teoria sobre a metodologia, a pesquisa baseada em design pressupõe uma análise **sobre o processo** tanto quanto **sobre o produto**. Isso significa que usando a DBR para se desenvolver algum produto, aprende-se sobre o processo e produz-se, assim, **conhecimento**.

Ao final do processo, é necessário realizar uma avaliação tanto da etapa de desenvolvimento do produto (*i.e.*, avaliar o gerenciamento do processo) quanto dos produtos elaborados pela intervenção (*i.e.*, *design*). Assim como a equipe de especialistas se debruçou sobre os *princípios de design* para elaborar a intervenção,

ela também utilizará tais referenciais para avaliar os resultados da aplicação do produto (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

Finalizada a etapa avaliativa e em posse da análise dos processos e dos produtos, são produzidos resultados e conhecimentos que podem ser utilizados para produzir um novo produto a ser aplicado posteriormente, na etapa de *re-design*. A produção de um novo *design* pode envolver alterações nos *princípios de design*, modificação de elementos e etapas da intervenção e/ou mudanças na maneira de avaliar os processos e os produtos. Assim, esta etapa de redesenhar e replanejar a intervenção pode ser feita em formato de sugestão para uma futura implementação, destacando os obstáculos encontrados e também os pontos positivos a serem reforçados ou, então, a própria equipe pode elaborar um *re-design* e reiniciar o ciclo metodológico. Independentemente do sucesso ou falha da primeira intervenção, a etapa do redesenho deve ser realizada e ela caracteriza o fim de um ciclo da intervenção e, caso seja objetivo dos pesquisadores, o início de um novo ciclo.

Assim, percebe-se que a DBR fornece um arcabouço de ferramentas e protocolos para embasar o desenvolvimento e avaliação de projetos inovadores intervencionistas. Além disso, tanto a etapa de *gerenciamento do design* quanto a aplicação do *design* em um ambiente educacional real geram resultados (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017) que podem contribuir para a literatura. Estes pontos justificam a escolha da DBR, pois um dos intuítos deste projeto é contribuir com conhecimentos sobre a aplicação do Ensino por Investigação em uma instituição de ensino superior, considerando que não foram encontradas pesquisas que determinassem quais as relações entre uma progressão dos graus de liberdade intelectual investigativos e a motivação dos alunos.

Além desse motivo, a DBR foi escolhida porque a intervenção pedagógica investigativa pode ser avaliada ao final de sua aplicação para analisar sua “eficiência” com base em seus *princípios de design*. Como um dos focos deste projeto consiste em analisar a influência do *design* da intervenção sobre a motivação para aprender dos estudantes, a avaliação do *design* auxilia em tal análise, assim como permite reestruturá-lo com base nos resultados obtidos e, assim, aprimorá-lo para uma futura aplicação visando fortalecer seus pontos fracos.

## 4.4 Detalhamento do *design*: a Intervenção Pedagógica Investigativa

### 4.4.1 Descrição da intervenção

O desenvolvimento de cada uma das SEIs foi realizado por um time de pesquisadores para se adequar a um dos pilares da *DBR* que implica na necessidade de vários profissionais, com diferentes especialidades de conhecimentos, trabalharem em conjunto na produção de um *design* adequado para o contexto educacional escolhido (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). O intuito é possibilitar a união entre os aspectos práticos da educação (atividades aplicadas em um contexto real de ensino necessitam de profissionais com experiência no ambiente em questão) com os aspectos teóricos (pesquisadores da área de ensino com conhecimentos teóricos) (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). Tendo isto em mente, o processo de elaboração do *design* se iniciou em 2021 ao elencar quatro membros com especializações diferentes, visando enriquecer o processo de *design* com seus conhecimentos singulares. Posteriormente em 2022, um quinto membro foi adicionado ao grupo, sendo este o professor responsável pela disciplina na qual realizou-se a intervenção.

1. Um professor doutor em Ensino de Ciências. Este membro foi encarregado de fornecer orientações gerais, organizar o grupo e direcionar os procedimentos e as tomadas de decisões;
2. Um professor doutor em Físico-Química. Este membro foi encarregado de delinear as discussões específicas sobre Química, sendo responsável pelo rigor conceitual, técnico e procedimental dos experimentos;
3. Um doutorando em Química, responsável por organizar as discussões sobre os *princípios de design* da nossa proposta (e.g., NdC, NiC e Bachelard), assim como atuar nos mais diversos detalhes que embasaram a concepção da intervenção;
4. Um mestrando em Química, o qual é o autor dessa dissertação. Este membro foi responsável pelo planejamento dos experimentos investigativos produzidos e de garantir a incorporação de elementos relacionados à motivação na intervenção;
5. Um professor doutor em Ensino de Química. Sendo o docente responsável pela disciplina em que se realizou a intervenção, ele foi responsável alinhar as demandas da disciplina com os propósitos da intervenção, além de participar no planejamento dos experimentos investigativos produzidos.

Com exceção do quinto membro, o grupo se reuniu constantemente desde junho de 2021 para trabalhar na elaboração da intervenção pedagógica investigativa e em seus experimentos. Tais reuniões discutiram diversos aspectos da intervenção, como as especificidades do ensino experimental de química no Brasil no contexto universitário, a revisão de experimentos elaborados, e a estruturação dos *princípios de design*, dentre diversas outras pautas debatidas nos encontros. Além disso, outras reuniões tiveram finalidades diferentes, como articular e integrar os membros da equipe e o trabalho colaborativo, sendo necessárias discussões sobre os elementos de design para alinhar conceitualmente os pares. Por exemplo, certas reuniões eram focadas na discussão dos referenciais basilares de NdC e NiC para integrar todos os membros acerca do tópico e delimitar qual abordagem seria adotada para tratar tais tópicos nos experimentos.

As reuniões direcionadas à discussão da SEI, seus referenciais teóricos e sua estruturação produziram resultados extremamente relevantes para a intervenção e, conseqüentemente, para esta dissertação. Após diversas leituras e discussões sobre os aspectos estruturantes da SEI de Carvalho (2010, 2013, 2018) e de seus referenciais teóricos basilares, a equipe constatou que a proposta da autora era robusta, mas que necessitava de adaptações para o contexto universitário. Dessa forma, a equipe levantou os contrapontos que, após correções apropriadas, embasaram a adaptação da SEI para o nosso contexto de ensino.

Para não nos estendermos nessa discussão, ressaltamos que as reuniões em grupos foram fulcrais para desenvolver diversas esferas da intervenção, como: confecção, testagem e análise dos experimentos investigativos elaborados; fundamentação e discussão dos elementos basilares da intervenção; adaptação do *design* durante sua aplicação; avaliação do *design* após sua aplicação; integrar e articular o docente responsável pela disciplina LEQG após sua entrada na equipe; abordar NdC e NiC explicitamente; dentre diversas outras discussões primordiais para o desenvolvimento holístico da intervenção.

Outro tópico a ser ressaltado sobre a intervenção se refere à nossa tentativa de reduzir a demanda cognitiva dos alunos para evitar sobrecarga. Tendo tal objetivo em mente, tomamos certas ações: i) utilizamos linguagem científica acessível e adequada ao nível dos estudantes; ii) auxiliamos no gerenciamento do tempo laboratorial dos alunos, fornecendo espaço para eles pensarem sozinhos, seguidos por outro momento de auxílio fornecido pelos docentes; iii) apesar de não

interferirmos nos grupos dos alunos, delimitamos desde o início do ano letivo que eles participariam em grupos de 3 alunos no máximo – tal ação foi pensada para distribuir igualmente a demanda de trabalho laboratorial e evitar que um único membro do grupo fosse sobrecarregado.

Por fim, o último tópico a ser ressaltado se refere ao papel do doutorando e do mestrando na intervenção. A equipe decidiu que ambos teriam participação ativa no contexto físico e social da disciplina, portanto eles foram apresentados pelo docente da disciplina como docentes auxiliares e, também, como pesquisadores intervencionistas. Para evitar rupturas no cotidiano dos alunos, ambos mestrando e doutorando foram apresentados no início da disciplina e atuaram ao longo do ano inteiro com os alunos para facilitar a imersão dos pesquisadores no contexto de pesquisa e gerar familiaridade com os alunos. Caso os pesquisadores fossem apresentados somente no momento da intervenção (2º semestre), suas presenças poderiam causar rupturas no cotidiano dos universitários e impactos psicológicos que, conseqüentemente, poderiam acarretar em desvios de comportamentos ou o advento de atitudes anômalas prejudiciais para ambos alunos e pesquisadores.

Outro preparativo realizado pelos docentes foi a realização de uma aula para instruir os alunos acerca das nossas pesquisas. Assim, a primeira aula do segundo semestre de 2022 foi realizada integralmente em sala de aula, na qual apresentamos o cronograma da disciplina e os respectivos conteúdos abordados. Além disso, o doutorando e o mestrando informaram os alunos sobre as mudanças que ocorreriam na disciplina ao longo do semestre letivo, fornecendo maiores informações sobre a intervenção pedagógica investigativa que ocorreria na disciplina a partir daquele momento. Os comentários realizados foram pontuados abaixo:

1. Iniciamos os esclarecimentos dizendo que 9 dos 11 experimentos do semestre seriam atividades modificadas e diferentes daqueles que os licenciandos estavam acostumados (experimentos tradicionais verificativos). Elucidamos o formato investigativo dos experimentos da intervenção e respondemos às dúvidas e questões levantadas pelos alunos;

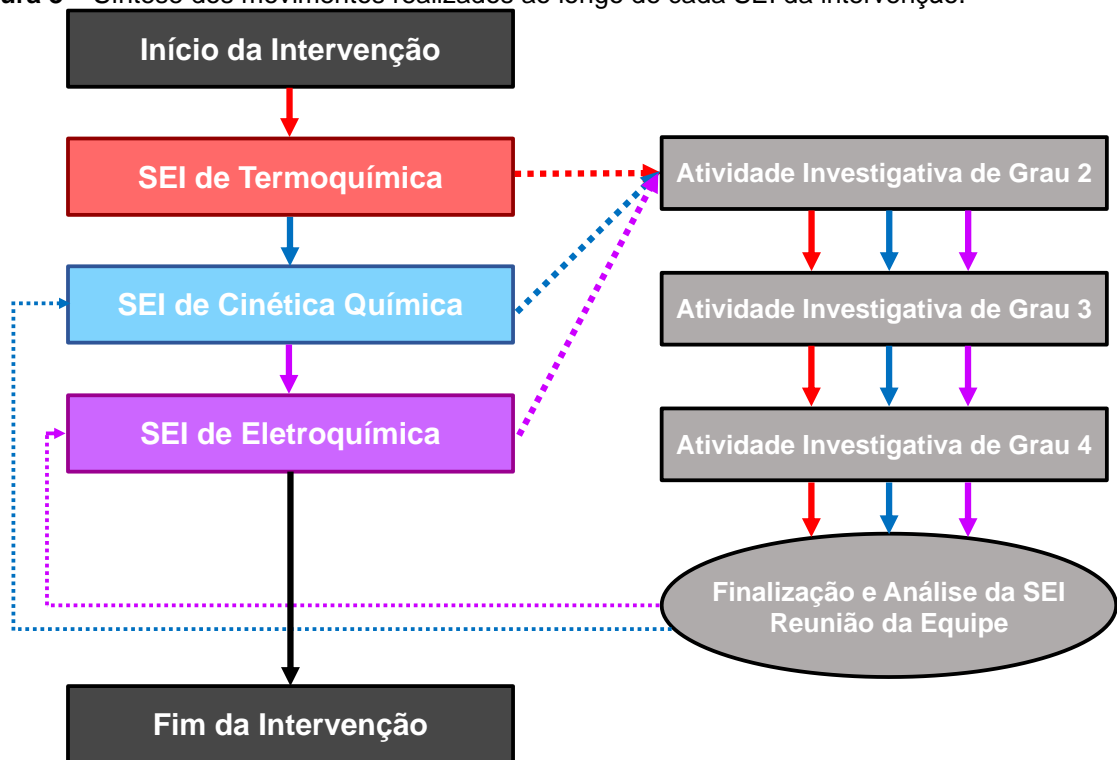
2. No 1º semestre, os roteiros experimentais eram disponibilizados com antecedência, mas isso não seria seguido no 2º semestre. Os roteiros seriam entregues no dia da atividade, somente ao adentrarem o laboratório, para evitar que os alunos pesquisassem maneiras de resolver os problemas experimentais propostos em fontes de informação, como a internet ou livros didáticos;

3. Cada um dos pesquisadores explicou sua pesquisa e seus objetivos com a intervenção realizada. Esclarecemos que a participação não era obrigatória, não geraria despesas, tampouco prejuízos para suas avaliações na disciplina. Após as apresentações, os pesquisadores coletaram os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido assinados pelos alunos que decidiram participar da pesquisa;

4. Por fim, os conceitos de NiC e NdC foram introduzidos de maneira explícita com os alunos. Um artigo de Lederman (2014) foi adaptado para facilitar a leitura dos alunos e foi apresentado em sala de aula por meio da estratégia didática Grupo de Verbalização x Grupo de Observação (GV x GO) (ANASTASIOU; ALVES, 2012).

A partir deste ponto, será dado enfoque para os detalhes da aplicação da intervenção e iniciamos tal discussão apresentando o cronograma disciplinar de LEQG ao longo do 2º semestre (Figura 4). Por sua vez, a Figura 3 expõe uma síntese das principais etapas de aplicação da intervenção.

**Figura 3** – Síntese dos movimentos realizados ao longo de cada SEI da intervenção.



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 4** – Cronograma de atividades do 2º semestre de 2022 da disciplina LEQG.

Sequência Didática	Data	Cronograma	Atividades avaliativas
2º semestre			
-	23/08	<b>Atividades Suspensas- Recepção dos Calouros</b>	
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; <b>Fluxogramas: Cancelados.</b> - 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	<b>Avaliação da Sequência Didática de Termoquímica</b>	
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	<b>Avaliação da Sequência Didática de Cinética Química</b>	
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	<b>Atividades Suspensas- Proclamação da República</b>	
	22/11	-Atividade Experimental: Eletroquímica 3.	
	29/11	<b>Avaliação da Sequência Didática de Cinética Química</b>	
Nem só para um lado, nem só para o outro	06/12	-Atividade Experimental: Equilíbrio Químico 1	Entrega do relatório 5 – Eletroquímica
	13/12	-Atividade Experimental: Equilíbrio Químico 2	
	20/12	Atividade para Recuperação da Nota– Caso necessário	
2023	10/01	<b>Exame Final</b>	

**Fonte:** Elaborado pelo docente da disciplina.

Como pode ser visto nas Figuras 3 e 4, cada SEI da intervenção possui 3 experimentos investigativos caracterizadas por uma ascendência nos graus de liberdade intelectual. Percebe-se também que o processo da intervenção é cíclico, de maneira que ao final de cada SEI, um novo ciclo se iniciava. Assim, cada SEI se desenvolveu em três semanas de aulas, de maneira que os graus de liberdade intelectual aumentaram gradativamente conforme os alunos prosseguiram pelos experimentos. Ao final de cada SEI, realizou-se uma reunião de equipe para avaliar a aplicação da SEI, buscando revisar os instrumentos utilizados, a atuação modulada do docente, as instruções e fontes de informações fornecidas aos alunos, dentre outros. Por exemplo, os experimentos de grau 3 e 4 implicaram na busca de



informações em livros didáticos fornecidos pelos pesquisadores, mas os discentes estavam utilizando a internet como fonte de consulta. Foi discutido em reunião sobre permitir ou não tal atitude e decidiu-se que essa fonte de consulta não seria prejudicial aos alunos tampouco aos experimentos.

Ao final da primeira SEI, a equipe de pesquisadores se reuniu e definiu que, para fins comparativos, as SEIs seriam minimamente modificadas ao longo da intervenção pedagógica investigativa, de maneira que as três SEIs desenvolvidas e aplicadas foram embasadas e estruturadas igualmente. Entretanto, ao final de cada ciclo de experimentos investigativos, a equipe de pesquisadores se reunia e avaliava cada SEI, propondo modificações e adequações mínimas necessárias para melhor ajustar os experimentos ao contexto de ensino.

Por fim, mas não menos importante, é válido ressaltar que todos os experimentos foram testados previamente pelos docentes para determinar a viabilidade de cada atividade investigativa e seu grau de dificuldade, realizar adequações necessárias, e facilitar a atuação docente em laboratório com os alunos após se familiarizarem com o processo holístico de cada experimento. Cada experimento foi debatido em reunião entre os membros dos grupos e cada alteração gerava uma nova rodada de testes para testar sua viabilidade e aumentar a familiaridade dos docentes com o experimento. Assim, os docentes estavam preparados com modelos teóricos e habilidades práticas previamente construídos para auxiliar adequadamente os alunos em laboratório e reduzir a sobrecarga cognitiva dos experimentos investigativos.

A seguir, para fins de detalhamento, apresentaremos brevemente como a SEI de Termoquímica foi empregada no contexto de pesquisa e também exporemos alguns detalhes específicos e relevantes de cada SEI.

### **Estruturação da SEI de Termoquímica**

Assim como em todas as SEIs desenvolvidas, o processo cíclico ascendente é prezado na SEI de termoquímica: inicia-se com um experimento investigativo de grau 2, sucede-se para uma investigação de grau 3 e finaliza-se a SEI com uma atividade experimental de grau 4 de liberdade intelectual. A seguir, os três experimentos são descritos para facilitar a compreensão da atuação do docente, dos pesquisadores, dos alunos, assim como prover minúcias acerca dos materiais, procedimentos e instruções fornecidas.

### Primeiro experimento investigativo da SEI de Termoquímica

A primeira atividade experimental investigativa se inicia com um baixo grau de liberdade intelectual (*i.e.*, grau 2) para introduzir os alunos acerca dos conhecimentos e habilidades científicas dessa SEI. Assim, os seguintes objetivos de aprendizagem foram delimitados:

- 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** científica, reconhecendo-os na atividade experimental; entender o conceito de **explicação científica**, interpretando-o por meio dos conceitos de **dado** e **evidência**.

Retomemos a nossa proposta de graus de liberdade intelectual para o Ensino Superior apresentada no Quadro 2: experimentos de grau 2 não possuem um problema a ser resolvido, logo os alunos não produzem hipóteses nem procedimentos experimentais, sendo fornecido um roteiro experimental (Apêndice B) aos alunos para direcionar suas ações em laboratório, ou seja, a coleta de dados era de responsabilidade integral dos licenciandos. Porém, os alunos receberam auxílio dos docentes nas etapas de análise de dados e conclusão.

Inicialmente, antes de iniciar a etapa laboratorial, os alunos foram instruídos em sala de aula acerca dos conceitos e habilidades científicas necessários para a execução do experimento. Após um breve intervalo, os alunos se dirigiram ao laboratório, onde executaram o experimento e coletaram os dados em aproximadamente 1 hora. Em seguida, os grupos de alunos analisaram os dados e discutiram entre si (sem interação com outros grupos) sobre o que ocorreu no experimento, buscando relacionar os três níveis do conhecimento químico. Finalizada essa discussão inicial entre os alunos, os docentes auxiliaram os grupos com dificuldades, retirando suas dúvidas e fornecendo direcionamentos necessários.

Agora podemos nos aprofundar na análise dos objetivos de aprendizagem. Sobre os conceitos químicos, acreditamos que era fulcral introduzir os alunos aos conceitos de calor e temperatura, pois sua compreensão era necessária para prosseguirem nos experimentos investigativos. Saber diferenciar ambos conceitos é demasiadamente importante, pois ambos conceitos fundantes formam a base do modelo atômico-molecular de Termoquímica. Em segundo plano, acreditamos que era necessário introduzir os alunos aos conceitos de calor latente e sensível, dada a

relevância de ambos para fundamentar essa SEI. Para mais informações sobre tais conceitos químicos, consultar o Apêndice A.

Delimitados esses conhecimentos científicos, optamos por adaptar a proposta de Mortimer e Amaral (1998), que embarca todos esses quatro conceitos em um único experimento. Tal experimento envolve a elaboração de um *setup* experimental simples e compacto (ver Apêndice B) que possibilita a análise dos fenômenos e conceitos descritos anteriormente. 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  $\Delta T$  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.

Por fim, para o primeiro experimento da intervenção, pensamos em trabalhar com conceitos basilares e de fácil compreensão acerca da Natureza da Investigação Científica (NiC). Com isso em mente, trouxemos uma breve descrição sobre os conceitos de dados e evidências científicas, e propusemos dois questionamentos aos grupos: i) diferenciar quais foram os dados coletados e quais foram as evidências científicas produzidas pelo grupo ao longo do experimento; e ii) propor uma definição para o conceito de explicação científica (ver Apêndice B, seção F, questões 3 e 4).

### **Segundo experimento investigativo da SEI de Termoquímica**

O experimento anterior envolveu alta cognição dos alunos e capacidade de reflexão sobre os dados coletados, entretanto, ele não possuía caráter investigativo, pois não houve um questionamento ou problemática a ser resolvido e, além disso, os alunos receberam o procedimento experimental pronto. Assim, este é o primeiro experimento investigativo dessa SEI e envolveu uma atividade de grau 3 de liberdade intelectual. Os objetivos de aprendizagem elencados foram os seguintes:

- **Conceitos 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.

Por ser uma atividade investigativa, ela envolveu um problema a ser investigado pelos alunos, o levantamento de hipóteses e a elaboração de um procedimento experimental condizente. Como dito anteriormente, os docentes analisaram as propostas dos alunos com relação à praticidade e periculosidade, além de os auxiliarem nas etapas de análise crítica do problema, levantamento de hipótese e proposição do plano experimental. Devido a atuação modulada do docente vinculada ao grau 3 de liberdade intelectual, tal papel é resguardado no *design* da intervenção, desde que as interferências do docente não afetem a autonomia do estudante de pensar e errar por si próprio.

Partimos agora para a descrição sucinta deste experimento, pois o documento completo se encontra no Apêndice C. Os alunos atuaram como funcionários de uma indústria química trabalhando na área de purificação de solventes orgânicos. Nesse cenário, eles se deparam com dois frascos não identificados contendo grandes quantidades de solventes orgânicos que necessitam ser identificados antes de serem devidamente descartados. Sabe-se que um dos frascos possuía uma mistura de duas substâncias, sendo elas o hexano e o álcool *terc*-butílico e o outro possuía uma dessas substâncias puras. Assim, identificar corretamente tais frascos e determinar a composição de cada foi o problema investigativo proposto aos alunos. Os alunos podiam realizar consultas bibliográficas em livros de química (*e.g.*, ATKINS; LORETTA (2011)) emprestados pela biblioteca da UNESP para solucionar os problemas e, além disso, estavam em posse de algumas informações fornecidas pelos docentes, sendo elas a fórmula estrutural e o diagrama de Hommel de ambas as substâncias.

Este experimento foi embasado nos conceitos de entalpia, exotermia e endotermia em conjunto com a compreensão e construção de curvas de aquecimento/resfriamento. Tais conceitos foram ministrados anteriormente em aula e a resolução do problema experimental foi pautada em tais conhecimentos: curvas de aquecimento/resfriamento de substâncias puras apresentam patamares nos quais ocorrem mudança de fase a temperatura constante (*i.e.*, ocorrência do calor latente) enquanto as curvas das misturas de substâncias não apresentam tais

patamares durante a mudança de fase, pois a temperatura varia durante tal transformação física (*i.e.*, ocorrência tanto do calor latente quanto do calor sensível).

Por fim, a NiC foi trabalhada em três questões isoladas entre si, porém todas relacionadas à investigação científica, em virtude de ser o primeiro experimento investigativo trabalhado com os alunos durante a nossa intervenção. Assim, a primeira questão solicitava que os alunos diferenciassem o experimento anterior de grau 2 (não investigativo) e esse experimento de grau 3 (investigativo), citando as principais diferenças entre eles. A segunda questão solicitava que os grupos identificassem se, durante a atividade, houve o teste de uma hipótese fornecida previamente ou a busca pela resolução de um problema, justificando a resposta. Por fim, solicitamos na terceira questão que os alunos relacionassem a resolução da problemática com os dados obtidos e justificassem como tal ação se procedeu.

### **Terceiro experimento investigativo da SEI de Termoquímica**

A última atividade experimental investigativa da SEI de Termoquímica desta intervenção é caracterizada por um grau 4 de liberdade intelectual. Esta atividade finaliza um ciclo ascendente de graus de liberdade intelectual. Os objetivos de aprendizagem dessa atividade foram os seguintes:

- **Conceitos Químicos:** Criar mecanismos 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 os graus de liberdade intelectual para atividades investigativas no Ensino Superior, nota-se que os estudantes exerceram maior autonomia ao longo do processo de resolução do problema proposto neste experimento. Em concordância, a modulação da atuação dos docentes os direcionou para papéis colaborativos ao longo do experimento, interferindo minimamente nas ações e decisões dos alunos, salva as ocasiões nas quais os alunos demonstraram maior dificuldade com a lide investigativa. Além disso, o docente era responsável por avaliar a praticidade e a periculosidade dos procedimentos propostos pelos alunos.

Neste experimento, decidimos abordar os conceitos de entalpia de dissolução de sais inorgânicos e sua relação com fenômenos endotérmicos e exotérmicos. Para

tal, elaboramos o seguinte problema: os alunos deveriam assumir o papel de químicos em uma indústria e elaborar dispositivos de aquecimento de emergência e dispositivos de resfriamento de emergência. Seu chefe requisita que eles analisem a lista de substâncias químicas presentes no inventário da empresa e elenquem um sal específico para cada sistema, considerando a velocidade de variação de temperatura, velocidade de solubilidade e a própria magnitude da variação de temperatura. Ou seja, além de testarem os sais e selecionarem os melhores para compor cada dispositivo, os alunos deveriam recolher dados empíricos que justificassem suas escolhas.

Semelhante à atividade 2, fornecemos livros didáticos de química adequados ao Ensino Superior, sendo que tais livros continham informações sobre entalpia de dissolução ou calor de solução e tais dados das substâncias inorgânicas elencadas no rol de reagentes disponibilizados. Além disso, também permitimos que os alunos consultassem bases de dados confiáveis na internet ou artigos científicos. Tais informações são necessárias para os alunos levantarem hipóteses e testarem quais sais produziram os efeitos térmicos desejados (*i.e.*, endotermia para o dispositivo de resfriamento e exotermia para o dispositivo de aquecimento). Tal experimento investigativo é prejudicado caso os alunos não considerem a fixação de alguns fatores, como: a concentração ou massa de reagente, o volume de solução e o volume de solvente (água), dentre outros. Ou seja, o cuidado com o arranjo experimental é de grande relevância e os testes deveriam ser realizados em condições controladas, por isso a modulação da atuação do docente como um colaborador: ele deveria questionar as decisões e ações dos alunos para instigá-los a considerarem todos os fatores necessários para uma boa execução experimental.

Por fim, discutimos os aspectos de NiC abordados neste experimento. Considerando que eles estavam envolvidos em atividades investigativas de elevado grau de liberdade intelectual, elaboramos questionamentos relacionados aos procedimentos investigativos empregados, mais preciso, sobre como procedimentos diferentes podem produzir dados semelhantes e como procedimentos idênticos podem produzir conclusões diferentes. Para alcançar tal objetivo, requisitamos que os grupos adjacentes na bancada laboratorial conversassem entre si e discutissem seus procedimentos, dados coletados e hipóteses levantadas para avaliar se havia convergência ou divergência entre eles.

Na semana seguinte, os alunos realizaram uma prova referente aos conteúdos programáticos da SEI de termoquímica e entregaram um relatório sobre os experimentos, seus procedimentos e resultados. Pelo lado da equipe de pesquisadores, a SEI não acabou, pois era necessário realizar a reunião de avaliação. Essa primeira sequência também foi o primeiro contato prático dos pesquisadores com o contexto da intervenção, produzindo diversas discussões importantes e necessárias para a realização de algumas modificações nas SEIs posteriores. Tais adaptações realizadas, apesar de pequenas, eram essenciais para melhor adequar a intervenção ao contexto educacional.

### **Aspectos relevantes de cada SEI**

Cada SEI foi desenhada para utilizar materiais e equipamentos comuns presentes em todo laboratório didático, assim como reagentes que apresentassem baixos riscos à saúde e ao bem-estar dos alunos. O elevado custo de materiais e equipamentos específicos para a realização de experimentos científicos, assim como a falta de infraestrutura adequada parecem ser uma barreira intransponível no ensino de química. Como afirmam Novaes e colaboradores (2013), é necessário elaborar experimentos viáveis financeira e operacionalmente, tornando-os acessíveis à realidade de escolas e universidades brasileiras. Apesar dessa tentativa de produzir atividades investigativas de baixo custo e acessíveis para outros contextos de ensino, alguns experimentos acabaram requisitando alguns equipamentos e materiais específicos, como um multímetro na SEI de Eletroquímica ou uma camisa térmica na SEI de Termoquímica (*i.e.*, um conjunto de tubos de vidro utilizados para experimentos de criometria).

A equipe apresentou maior dificuldade durante a elaboração dos experimentos da SEI de cinética química, pois maior parte dos experimentos reportados na literatura para o laboratório didático universitário envolvem equipamentos tecnológicos sofisticados, como espectrofotômetro ou pHmetro. Tais equipamentos estão além das capacidades dos alunos de 1º ano visto que, além de ensinar a manusear corretamente o equipamento, é necessário ensinar como coletar e analisar os dados dos equipamentos, assim como ensinar os princípios conceituais de funcionalização do equipamento.

Além dessa dificuldade específica para a SEI de cinética química, listamos outras dificuldades encontradas ao elaborar experimentos para todas as SEIs: i) adaptar experimentos verificativos e roteirizados para os moldes investigativos (*e.g.*,

experimentos de cinética possuem metodologias bem definidas, e às vezes complexas, que envolvem quantidade de reagente específicas, técnicas de medição instrumental etc); ii) uso de reagentes não tóxicos, não corrosivos e baratos; iii) grande parte dos experimentos de Química Geral reportados na literatura geralmente envolvem substâncias desconhecidas para os alunos, o que dificulta a atuação autônoma deles durante a execução de um experimento investigativo; iv) encontrar experimentos cujo aparato fosse suficientemente simples para que cada aluno de uma turma grande possa trabalhar independentemente sem a necessidade de comprar ou construir equipamentos especiais ou sobrecarregar instrumentação limitada; v) encontrar sistemas representativos da realidade e contextualizados, que demonstrem como a cinética química é utilizada. Por fim, a equipe decidiu evitar experimentos que envolvessem processos de oxirredução complexos, pois tal conceito só seria introduzido na última SEI de eletroquímica.

Apesar de tais problemas serem mais acentuados na SEI de Cinética Química, eles foram encontrados durante a elaboração de todos os experimentos investigativos. Tal fator incentivou a criação de alguns experimentos originais relacionados ao nosso contexto educacional da intervenção, levando em consideração quais equipamentos, instrumentos e reagentes estavam disponíveis no laboratório didático de Química Geral. Por exemplo, o segundo experimento (grau 3) da SEI da cinética química requisitou que os pesquisadores produzissem pastilhas de antiácido, sendo necessário um pastilhador para tal ação. Outro exemplo a ser citado foi o desenvolvimento de uma vidraria especial para o segundo experimento (grau 3) da SEI de Eletroquímica: uma estrutura que permitisse a formação de um circuito fechado entre duas barras metálicas e uma solução e que imitasse uma cela de prisão. A construção de tal instrumento foi requisitada ao vidreiro da UNESP, contratado efetivamente pelo IQ/Ar.

Por fim, um último detalhe relevante a ser explicitado se refere à associação existente entre os experimentos. Apesar de todos os experimentos possuírem um encadeamento adequado dos conhecimentos e habilidades científicas, somente a SEI de Eletroquímica teve duas atividades interconectadas pelo mesmo contexto problemático. O contexto dos experimentos 2 e 3 dessa SEI (grau 3 e 4, respectivamente) se fundamentaram em uma história fictícia adaptada da literatura. Em linhas gerais, o experimento 2 pedia para o aluno investigar como um prisioneiro rompeu as barras de uma prisão no século XX utilizando eletrólise enquanto o



experimento 3 requisitava que os alunos investigassem formas de reforçar/revestir as barras para evitar tais fugas futuras. A literatura reporta que atividades interconectadas aumentam a motivação do aluno, pois acentuam a qualidade da experiência laboratorial (GRUSHOW *et al.*, 2022).

Para não nos estendermos neste debate acerca das especificidades de cada experimento investigativo, todos estão disponibilizados para análise na sessão dos Apêndices (Apêndice B ao K).

#### **4.4.2 O contexto de ensino e os sujeitos de pesquisa**

Os sujeitos de pesquisa foram os alunos ingressantes em 2022 do curso de Licenciatura em Química matriculados na disciplina anual de Laboratório de Ensino de Química Geral (LEQG), no Instituto de Química de Araraquara da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Como os tópicos abordados na intervenção pedagógica investigativa fundamentam o curso de Química, acreditamos ser imprescindível que os alunos ingressantes aprendessem tais conteúdos para que eles possam avançar pelo curso com maior facilidade. Além disso, esses alunos serão, possivelmente, futuros profissionais da área de Ensino de Química, portanto é necessário que eles construam conceitos químicos corretos sobre os tópicos abordados para atuar com o rigor e excelência que essa função requisita. Dito isto, também é importante que eles desenvolvam noções mais acuradas sobre a atividade experimental para não se tornarem profissionais que divulgam visões rígidas e distorcidas sobre a investigação em Química.

Segundo a Resolução Nº 466/2012 emitida pelo Conselho Nacional de Saúde (2012), qualquer pesquisa realizada sobre seres humanos deve respeitar a dignidade, a liberdade e a autonomia dos participantes. Dessa forma, a pesquisa só procedeu após as etapas de coleta e processamento dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinados pelos alunos da disciplina, respeitando as Resoluções 196/96 e 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 1996, 2013). O pesquisador dessa dissertação disponibilizou o TCLE para os alunos lerem e realizou uma leitura em conjunto com a sala para explicar os detalhes da pesquisa e os procedimentos aos quais seriam submetidos. Os alunos foram esclarecidos de que sua participação não era obrigatória, não geraria despesas, tampouco prejuízos para suas avaliações na disciplina. Após a apresentação e o esclarecimento das dúvidas, o pesquisador coletou os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido assinados pelos alunos que decidiram participar da pesquisa. Todos os alunos da

disciplina concordaram em participar da pesquisa e assinaram o TCLE, totalizando 28 sujeitos de pesquisa (15 estudantes do sexo feminino e 13 do sexo masculino).

Além do TCLE, o projeto foi enviado para a Plataforma Brasil para ser avaliado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) ou pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP). A numeração CAAE nesta plataforma é 57641722.4.0000.5420. Por fim, o projeto de pesquisa que embasou essa dissertação não apresenta riscos físicos, químicos, biológicos e tampouco intelectuais aos sujeitos de pesquisa por se tratar de pesquisa na área da educação, na qual também não ocorrem grupos de controle que prejudiquem sua aprendizagem ou estado emocional. Devido à própria natureza do laboratório didático e das atividades experimentais, os alunos estão sujeitos a riscos químicos e físicos, entretanto, se reforça que tais riscos são decorrentes do ambiente educacional e não da pesquisa.

Foram tomados os devidos cuidados para evitar danos psicológicos aos alunos, como frustração durante os experimentos investigativos; por requisitarem maior esforço cognitivo, um aluno pode se sentir frustrado caso não consiga prosseguir em experimentos de grau de abertura elevado. Nestes casos, os alunos foram devidamente orientados pelos docentes, visando acalmá-los e direcioná-los.

Finalizada a descrição dos aspectos éticos da pesquisa, forneceremos maiores detalhes sobre o contexto de ensino no qual a intervenção foi aplicada. Primeiramente, é válido ressaltar a existência de um sexto membro adicional que não participou da fundamentação, elaboração e avaliação da intervenção em conjunto com o grupo de pesquisadores, entretanto, a atuação de tal membro foi essencial durante a etapa de aplicação da intervenção. O técnico químico responsável pelo laboratório didático estava presente em todos os experimentos investigativos para auxiliar os alunos a montarem a aparelhagem experimental. Como não era um membro integral da equipe, realizaram-se reuniões com esse técnico para articular sua atuação às necessidades da intervenção. Por exemplo, para não retirar a autonomia dos estudantes nos experimentos investigativos de grau 3 e 4, o técnico atuou como suporte, providenciando materiais, reagentes e equipamentos necessários e auxiliando na montagem dos sistemas experimentais. Assim, o técnico não forneceu quaisquer tipos de informações que auxiliassem na resolução do problema, pois tal ação era responsabilidade do docente de acordo com a modulação de sua atuação e o grau de abertura.

Como dito anteriormente, 28 alunos concordaram em participar da pesquisa ao assinarem o TCLE; dessa forma, todos os alunos da turma de LEQG do ano de 2022 concordaram em participar da intervenção investigativa. Tal turma apresentou heterogeneidade entre os alunos, dada a presença tanto de alunos ingressantes quanto de alunos veteranos repetentes (dois alunos), implicando em diferença de conhecimentos conceituais entre tais alunos. Além disso, há uma diferença de nível educacional entre os alunos, pois alguns realizaram curso técnico em Química concomitantemente com o Ensino Médio, implicando em uma diferença de conhecimentos sobre o processo de investigação científica. Por fim, haviam alunos que residiam em cidades vizinhas, implicando em dificuldades de transporte que, por sua vez, afetaram suas dinâmicas no curso noturno; tais alunos necessitavam sair mais cedo do laboratório para não perderem o transporte intermunicipal e, assim, retornarem às suas residências. Todas essas nuances foram consideradas anteriormente à aplicação da intervenção, durante a etapa de elaboração dos experimentos, na tentativa de minimizar suas influências sobre os resultados da pesquisa, entretanto, é impossível controlar tais fatores e impedir tais interferências do contexto de ensino e da heterogeneidade dos estudantes.

Além da heterogeneidade entre os membros da classe, os grupos laboratoriais formados entre os alunos (2-3 pessoas por grupo) para realizarem as atividades investigativas também eram heterogêneos, de maneira que haviam misturas entre alunos do sexo masculino e feminino, entre aqueles que possuíam grau técnico e aqueles que não etc. Tal heterogeneidade esteve presente ao longo de toda a intervenção, pois os grupos laboratoriais não sofreram alterações durante o semestre letivo (não foi necessário modificar grupos). É fulcral citar essa heterogeneidade entre alunos e grupos, pois é um fator que pode influenciar fortemente no grau de motivação dos universitários (RYAN; DECI, 2017) e no grau de aprendizagem, visto que foram os alunos que selecionaram seus grupos. Decidimos não alterar os grupos de alunos, porque tal ação poderia desestimular as necessidades de pertencimento e autonomia dos estudantes.

As atividades investigativas foram realizadas em grupo para estimular a necessidade de pertencimento, assim como instigar a argumentação e debate entre os alunos sobre as formas de resolver o problema investigativo. Segundo Carvalho (2013), os alunos possuem maior facilidade de se comunicarem entre si e que tal ação pode facilitar a aprendizagem. Estimular a necessidade de pertencimento

também é fulcral para motivar os estudantes e aumentar o engajamento nas atividades, dado que motivações autônomas são observadas quando os alunos se associam com indivíduos valorosos para si próprios (RYAN; DECI, 2017). Assim, é válido ressaltar que os estudantes possuíam liberdade para trocarem de grupo quando desejarem, sendo que tal fator ocorreu no primeiro semestre, mas não ocorreu durante a intervenção. Além disso, a relevância do trabalho em grupo foi estimulada nas avaliações, pois a nota dos alunos era dada especialmente em função de atividades em grupo: ao final de cada atividade, o grupo respondia algumas questões sobre cada experimento investigativo realizado e entregavam na próxima aula e, também, ao final de cada SEI, eles realizavam um relatório sobre os três experimentos da SEI. A prova individual realizada ao final de cada SEI tinha menor peso do que as atividades grupais.

Para criarmos um ambiente de ensino que fosse consistente com as necessidades motivacionais dos estudantes de acordo com as descrições da TAD, a intervenção elaborada tentou criar oportunidades para aprendizagem colaborativa, como descrito acima (*i.e.*, necessidade de pertencimento) e oportunidades para os alunos assumirem projetos em aula (*i.e.*, necessidade de autonomia). Sobre a necessidade de autonomia, os próprios moldes do Ensino por Investigação são estimulantes para essa necessidade. Propor problemas para os alunos resolverem, instigarem eles a levantarem hipóteses e elaborarem procedimentos experimentais, são apenas algumas das características do Ensino por Investigação utilizadas na intervenção para estimular a necessidade de autonomia e que foram descritas anteriormente no capítulo de fundamentação teórica desta metodologia.

Com relação à necessidade de competência, os alunos se sentem competentes quando planejam e executam experimentos e os apresentam aos seus colegas (RYAN; DECI, 2017). Dessa forma, objetivamos o fornecimento de *feedbacks* positivos para os licenciandos durante e após cada atividade investigativa para estimular sua autoconfiança. Os trabalhos entregues semanalmente eram corrigidos em pequenos prazos para orientar os alunos sobre seus erros e acertos também, fornecendo direcionamentos e instruções para a aprendizagem e desenvolvimento dos alunos. Os *feedbacks* positivos também eram fornecidos durante os experimentos investigativos, mas eram dirigidos pelo grau de liberdade intelectual da atividade. Questionamentos foram levantados, orientações foram

fornecidas, debates e argumentações foram levantados, diálogos e esclarecimentos foram versados, tudo com o intuito de estimular a necessidade de competência.

Tais elementos da intervenção citados acima foram elencados intencionalmente para proporcionar um ambiente de ensino estimulante para os alunos e, assim, promover motivações autônomas nos licenciandos.

Por fim, visto que o intuito era elaborar experimentos adequados para o nível de conhecimentos e habilidades dos estudantes, também utilizamos referências bibliográficas adequadas para tal. Dessa forma, disponibilizamos os seguintes livros didáticos que julgamos adequados para os estudantes realizarem os experimentos de grau 3 e 4 (e também como material de estudo):

1. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente (Atkins & Jones), 5ª edição;
2. Química (Chang & Goldsby), 11ª edição;
3. Química Geral (Russel), 2ª edição;
4. Merck Index
5. Handbook of Chemistry and Physics
6. Química (Mortimer & Machado); 2ª edição (disponibilizado somente como material de estudo).

#### **4.5 Instrumentos de coleta de dados**

Segundo Moreira (2011), todo e qualquer instrumento deve ser fidedigno e validado, ou seja, deve medir aquilo que se propõe a medir, sem variações e sem medir fatores que vão além de sua propositura. Um instrumento bom e adequado para os objetivos de uma pesquisa é aquele que apresenta estabilidade e reprodutibilidade nos dados coletados, cumprindo a finalidade com a qual foi projetado, sendo representativo do conteúdo ao qual se propõe a medir.

Além dos fatores relacionados a eficiência de um questionário, ele também deve ser capaz de minimizar erros, principalmente quando tais instrumentos são projetados para coletar dados de seres humanos. Malheiros (2011) afirma que um questionário deve ser: i) visualmente atrativo; ii) curto, para evitar o cansaço dos respondentes, assim como minimizar os erros das pessoas apressadas; e iii) simples e de fácil preenchimento. Além disso, o autor destaca que o processo de elaboração das perguntas deve considerar a importância de uma linguagem adequada e respeitosa, assim como a produção de questões objetivas e diretas. Por fim, um

questionário não deve, em hipótese alguma, induzir os sujeitos a respostas específicas (MALHEIROS, 2011).

Os questionários são organizados e formatados para possibilitarem uma maneira sistemática, rápida e eficaz de coletar e analisar os dados, assim, optou-se pela utilização de um questionário para analisar a motivação situacional dos alunos ao longo de toda a intervenção. É válido destacar que o objetivo desta pesquisa é realizar mensurações quantificáveis acerca da motivação situacional dos estudantes, assim, escolhemos um instrumento modelado em função de uma escala Likert. Tal escala é muito utilizada no contexto das ciências sociais e humanas para mensurar atitudes e comportamentos em diversos ambientes socioculturais, como escolas, devido à facilidade de manuseio e agilidade de aplicação em pesquisas acadêmicas. A escala Likert é usada para mensurar o nível de concordância de pessoas a determinadas afirmações presentes no questionário, que estão relacionadas a construtos de interesse do pesquisador (JÚNIOR; COSTA, 2014).

As atitudes de uma pessoa são diversificadas, assim como influenciadas tanto pelo ambiente quanto pelas crenças individuais, dado que o pensamento é guiado por fatores cognitivos, afetivos, psicomotores, socioculturais, dentre outros. Assim, optou-se pela utilização de um instrumento já existente e validado na literatura, capaz de medir os construtos motivacionais de interesse para esta pesquisa. A motivação situacional de cada um dos licenciandos foi mensurada ao longo de todas as SEIs por um questionário embasado na Teoria da Autodeterminação, o The Situational Motivation Scale (SIMS) (GUAY; VALLERAND; BLANCHARD, 2000). Este questionário é composto por 16 questões que foram respondidas pelos alunos por meio de uma escala Likert de 7 pontos. As questões estão relacionadas a quatro subescalas independentes entre si que representam quatro motivações descritas pela TAD: a motivação intrínseca, a regulação identificada, a regulação externa e a amotivação. Cada subescala é composta por quatro questões de forma a tornar o questionário homogêneo em relação a cada uma.

O *continuum* motivacional descrito pela TAD apresenta 6 qualidades motivacionais distintas, entretanto o SIMS só aborda 4 deles. Segundo os autores (GUAY; VALLERAND; BLANCHARD, 2000, p. 177, tradução livre)

Esses dois tipos de motivação extrínseca (regulação introjetada e regulação integrada) não foram incluídos no desenvolvimento da escala porque sua inclusão resultaria em um questionário muito longo. Ou seja, o SIMS é projetado para ser usado em vários contextos da vida, portanto, precisa ser

uma medida versátil e breve dos processos autorregulatórios em andamento.

O questionário apresenta 4 subescalas independentes compostas por 4 questões distintas, totalizando 16 questões. Ao adicionar as duas motivações remanescentes, seria necessário adicionar 2 novas subescalas e aumentar o número total de questões para 24, o que poderia contrariar os objetivos dos autores, além de prejudicarem a fidedignidade e validade instrumental. Muitos instrumentos e pesquisas não tem incluído a regulação integrada em suas análises, já que esta orientação motivacional apresenta bastante proximidade com a regulação identificada (VANSTEENKISTE; LENS; DECI, 2006; RYAN; DECI, 2017). Devido a tal proximidade entre estas orientações motivacionais, elaborar questões capazes de mensurar exclusivamente a regulação integrada ou a identificada se tornou um processo árduo e trabalhoso que influenciava na fidedignidade e validade dos instrumentos, além de gerar confusão entre os respondentes e os pesquisadores (VANSTEENKISTE; LENS; DECI, 2006).

Por fim, as quatro subescalas escolhidas estão relacionadas de maneira diferente a vários tipos atitudes e comportamentos, o que pode aumentar a qualidade dos resultados e a riqueza de variedades (GUAY; VALLERAND; BLANCHARD, 2000). Segundo os autores

De fato, como essas motivações diferem em seus níveis inerentes de autodeterminação e a hipótese de que a autodeterminação está associada a um funcionamento psicológico aprimorado, seria de se esperar que a motivação intrínseca estivesse principalmente associada a resultados positivos (por exemplo, persistência) seguidos pela regulação identificada. Em contraste, os resultados mais negativos (por exemplo, estados depressivos) resultarão da desmotivação seguida de regulação externa (GUAY; VALLERAND; BLANCHARD, 2000, p. 177, tradução livre).

O questionário SIMS foi utilizado em diversas pesquisas internacionais, como pode ser observado pela taxa de citação do artigo na base de dados do Google Acadêmico. Tal fato se deve aos processos rígidos de validação executados por Guay, Vallerand e Blanchard (2000) que garantiram uma alta confiabilidade a esse instrumento de mensuração motivacional. Diversas variáveis foram testadas para garantir a fidedignidade e validade do instrumento. Os autores realizaram cinco estudos distintos para analisar a fidedignidade e validade do instrumento.

O primeiro estudo visou construir questões com relação à motivação intrínseca, regulação identificada, regulação externa e amotivação, assim como analisar a confiabilidade de cada uma das 4 subescalas e do SIMS. Por meio da análise fatorial exploratória, foi constatada a confiabilidade de cada subescala e do

questionário SIMS, ou seja, constatou as capacidades psicométricas do SIMS. O segundo estudo aumentou o tamanho da amostra com relação ao primeiro estudo e objetivou testar a variação do instrumento entre gêneros. Por meio da análise fatorial confirmatória, confirmou-se a estrutura fatorial da escala e sua invariância entre os gêneros, assim como forneceu mais dados que suportam a consistência interna do SIMS. O terceiro estudo constatou que o SIMS apresenta consistência interna para ser aplicado em diferentes atividades e contextos. O quarto estudo analisou a capacidade da escala de captar variações motivacionais intrapessoais de cada respondente; os resultados demonstraram que as subescalas do SIMS apresentam sensibilidade para detectar variações motivacionais que poderiam ser explicadas por outras teorias motivacionais além da TAD. Por fim, o quinto estudo constatou que o SIMS detecta variações entre os respondentes presentes em um grupo de controle e outros em um grupo experimental, ou seja, é aplicável em delineamentos de pesquisa que envolvem comparações entre grupos de respondentes distintos. Para não estendermos esta discussão, recomendamos a leitura do artigo de Guay, Vallerand, Blanchard (2000) para mais informações.

Apesar disso, o documento é disponibilizado originalmente na língua inglesa, portanto nos debruçamos sobre o trabalho de Gamboa, Valadas e Paixão (2013, 2017) que traduziram o questionário para a língua portuguesa. Assim, os autores traduziram, adaptaram e validaram uma versão em português do SIMS e seus resultados indicaram que a versão pode ser utilizada em contextos acadêmicos para avaliar a motivação situacional dos alunos de uma turma. Por fim, pequenas alterações foram realizadas com o intuito de adaptar o português de Portugal para o português brasileiro. As versões do SIMS utilizadas nesta pesquisa estão dispostas no Apêndice L e M.

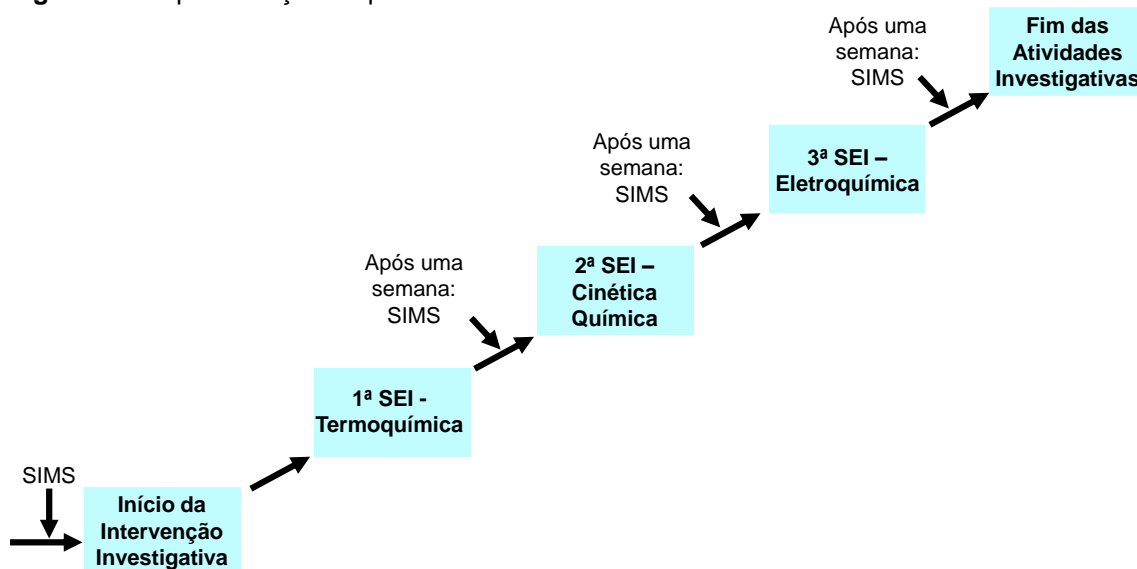
Para finalizar esta seção, destacaremos quais os momentos nos quais os dados foram coletados. A Figura 5 apresenta uma representação esquemática dos momentos de aplicação do questionário SIMS para realizar a coleta de dados.

Como pode ser observado na Figura 5, o questionário SIMS foi aplicado em quatro momentos distintos. Primeiramente, o SIMS foi aplicado antes de iniciar a intervenção pedagógica investigativa, ao final do primeiro semestre do ano letivo, para analisar como estava o estado motivacional dos estudantes após completarem um semestre letivo de atividades experimentais tradicionais (*cookbooks*). Acreditamos que o melhor momento de coleta seria na última semana do primeiro



semestre, antes de começar o período de férias, para evitar interferências temporais nas respostas dos alunos ao SIMS.

**Figura 5** – Representação esquemática dos momentos de coleta de dados.



Fonte: Elaboração própria.

Posteriormente, o SIMS foi aplicado com frequência, sempre na semana seguinte ao final de uma SEI. Essa separação temporal foi delimitada para que os alunos pudessem refletir sobre as atividades investigativas e responderem com maior sinceridade, sem interferências do ambiente laboratorial. Caso o SIMS fosse aplicado ao final do terceiro experimento de cada SEI, as respostas dos alunos poderiam ser influenciadas somente pelo estado motivacional referente àquele momento, e não estar relacionado a toda a SEI. Em outras palavras, as respostas dos alunos deveriam estar relacionadas a toda a SEI, por isso decidimos aplicar o SIMS após uma semana do término de cada SEI, ao invés de aplicá-lo ao final do último experimento investigativo de cada SEI, pois as respostas poderiam estar enviesadas pelo ambiente laboratorial e estado motivacional referente a uma atividade exclusiva.

#### 4.6 Tratamento e Análise dos dados

O paradigma de pesquisa mista foi evidenciado principalmente nesta etapa de análise dos dados. Apesar da natureza quantitativa dos dados coletados, a análise foi verdadeiramente mista, utilizando recursos de ambos os paradigmas qualitativo e quantitativo para alcançar os objetivos da pesquisa (JOHNSON; ONWUEGBUZIE; TURNER, 2007; McMILLAN; SCHUMACHER, 2010).

A avaliação das motivações situacionais dos alunos por meio do SIMS ocorreu de duas formas: primeiro, cada subescala (*i.e.*, cada motivação) do SIMS foi analisada individualmente por meio de uma média ponderada das respostas dos alunos para determinar qual tipo de motivação estava mais predominante em um dado momento da intervenção investigativa. Posteriormente, foi calculado um índice que exprime uma estimativa acerca da autonomia exercida pelos alunos no ambiente laboratorial, o Relative Autonomy Index (RAI). Tal índice é uma combinação algébrica das contribuições médias de cada subescala:  $RAI = -2*(Amotivação) - 1*(Regulação Externa) + 1*(Regulação Identificada) + 2 (Motivação Intrínseca)$ . Os resultados do RAI, para uma escala Likert de 7 pontos, variam entre -18 até +18 sendo que os resultados mais altos são indicativos de uma motivação mais autônoma com relação à situação que está sendo analisada e vice-versa. Ou seja, resultados positivos indicam que a turma possui predominância de motivações sustentadas por motivações autônomas, como Regulação Identificada e Motivação Intrínseca, enquanto os resultados negativos indicam que a turma possui um perfil motivacional sustentado por motivações controladas (Regulação Externa e Amotivação) (RYAN; DECI, 2017).

Os resultados positivos de RAI indicam autonomia nas ações dos alunos e, conseqüentemente, que eles estiveram presentes em um ambiente promotor de autonomia; de maneira contrária, resultados negativos indicam que os alunos participaram de um ambiente educacional controlador (RYAN; DECI, 2017). Segundo Carvalho (2013), é fulcral que os alunos possuam autonomia durante a execução das atividades investigativas, fundamentando um dos princípios de design da nossa intervenção. Assim, o valor do RAI é necessário para avaliar o *design* da intervenção e para constatar se foi produzido um ambiente investigativo que providenciou oportunidades aos alunos serem autônomos em suas decisões.

Por outro lado, a análise de cada subescala evidenciará as alterações motivacionais sofridas pelos alunos ao longo da intervenção pedagógica investigativa. Essa análise foi feita com relação a todos os alunos da classe, mas também realizamos a análise da motivação situacional dos grupos de alunos para traçar comparações entre os diferentes momentos da intervenção. Ryan e Deci (2017) afirmam que a motivação é um fator fulcral que influencia na qualidade da aprendizagem dos estudantes, além de influenciar em seus comportamentos em um ambiente educacional. Visto que os experimentos almejam também o

desenvolvimento de habilidades investigativas e de noções sobre NdC e NiC, um aluno motivado é necessário para ele se engajar na aprendizagem e no autodesenvolvimento.

Inferências foram traçadas ao comparar os dados obtidos com as pesquisas da literatura, com o intuito de embasar as discussões acerca das variações motivacionais. Tanto a vida pessoal dos alunos quanto o ambiente laboratorial acomodam uma elevada quantidade de fatores interconectados capazes de afetar a motivação dos estudantes, e como não há estudos psicológicos que expliquem os mecanismos psicológicos envolvidos das variações motivacionais com precisão, acredita-se que a melhor alternativa de análise envolva comparar os comportamentos com contextos de ensino semelhantes. Dada a natureza não-experimental dessa pesquisa, essa via de análise se mostrará útil durante a avaliação dos resultados motivacionais.

Por fim, trouxemos uma avaliação do *design* de intervenção com base na análise motivacional, buscando analisar os pontos que possivelmente influenciaram na motivação dos estudantes de maneira positiva e negativa. Dado que a DBR possibilita a união do referencial teórico com as propostas metodológicas do projeto (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017), usamos recursos da análise qualitativa para descrever as influências da intervenção pedagógica investigativa sobre a aprendizagem e a motivação dos estudantes. Tais inferências foram utilizadas para propor um *re-design* da nossa intervenção, evidenciando quais foram os pontos positivos e sugerindo alterações para os pontos fracos da intervenção.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Análise da motivação dos estudantes durante a Intervenção Pedagógica Investigativa

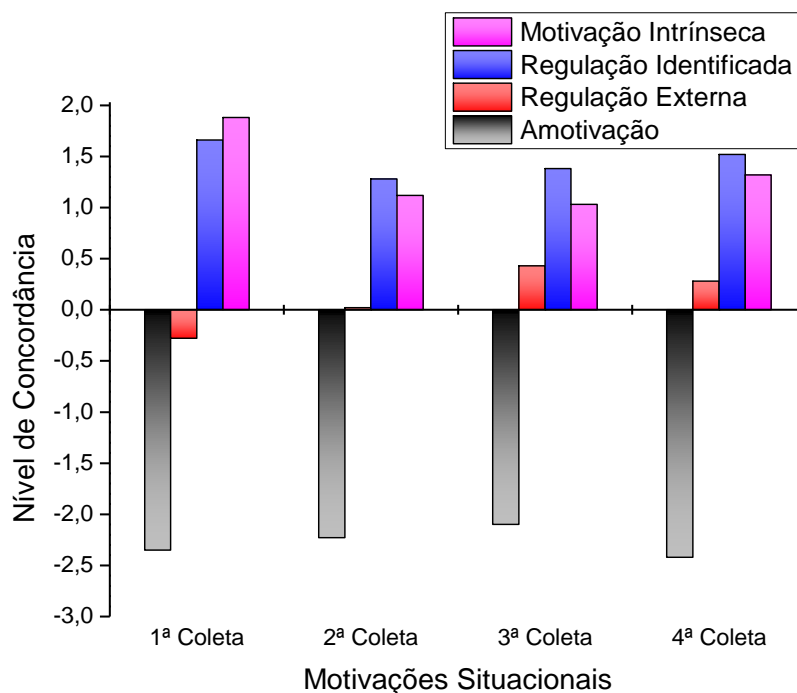
Como colocado anteriormente, a intervenção pedagógica investigativa ocorreu no 2º semestre do ano letivo de 2022, dado que o 1º semestre foi dedicado para desenvolver habilidades básicas laboratoriais e noções de segurança e risco laboratorial. O questionário The Situational Motivation Scale (SIMS) (GUAY; VALLERAND; BLANCHARD, 2000) foi utilizado para coletar dados acerca da motivação situacional dos licenciandos em química antes, durante e ao final da intervenção. O SIMS não inclui as regulações introjetada e integrada pois, pela perspectiva dos autores, o questionário ficaria muito extenso e poderia gerar resultados ambíguos nas respostas dos alunos.

A partir dos dados coletados, foram elaborados quatro perfis de motivações situacionais dos estudantes, referentes a quatro momentos distintos da intervenção: i) antes de iniciar a intervenção pedagógica investigativa; ii) após a SEI de Termoquímica; iii) após a SEI de Cinética Química; e iv) ao final da intervenção (após a SEI de Eletroquímica).

Os dados do SIMS foram convertidos de uma escala que varia de 1 a 7 para uma escala de -3 até +3, assim, cada subescala do instrumento (*i.e.*, cada orientação motivacional) foi representada por valores presentes neste intervalo. Apesar da escala possuir valores negativos, não existe motivação negativa; nesse caso, apenas o grau concordância dos alunos com as afirmações do questionário apresentou um caráter de discordância. Tal alteração foi feita para fins de representação gráfica, dado que os valores medianos para cada subescala se encontram próximo a zero e, também, para fins comparativos com os dados da literatura.

Assim, a Tabela 1 mostra os valores obtidos para cada subescala em cada momento da intervenção, considerando que a orientação motivacional que possuir um valor mais próximo de +3 será predominante no perfil motivacional da maioria dos licenciandos questionados e o mais próximo de -3 corresponde a escala de menor predominância (GUAY; VALLERAND; BLANCHARD, 2000). A partir dos dados da Tabela 1, foi elaborada a Figura 6 que apresenta os quatro perfis descritores das motivações situacionais da turma de licenciatura ao longo da intervenção pedagógica investigativa.

**Figura 6** – Perfis descritores das motivações situacionais dos licenciandos ao longo da intervenção investigativa.



Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 1** – Motivações situacionais dos licenciandos no decorrer da intervenção investigativa, a intensidade dos níveis motivacionais e o valor de RAI.

	Amotivação	Regulação Externa	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1ª Coleta (Pré-intervenção)	-2,35	-0,28	1,66	1,88	10,40
2ª Coleta (SEI Termoquímica)	-2,23	0,02	1,28	1,12	7,95
3ª Coleta (SEI Cinética Química)	-2,10	0,43	1,38	1,03	7,21
4ª Coleta (SEI Eletroquímica)	-2,42	0,28	1,52	1,32	8,73

Fonte: Elaboração própria.

A análise da Tabela 1 e da Figura 6 revelou uma predominância de motivações autônomas (*i.e.*, motivação intrínseca e regulação identificada) ao longo de toda a intervenção e, também, antes de seu início. Dada tal predominância em todos os momentos da intervenção, pode-se afirmar que os licenciandos exibiram comportamentos autodeterminados, percebidos em um *locus* de causalidade interno (RYAN; DECI, 2017).

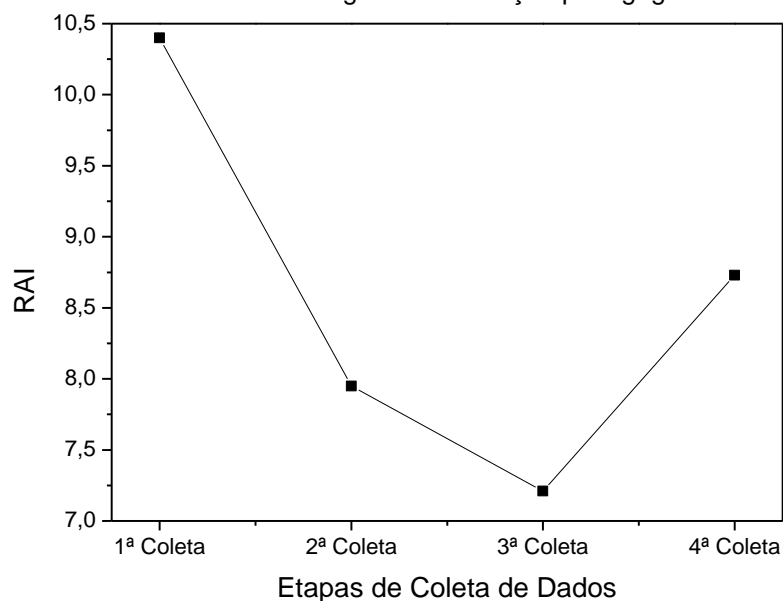
A predominância concomitante de duas orientações motivacionais autônomas indica a manifestação do *continuum* de autodeterminação, de maneira que elas coexistem sem que uma invalide a outra; pelo contrário, há uma complementaridade entre elas (RYAN; DECI, 2017). Dada a complexidade das tarefas e atividades que um ser humano realiza diariamente, além do compromisso social, sempre encontra-se elementos de diversos níveis motivacionais mesclados entre si (KELLER; 2010; RYAN; DECI, 2017). Como os comportamentos dos licenciandos estavam orientados por motivações autônomas, é válido afirmar que eles estavam interessados pelos experimentos investigativos e, também, que reconheceram o valor e a importância do conhecimento químico. A diferença expressiva entre as motivações autônomas e a amotivação ao longo da intervenção reforçam esse fato, assim como indicam um alto grau de satisfação das três necessidades psicológicas.

Por fim, nota-se que o valor da regulação externa antes e ao longo de toda a intervenção se manteve próximo de zero, o ponto médio da escala. Tal resultado evidencia que também houve influência de fatores externos sobre os comportamentos dos alunos, como a necessidade de obter notas para garantir a aprovação na disciplina ou para satisfazer aspirações egóicas (RYAN; DECI, 2017). Porém, tais estímulos não são predominantes nos comportamentos dos estudantes, visto que também observou-se uma diferença significativa entre a regulação externa, a motivação intrínseca e a regulação identificada (Figura 6).

Tais observações são reforçadas pelos valores positivos de RAI observados na Tabela 1. Quanto maior o RAI, maior a influência de motivações autônomas e menor das formas controladas de regulação, dessa forma, o RAI tem um valor preditivo importante para pesquisas motivacionais (RYAN; DECI, 2017). A Figura 7 mostra a variação dos valores de RAI ao longo da aplicação da intervenção pedagógica investigativa.

Dada a intensidade positiva do RAI observado na Tabela 1 e na Figura 7, os licenciandos experienciaram um ambiente laboratorial estimulante para suas necessidades básicas psicológicas, principalmente a autonomia, apesar do RAI diminuir após o início da intervenção investigativa (observado nas coletas 2, 3 e 4).

**Figura 7** – Variação dos valores de RAI ao longo da intervenção pedagógica investigativa.



Fonte: Elaboração própria.

Findada essa descrição inicial dos dados coletados, as próximas subseções foram debruçadas em uma análise minuciosa desses dados, objetivando: i) analisar a motivação situacional dos licenciandos em cada momento da intervenção pedagógica investigativa; e ii) analisar o nosso *design* da intervenção, traçando relações entre o *design* e a motivação.

### 5.1.1 Análise da variação motivacional durante a intervenção

Esta subseção irá se debruçar sobre uma análise minuciosa da variação dos valores de motivação ao longo da intervenção, iniciando tal análise pela 1ª coleta de dados – que antecedeu o início dos experimentos investigativos.

- 1ª Coleta de Dados: Antes da Intervenção Pedagógica Investigativa

Conforme apontado pela Tabela 1 e pela Figura 6, antes de iniciar a intervenção investigativa (1ª coleta): i) a motivação intrínseca e a regulação identificada atingiram o maior valor durante toda a análise; iii) a regulação externa atingiu o menor valor; e iii) a amotivação estava baixíssima. Tais valores para essas orientações motivacionais refletiram no maior valor de RAI observado.

Neste primeiro momento, a motivação intrínseca era predominante nos comportamentos dos alunos enquanto a amotivação apresentou a menor influência. A motivação intrínseca está relacionada com interesse, curiosidade e prazer em fazer as atividades, enquanto a amotivação está relacionada com o desinteresse e tédio (RYAN; DECI, 2017). Assim, estes resultados indicaram que os licenciandos não apresentaram desinteresse e tédio ao frequentarem o laboratório didático, pelo

contrário, eles sentiram interesse pelo conhecimento químico e prazer em aprender esta ciência em atividades experimentais tradicionais.

Além disso, como não há diferença significativa entre os valores da regulação identificada e da motivação intrínseca, observa-se que os licenciandos já haviam internalizado a importância, o valor e a relevância do conhecimento químico. Dessa forma, os estudantes estavam autodeterminados inicialmente, dado o predomínio das motivações autônomas. Ao combinar esse resultado com o baixo valor de regulação externa, percebe-se que fatores e forças externas não foram determinantes sobre os comportamentos dos universitários, indicando que a busca por recompensas externas, pela aprovação na disciplina e/ou por motivos egóicos eram objetivos secundários.

O alto valor de RAI observado indicou que os licenciandos experienciaram um ambiente laboratorial estimulante para suas necessidades básicas psicológicas, mesmo sendo pautados em experimentos tradicionais verificativos.

Apesar da literatura constatar que os *cookbooks* produzem um trabalho mecânico e desestimulante para a motivação dos estudantes, tal resultado é comumente observado em alunos veteranos nos cursos de graduação em comparação com os ingressantes (HODSON, 2005; KIND et al., 2011). Da mesma maneira, outros estudos demonstraram que os ingressantes de cursos de licenciatura apresentaram maiores índices motivacionais do que seus veteranos (BORUCHOVITCH, 2008; ARAÚJO, 2015; OLIVEIRA; GOIS, 2020a, 2020b). Leal, Miranda e Carmo (2013) obtiveram o mesmo resultado ao comparar os alunos ingressantes e os veteranos de um curso de ciências contábeis. Inclusive, os licenciandos questionados nesta pesquisa apresentaram resultados semelhantes aos alunos ingressantes do curso de licenciatura em química questionados por Oliveira e Gois (2020a).

É conhecido na literatura que as atividades experimentais despertam o interesse dos estudantes e aumentam sua motivação (CARDOSO, COLINVAUX, 2000; HOFSTEIN; LUNETTA, 2004; HODSON, 2005; HOFSTEIN, 2017; FERREIRA et al., 2022), então o contexto da disciplina experimental pode ter afetado a motivação dos estudantes ao explorar suas curiosidades e interesses pela química ao relacioná-la com atividades experimentais, independente da metodologia adotada.



Tal fato se torna mais relevante se considerarmos que o ensino de química nas escolas da educação básica – tanto em nível estadual quanto em nacional – é fundamentado em aulas expositivas, com pouco uso do laboratório didático, devido a diversas dificuldades encontradas na realidade das escolas da educação básica, como falta de instrumentação, materiais e reagentes ou até mesmo a ausência de um laboratório didático. Essa realidade é ainda mais pronunciada em escolas públicas por motivos que são muito bem conhecidos e reportados na literatura. Dito isso, o alto nível motivacional dos estudantes observado antes de iniciar a intervenção pode ser explicado pelo contato semanal com atividades experimentais que permitiram a associação entre os conhecimentos teóricos e a empiria, além de explorar sua curiosidade e despertar seu interesse pela química.

Segundo a TAD (RYAN; DECI, 2017), os desejos, vontades e interesses do aluno são internos e relativos aos seus próprios valores e curiosidades, de maneira que o ambiente educacional (e conseqüentemente, a metodologia de ensino) não afeta exclusivamente o estado motivacional dos alunos. Assim, um ambiente que estimule os interesses e desperte novas curiosidades auxiliará na manutenção de motivações autônomas nos estudantes, independentemente da metodologia utilizada adotada pelo professor.

Além disso, há outros fatores que podem ter influenciado na motivação situacional inicial dos licenciandos. Segundo Bego e Ferrari (2018), os ingressantes do curso de licenciatura do IQ/Ar que foram entrevistados defenderam a escolha do curso por vocação, realização pessoal ou outros valores altruístas, assim ao satisfazerem suas vontades e desejos relacionados à escolha profissional, sua motivação é estimulada.

Boruchovitch (2008) evidenciou que a motivação intrínseca dos universitários era significativamente mais elevada na universidade pública do que na particular. O prestígio e a reputação das universidades públicas do estado de SP são reconhecidos pelos seus alunos e internalizada como um valor importante, tanto que 68% dos ingressantes entrevistados por Bego e Ferrari (2018) afirmaram escolher o curso na UNESP pela sua reputação social. Assim, ao satisfazer seus desejos relacionados à escolha profissional e iniciar seus estudos em uma IES de prestígio e qualidade, o estado motivacional dos universitários foi afetado positivamente. Ryan e Deci (2017) afirmam que a autonomia dos estudantes é satisfeita quando eles

tomam decisões importantes para sua vida pessoal e profissional com base em seus interesses, vontades e curiosidades.

Como pôde ser observado, a motivação é um construto complexo que não depende somente do ambiente educacional, mas também de fatores individuais e externos ao contexto de ensino (RYAN; DECI, 2017). Assim, foram apresentados diversos resultados e argumentações da literatura na tentativa de explicar o alto nível motivacional dos estudantes antes de iniciar a intervenção. A partir deste ponto, será dado destaque para os aspectos motivacionais relacionados à intervenção pedagógica investigativa.

- 2ª Coleta de Dados: SEI de Termoquímica e início da Intervenção Pedagógica Investigativa

A 1ª SEI da intervenção pedagógica investigativa foi constituída por três experimentos investigativos de termoquímica que seguiram uma progressão de graus investigativos, assim como todas as SEIs da intervenção. Conforme os dados comparativos apresentados na Tabela 2, a 1ª SEI da intervenção pedagógica investigativa foi marcada por resultados negativos.

**Tabela 2** – Variação da motivação situacional dos estudantes entre a 1ª e a 2ª Coleta.

	Amotivação	Regulação Extrínseca	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1ª Coleta	-2,35	-0,28	1,66	1,88*	10,40
2ª Coleta	-2,23	0,02	1,28*	1,12	7,95
Variação	+0,12	+0,30	-0,38	-0,76	2,45
Porcentagem da variação	+2,0%	+5,0%	-6,3%	-12,6%	-6,8%

\* Orientação motivacional predominante em cada perfil motivacional situacional

**Fonte:** Elaboração própria.

A regulação externa teve um aumento levemente significativo enquanto a regulação identificada teve uma redução significativa. Por outro lado, a motivação intrínseca sofreu uma redução brusca, causando a inversão entre as motivações autônomas, de maneira que a regulação identificada se tornou predominante no perfil obtido nesta etapa da intervenção. A única orientação motivacional que sofreu uma alteração ínfima foi a amotivação. Essas variações causaram uma redução levemente significativa no RAI da turma. Mas essa redução no RAI não foi causada por um aumento significativo da regulação externa e da amotivação, pois tal alteração é menos intensa que as reduções dos valores das motivações autônomas.

Acredita-se que os universitários sofreram um choque no início da intervenção pedagógica investigativa capaz de afetar a satisfação de suas necessidades psicológicas básicas. Diversas pesquisas reportaram resultados motivacionais negativos no início de intervenções investigativas em universidades, devido à resistência dos alunos para aceitarem uma metodologia ativa ou ao tempo necessário para se adaptarem a essa mudança de cultura no ambiente educacional (MOHAMED, 2008; GEIGER, 2010; QURESHI *et al.*, 2016; BARR *et al.*, 2022; WANG; WANG; WEI, 2022). Minderhout e Loertscher (2007) utilizaram a metodologia investigativa no laboratório de Bioquímica entre os anos de 1997 e 2006 e observaram dificuldades de adaptação inicial dos alunos à nova metodologia em todos os anos de aplicação. Mundy e Potgieter (2019) reportaram que os alunos ingressantes na graduação em química se sentiram cognitivamente sobrecarregados, impactando na autoconfiança de cada um e reduzindo o engajamento inicial dos estudantes com as atividades investigativas. Entretanto, tais artigos também reportaram que, após um período de adaptação, os alunos se sentiram mais autoconfiantes e isso causou um aumento na competência, na motivação para aprender e na aprendizagem.

Os moldes investigativos aumentam a complexidade das atividades em comparação aos experimentos tradicionais, pois requisitam o uso de habilidades cognitivas, processuais e atitudinais, assim como seu entrelaçamento com os conhecimentos científicos (ABD-EL-KHALICK *et al.*, 2004; DEBOER, 2006; ZOMPERO; LABURÚ, 2011; CARVALHO, 2013). Considerando o maior esforço mental demandado pela metodologia investigativa, a qual os alunos não estão inicialmente acostumados, há grandes chances da intervenção causar inicialmente uma redução na competência e na autopercepção dos estudantes sobre suas habilidades e conhecimentos, assim como na sua capacidade de internalizar novos fatores. Quando a necessidade de competência dos alunos se reduz devido a uma mudança de paradigmas educacionais, é necessário fornecer tempo para eles se adaptarem à mudança de cultura no ambiente escolar; também é possível que os alunos resistam às mudanças (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2000, 2017).

Deslauriers e colaboradores (2019) constataram que os universitários envolvidos em uma metodologia ativa reportaram uma menor percepção de sua própria aprendizagem, apesar de aprenderem mais que seus companheiros que estavam em um grupo de controle (metodologia passiva com aula expositiva).

Apesar dos resultados positivos para sua aprendizagem, tal percepção negativa sobre si próprio causa um efeito prejudicial na motivação, envolvimento e na autorregulação de seus comportamentos, pois afetam a necessidade de competência dos estudantes (RYAN; DECI, 2017; DESLAURIERS *et al.*, 2019).

A necessidade de competência dos alunos está interligada com o uso de seus conhecimentos e habilidades na resolução de um problema; entretanto, alunos não acostumados a enfrentarem desafios podem se sentir inseguros frente a novos cenários (RYAN; DECI, 2017), especialmente se eles foram submetidos a metodologias passivas e expositivas por toda sua vida escolar. Kasseboehmer, Guzzi e Ferreira (2012) reportaram o predomínio de motivações extrínseca após realizarem experimentos investigativos com alunos de ensino médio. Os autores afirmam que os elementos controladores presentes no ambiente escolar durante toda a trajetória educacional dos alunos, assim como o forte sistema de recompensas escolar, podem ser parcialmente responsáveis pela resistência observada nos alunos com relação à metodologia investigativa.

O aumento da carga cognitiva e emocional pode ter afetado a satisfação da necessidade de competência dos universitários e, conseqüentemente, suas motivações (RYAN; DECI, 2017). Assim, o início de uma intervenção investigativa tem maior possibilidade de reduzir inicialmente a motivação dos estudantes, pois ela pode afetar negativamente a necessidade de competência deles, mas seus níveis motivacionais irão aumentar no decorrer do curso conforme eles internalizem os valores agregados de se engajarem em investigações científicas e desenvolvam autoconfiança (CARVALHO, 2013; RYAN; DECI, 2017; DESLAURIERS *et al.*, 2019). Tal tendência foi observada internacionalmente no contexto universitário (MINDERHOUT; LOERTSCHER, 2007; MOHAMED, 2008; GEIGER, 2010; QURESHI *et al.*, 2016; MUNDY; POTGIETER, 2019; BARR *et al.*, 2022; WANG; WANG; WEI, 2022).

A redução na regulação identificada também foi significativa, indicando que os alunos provavelmente não reconheceram de imediato os valores intrincados da metodologia investigativa e a importância de realizarem experimentos investigativos. Indivíduos possuem maior tendência de internalizar fatores regulatórios externos quando estes possuem semelhanças ou são integrados aos valores individuais, portanto um aluno que não compreenda a relevância das atividades realizadas não irá internalizar tal comportamento (RYAN; DECI, 2017). Os resultados para a

motivação situacional inicial dos estudantes (1ª coleta) indicaram que eles se identificavam com o valor de aprender química, tanto para a vida quanto para sua carreira profissional, dado o alto nível da regulação identificada. Entretanto, a queda da intensidade desta orientação motivacional não indica que houve uma redução na internalização dos valores de aprender química, mas sim que os universitários internalizaram parcialmente os outros valores da intervenção pedagógica investigativa. Dentre esses valores, destaca-se a necessidade de se envolverem em metodologias ativas e se engajarem em experimentos investigativos para adquirir habilidades relacionadas à investigação científica e garantir uma aprendizagem de maior qualidade (CARVALHO, 2013).

Segundo a perspectiva organísmica dialética da TAD, a internalização é um processo ativo e natural no qual os indivíduos tentam modificar obrigações, costumes e solicitações socialmente requisitadas em valores e autorregulações pessoalmente endossados (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017). Por ser um processo natural, ele também é lento, pois necessita de estímulos internos e externos e é influenciado por experiências passadas de satisfação ou frustração das necessidades psicológicas (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2000, 2017). Considerando que os comportamentos dos indivíduos voltados à realização do que se considera importante ou interessante não tem a intenção explícita e imediata de satisfazer as necessidades psicológicas (RYAN; DECI, 2017), a internalização dos valores intrincados à intervenção investigativa não é um processo que pode ser realizado em apenas uma SEI.

Novamente, retomamos os paradigmas tradicionais aos quais a educação está fortemente atrelada para trazer a seguinte afirmação de Kasseboehmer, Guzzi e Ferreira (2012, p. 8): “Como lhes é natural estudar para obter um diploma de ensino superior e depois bons empregos, eles (os alunos) o farão independentemente da metodologia adotada.” Tal análise das autoras, em conjunto com as argumentações anteriores, justifica parcialmente a resistência dos estudantes a uma mudança de cultura educacional, o tempo necessário para se adaptarem aos novos paradigmas, assim como a redução motivacional observada em muitos trabalhos durante os momentos iniciais (MINDERHOUT; LOERTSCHER, 2007; MOHAMED, 2008; GEIGER, 2010; QURESHI *et al.*, 2016; MUNDY; POTGIETER, 2019; BARR *et al.*, 2022; WANG; WANG; WEI, 2022).

Além da redução da sensação de competência, a autonomia dos alunos provavelmente foi afetada, porém em menor intensidade. LEQG é uma disciplina obrigatória e necessária para avançar no curso de licenciatura e criar bases (e.g., procedimentais, atitudinais, conceituais), então o aluno não teve autonomia para escolher se gostaria de participar da intervenção pedagógica investigativa ou optar pela abordagem tradicional. Apesar da intervenção ser pautada na metodologia do Ensino por Investigação que fornece autonomia de escolha para a resolução de situações-problemas, e apesar de todos os alunos terem concordado em participar da pesquisa, os experimentos investigativos foram implantados independentemente da escolha deles. Ao unir a redução da sensação de autonomia e de competência, é possível explicar a redução observada na regulação identificada e principalmente na motivação intrínseca.

Deslauriers e colaboradores (2019) afirmam que o sucesso de uma metodologia ativa depende dos alunos reconhecerem, desde o início da intervenção, os benefícios de se esforçarem durante as atividades, ou seja, é necessário internalizar os valores da atividade para melhorar a qualidade da aprendizagem (RYAN; DECI, 2017). Se não houve internalização dos valores dos experimentos investigativos nesta primeira SEI – por ser um processo natural e lento (RYAN; DECI, 2017) – então os alunos não realizaram os experimentos por fatores internos e sentiram sua autonomia afetada, pois não houveram ações totalmente volitivas.

Apesar dos objetivos de ensino estabelecidos para a intervenção pedagógica investigativa estarem elucidados em todos os documentos laboratoriais fornecidos semanalmente aos alunos, é provável que tais objetivos não foram assimilados totalmente pelos estudantes nesta primeira etapa da intervenção, principalmente àqueles relacionados à investigação científica.

Entretanto, certos grupos de alunos reportaram resultados motivacionais positivos após a primeira etapa da intervenção pedagógica investigativa, como pode ser observado nas Tabela 3 e 4 que contêm as motivações situacionais e os valores de RAI de cada grupo antes e após a aplicação da SEI de termoquímica, respectivamente.

**Tabela 3** – Níveis motivacionais dos estudantes antes de iniciar a intervenção.

<b>Valores de cada nível motivacional – 1ª Coleta</b>					
Grupo	Amotivação	Regulação Externa	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1	-2,67	-0,92	1,92	1,50	11,17
2	-3,00	-0,38	1,75	1,63	11,38
3	-2,92	-1,75	0,92	1,42	11,33
4	-3,00	-0,92	1,50	1,58	11,58
5	-2,50	0,42	1,50	1,83	9,75
6	-1,33	0,33	1,75	1,92	7,92
7	-2,75	0,33	1,83	2,17	11,33
8	-2,17	0,17	2,42	3,00	12,58
9	-1,00	0,13	1,75	1,38	6,38
10	-1,50	0,13	1,13	2,25	8,50

Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 4** – Níveis motivacionais dos estudantes após a SEI de termoquímica.

<b>Valores de cada nível motivacional – 2ª Coleta</b>					
Grupo	Amotivação	Regulação Externa	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1	-2,42	-0,17	1,67	-0,17	6,33
2	-2,67	0,42	1,33	0,50	7,25
3	-2,67	-0,33	-0,17	-0,17	5,17
4	-2,50	-1,50	1,50	1,25	10,50
5	-2,75	0,00	1,58	2,17	11,42
6	-0,50	0,75	1,00	1,33	3,92
7	-2,75	0,67	1,83	2,00	10,67
8	0,00*	1,25*	3,00*	3,00*	7,75*
9	-0,67*	-0,75*	-0,25*	1,00*	3,83*
10	-3,00	0,25	1,50	1,38	10,00

\*Apenas um aluno respondeu esse questionário, portanto o valor corresponde a uma opinião individual e não grupal.

Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar a variação do RAI da 1ª para a 2ª coleta de dados (Tabela 3 e 4), observa-se que o RAI de seis grupos reduziu (grupos 1, 2, 3, 4, 6 e 7) enquanto o RAI de dois grupos aumentou (grupos 5 e 10). Da mesma forma que certos grupos se sentiram mais motivados com a intervenção investigativa, outros grupos se sentiram menos satisfeitos e menos motivados. As reduções motivacionais podem ser justificadas pela redução da sensação de competência e internalização parcial

dos valores da intervenção (RYAN; DECI, 2017). Já o aumento da motivação intrínseca e a redução da amotivação para certos grupos pode estar ligado à maior percepção de autonomia e ao interesse: os experimentos investigativos são inerentemente mais explorativos e fazem uso de situações problemas que despertam a curiosidade e o interesse, e assim, aumentam seu empenho e motivação (CARVALHO, 2013; RYAN; DECI, 2017).

Tais resultados demonstram que existe uma heterogeneidade entre os licenciandos, visto que cada aluno age em função de diferentes objetivos a serem alcançados, como: evitar a reprovação, obter notas boas, evitar desempenho inadequado diante dos colegas de classe ou de seus parentes; estudar por entender a importância da química; estudar por curiosidade, interesse ou vontade própria. A TAD especifica que todos os níveis motivacionais estão presentes nos indivíduos, entretanto cada um se manifesta nos comportamentos em intensidades diferentes (RYAN; DECI, 2017). Da mesma forma, tais objetivos citados estão presentes em todos os alunos de algum modo, entretanto, a intensidade que cada um afeta os alunos e seus comportamentos varia em virtude de diferentes fatores, como: as atitudes do professor, o ambiente do laboratório, a complexidade do conteúdo científico, sua dificuldade de compreensão e seu apreço. Dada essa heterogeneidade de alunos com diferentes valores socioculturais e metas de vida, podem haver alunos que queiram somente realizar experimentos fáceis e serem aprovados (alta influência de motivações extrínsecas), como foi apontado por Gormally e colaboradores (2009). Os autores identificaram que alguns estudantes preferiam as atividades passivas do que uma metodologia ativa por serem mais fáceis, apesar deles assumirem que sua própria aprendizagem seria prejudicada com sua escolha.

Para concluir a análise dessa 1ª SEI da intervenção pedagógica investigativa, trataremos a seguinte análise. Existe uma tendência de aumentar a regulação externa quando ocorre uma redução dos desejos individuais dos alunos e do grau de valorização deles sobre uma atividade (RYAN; DECI, 2017), entretanto, tal resultado não foi observado, dado o pequeno aumento no valor da regulação externa. Tal fato é promissor, pois indica que os alunos não realizaram as atividades por imposições externas, mas sim que suas motivações autônomas foram desestimuladas inicialmente. Ou seja, a influência da intervenção investigativa não foi suficiente para estimular os alunos a agirem por fatores externos (e.g., obtenção de boas notas).



Assim, a queda das motivações autônomas não implica necessariamente em uma redução do interesse ou curiosidade dos alunos em relação à química. É mais provável que o choque da mudança de cultura educacional afetou principalmente a necessidade de competência e que isso causou a redução nas motivações autônomas.

- 3ª Coleta de Dados: SEI de Cinética Química

Para a análise desta SEI, os dados da 2ª SEI foram comparados com os dados iniciais (1ª coleta) e, também, com os dados motivacionais obtidos após a 1ª SEI (2ª coleta). Os resultados estão dispostos na Tabela 5.

**Tabela 5** – Variação da motivação situacional dos estudantes entre a 1ª, 2ª e 3ª coletas.

	Amotivação	Regulação Extrínseca	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1ª Coleta	-2,35	-0,28	1,66	1,88*	10,40
2ª Coleta	-2,23	0,02	1,28*	1,12	7,95
3ª Coleta	-2,10	0,43	1,38*	1,03	7,21
Variação entre 2ª e 3ª Coleta	+0,13 (+2,2%)	0,41 (+6,8%)	+0,10 (+1,7%)	-0,09 (-1,5%)	-0,74 (-2,1%)
Variação entre 1ª e 3ª Coleta	+0,25 (+4,2%)	+0,73 (12,1%)	-0,28 (+4,6%)	-0,85 (-14,2%)	3,19 (-8,86%)

\* Orientação motivacional predominante em cada perfil motivacional situacional

**Fonte:** Elaboração própria.

A análise da Tabela 5 permitiu constatar que a amotivação apresentou uma tendência de aumento, entretanto, não exibiu um aumento significativo mesmo após a realização de duas SEIs da intervenção. Isso indica que os alunos não demonstraram desinteresse em relação aos experimentos investigativos, tampouco se sentiram incompetentes (RYAN; DECI, 2017). Por outro lado, a regulação externa apresentou aumentos significativos em ambas as SEIs, demonstrando uma tendência de aumento. Seguindo essa linha de raciocínio de tendências, observou-se que a motivação intrínseca também foi caracterizada por um movimento tendencioso de redução em seu valor. Entretanto, a variação entre a 1ª e a 2ª SEI é insignificante, o que pode indicar que, apesar de ter uma tendência de queda, tal propensão pode não continuar na próxima SEI. Ademais, a regulação identificada

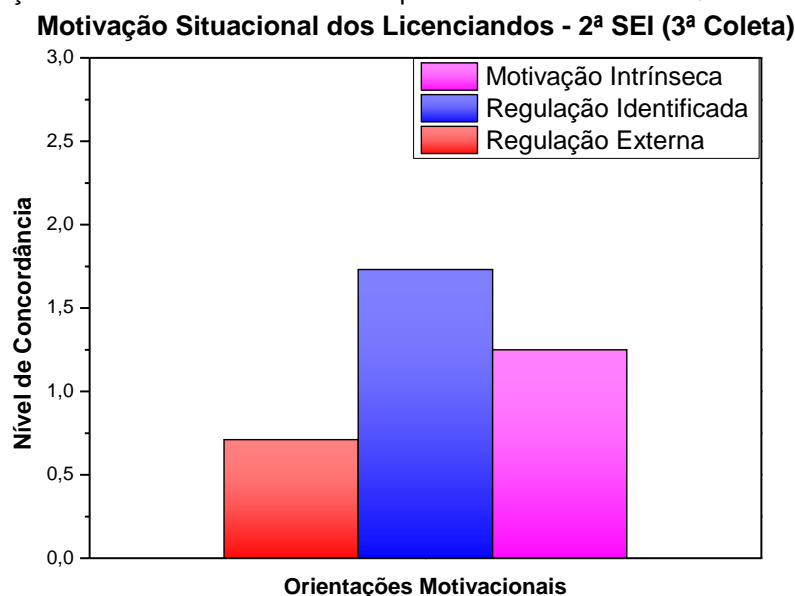
tornou a aumentar, apesar de sofrer uma variação muito pequena ao comparar os dados da 1ª e 2ª SEIs.

Ao compilar esses dados, pode-se afirmar que o interesse dos alunos em relação aos experimentos investigativos diminuiu um pouco, em conjunto com a redução da satisfação de suas necessidades psicológicas básicas. Entretanto, é necessário explicitar que a redução da motivação intrínseca não acarreta necessariamente em um aumento do desinteresse dos estudantes, pois não são conceitos dicotômicos (RYAN; DECI, 2017), dado que a amotivação apresenta valores baixíssimos e pouca influência no perfil motivacional dos estudantes.

Por outro ângulo, a redução da motivação intrínseca acarretou parcialmente em um aumento na necessidade de se obter recompensas externas, como notas boas e evitar a reprovação na disciplina, observado na tendência de aumento da regulação externa. Quando se reduzem os desejos e vontades do indivíduo de expressar um comportamento ou realizar uma ação de maneira volitiva, os deveres socialmente solicitados pelo ambiente de ensino se tornam menos prazerosos e, assim, obrigações a serem cumpridas (RYAN; DECI, 2017). Em outras palavras, o resultado de um comportamento se torna mais prestigiado pelo indivíduo do que a própria expressão comportamental.

Por fim, o aumento pouco significativo da regulação identificada indica que os alunos começaram a internalizar os valores agregados à intervenção investigativa. Como foi dito anteriormente, a internalização é um processo natural e lento, dependente da satisfação das necessidades básicas e da relação do indivíduo com o ambiente de ensino. Entretanto, a intensidade dessa variação na regulação identificada é pequena demais para traçar tal afirmação, mas pode-se dizer que é um indício de uma mudança comportamental importante para a nossa intervenção pedagógica investigativa. Tal discussão será retomada após analisar a 3ª SEI.

As motivações autônomas foram predominantes em todos os perfis de motivações situacionais dos estudantes, sendo este um fator preditivo para comportamentos positivos relacionados a um maior engajamento e a uma aprendizagem de melhor qualidade (RYAN; DECI, 2017). Apesar disso, a Figura 8 traz uma comparação visual entre as regulações externa, identificada e a motivação intrínseca para demonstrar que nessa SEI houve um certo grau de aproximação entre tais orientações motivacionais.

**Figura 8** – Motivação situacional dos licenciandos após a 2ª SEI – Cinética Química.

Fonte: Elaboração própria.

Entretanto, o aumento da regulação externa não é necessariamente um resultado negativo, pois as motivações controladas e as motivações autônomas não são dicotômicas e antagônicas, mas complementares entre si (KELLER, 2010; GILLET; MORIN; REEVE, 2017; RYAN; DECI, 2017). Em linhas gerais, tão importante quanto realizar uma tarefa por interesse ou por internalizar os valores dessa ação, é necessário que os estudantes compreendam que a investigação científica demanda que certos parâmetros e obrigações sejam cumpridos para garantir resultados de qualidade. Tais paradigmas investigativos são frequentes no empreendimento científico e acabam se tornando habituais e pouco prazerosos, mas extremamente necessários de serem cumpridos com afinco (DEBOER, 2006; FLICK; LEDERMAN, 2006; CARVALHO, 2013).

Por fim, faz-se necessário retomar a análise de cada grupo para demonstrar como a heterogeneidade entre os alunos é um fator de análise relevante. Para tal discussão, faz-se necessário analisar as Tabelas 3, 4 e 6.

Apenas o grupo 6 obteve o maior valor de RAI após finalizar a SEI de cinética química em comparação com os outros momentos de coleta. Em contrapartida, cinco grupos apresentaram uma tendência de redução dos valores de RAI - significativa para alguns grupos, para outros não. Os outros três grupos apresentaram comportamentos diferentes: o grupo 5 apresentou o maior RAI após a SEI de termoquímica e o seu menor valor na SEI de cinética química (11,42 e 6,83 respectivamente); o grupo 8 apresentou um aumento do RAI após a SEI de cinética

química, assim como o grupo 9. Tal heterogeneidade de valores, objetivos e interesses observadas na 1ª e 2ª SEIs demonstra que o *design* da intervenção não englobou a maioria dos licenciandos.

**Tabela 6** – Níveis motivacionais dos estudantes após a SEI de cinética química.

Valores de cada nível motivacional – 3ª Coleta					
Grupo	Amotivação	Regulação Externa	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1	-2,42	0,25	1,42	0,08	6,17
2	-2,75	0,50	1,25	0,33	6,92
3	-2,50	-0,25	0,33	-0,50	4,58
4	-2,58	-1,33	1,00	0,92	9,33
5	-1,83	0,75	1,08	1,42	6,83
6	-2,13	0,50	1,88	2,13	9,88
7	-1,42	1,00	1,33	1,17	5,50
8	-1,67	1,08	2,08	2,17	8,67
9	-1,50	0,88	2,13	1,75	7,75
10	-2,00	1,38	1,88	1,63	7,75

\*Apenas um aluno respondeu esse questionário, portanto o valor corresponde a uma opinião individual e não grupal.

**Fonte:** Elaboração própria

Apesar dessas reduções dos valores de RAI, nenhum grupo apresentou RAI negativo em nenhum dos perfis de motivações situacionais, indicando que as motivações autônomas predominaram sobre as motivações controladas. Também é um indicativo de que os alunos experienciaram um ambiente estimulante para a autonomia, necessário para promover numa aprendizagem de maior qualidade (RYAN; DECI, 2017). A análise das Tabelas 3, 4 e 6 reforça tal constatação, pois nota-se que nenhum grupo apresentou predomínio da regulação externa sobre as motivações autônomas.

A queda da motivação situacional dos estudantes possivelmente está relacionada ao aumento da complexidade do conhecimento químico. Apesar dos tópicos dos experimentos da SEI de cinética química envolverem os fatores que afetam a velocidade de uma reação química, que são conceitos comumente versados na educação básica, a abordagem destes conhecimentos aumentou em grau de complexidade. Há um aprofundamento teórico sobre o universo submicroscópico e sua interação com os resultados fenomenológicos observados

nos experimentos. Transitar entre os níveis macro e microscópico da química envolve um domínio de conhecimentos teóricos e fenomenológicos que são apontados pela literatura como uma dificuldade experienciada pelos estudantes da educação básica e do ensino superior (BATISTA; WENZEL, 2021). Tal abordagem pode ter reduzido a motivação dos estudantes ao reduzir a satisfação da necessidade de competência e, conseqüentemente, afetar negativamente as motivações autodeterminadas.

De maneira geral, a variação dos resultados da 1ª SEI para a 2ª não foram tão marcantes quanto aqueles obtidos no início da intervenção, com exceção da regulação externa que sofreu um aumento significativo em ambas as etapas da intervenção. A seguir, analisaremos a última SEI que marcou o fim da intervenção pedagógica investigativa.

#### - 4ª Coleta de Dados: SEI de Eletroquímica e término da Intervenção Pedagógica Investigativa

Assim como foi feito na análise da SEI anterior, os dados motivacionais da 3ª SEI foram comparados com a SEI anterior (2ª SEI), e também com os dados coletados antes de iniciar a intervenção pedagógica investigativa. Os resultados estão dispostos na Tabela 7. Os dados obtidos para a motivação situacional dos estudantes após concluírem a última SEI e, conseqüentemente, concluírem a intervenção pedagógica investigativa, são destoantes com relação às SEIs anteriores. Após a análise dos dados, evidenciou-se um processo que não foi observado em nenhuma SEI anterior: constatou-se um aumento nas motivações autônomas dos alunos e um declínio nas motivações controladas.

**Tabela 7** – Variação da motivação situacional dos estudantes entre a 1ª, 3ª e 4ª coletas.

	Amotivação	Regulação Extrínseca	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1ª Coleta	-2,35	-0,28	1,66	1,88*	10,40
2ª Coleta	-2,23	0,02	1,28*	1,12	7,95
3ª Coleta	-2,10	0,43	1,38*	1,03	7,21
4ª Coleta	-2,42	0,28	1,52*	1,32	8,73
Variação entre 3ª e 4ª Coleta	-0,32 (-5,3%)	-0,15 (-2,5%)	+0,14 (+2,3%)	+0,29 (+4,8%)	+1,52 (+4,2%)
Variação entre 1ª e 4ª Coleta	-0,07 (1,2%)	+0,56 (9,3%)	-0,14 (-2,3%)	-0,56 (-9,3%)	-1,67 (-4,64%)

\* Orientação motivacional predominante em cada perfil motivacional situacional

**Fonte:** Elaboração própria.

A análise da Tabela 7 evidenciou que a SEI de eletroquímica apresentou resultados destoantes em comparação com as SEIs anteriores. As tendências de aumento observadas para a amotivação e para a regulação externa foram interrompidas, de maneira que houve uma redução significativa para a amotivação. Apesar da redução da regulação externa ser pouco significativa após a última SEI da intervenção, a amotivação apresentou um valor menor nesta SEI em comparação com o inicial. Por outro lado, a motivação intrínseca sofreu um aumento significativo e a regulação identificada apresentou uma tendência de aumento (2ª e 3ª SEI).

Tais dados resultaram no aumento do valor do RAI pela primeira vez durante toda a trajetória da intervenção investigativa. O aumento no valor de RAI é indicativo de maior satisfação da necessidade de autonomia e, conseqüentemente, das outras necessidades, de maneira que o ambiente estimulante pode ter facilitado a internalização da importância das atividades investigativas (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017). Assim, esses resultados indicaram que a SEI de eletroquímica provavelmente despertou o interesse e curiosidade dos estudantes, aumentando sua valorização pelos experimentos investigativos; por outro lado, reduziu-se a importância da obtenção de recompensas ou a prevenção de punições.

Tais dados são concordantes com a previsão de Deslauriers e colaboradores (2019), que dissertam acerca de uma redução inicial na motivação dos estudantes devido uma baixa sensação de competência, seguida por um aumento da motivação conforme eles participassem em mais atividades de metodologia ativa em sequência. Os alunos progrediram pelas atividades ativas e lentamente desenvolveram autoconfiança para se engajarem e agirem com maior autonomia (RYAN; DECI, 2017).

Quando as necessidades psicológicas básicas são estimuladas, o processo de internalização é facilitado, especialmente em ambientes promotores de autonomia (RYAN; DECI, 2017). Considerando que a metodologia investigativa fundamentou o desenvolvimento de um ambiente promotor de autonomia e que os alunos desenvolveram mais autoconfiança nesta última SEI (e conseqüentemente estimularam a necessidade de competência), a repercussão observada foi o aumento da regulação identificada. Tal ambiente balizou os estudantes a internalizarem gradualmente os valores da investigação científica, causando o aumento na regulação identificada observado após a 2ª SEI. Assim, pode-se assumir que os estudantes, além de reconhecerem a importância do conhecimento

químico para suas vidas e para suas carreiras (resultado observada na 1ª coleta de dados), eles também assimilaram os valores relacionados à aprendizagem ativa, ao engajamento na resolução de situações-problema e ao desenvolvimento de habilidades relacionadas à investigação científica. O intuito era demonstrar parcialmente como a ciência é produzida, assim como a diferença entre os experimentos tradicionais verificativos e um processo investigativo que espelhe uma investigação verdadeira (ZOMPERO; LABÚRU, 2011; CARVALHO, 2013).

Acredita-se que a estruturação da SEI de eletroquímica também influenciou sobre tais resultados. A SEI de eletroquímica foi a única cujos experimentos investigativos de grau 3 e 4 estavam conectados por um único contexto, demonstrando maior conectividade entre as atividades. O experimento 3 de Eletroquímica consistiu em analisar como um prisioneiro fugiu da prisão usando a eletroquímica para romper a barra de ferro da janela de sua cela; já no experimento 3, os alunos investigaram formas de reforçar a barra das janelas por meio da galvanoplastia para evitar que tal fuga acontecesse novamente. A conectividade entre os experimentos é reportada como um fator estimulante para os estudantes e vantajoso para a aprendizagem, pois permite uma demonstração realista da função científica e investigativa (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004; HODSON, 2005; PINTHONG *et al.*, 2022; VARADARAJAN; LADAGE, 2022). Assim, esse nexos entre os experimentos pode ter aumentado o interesse e a curiosidade dos alunos, e estimulado a persistência para a resolução das situações-problema propostas.

Apesar dos dados sobre a motivação situacional dos licenciandos serem coletados na primeira semana de dezembro, em um período muito próximo das provas finais do semestre letivo, a motivação dos estudantes não sofreu consequências negativas com relação à disciplina e à intervenção investigativa. Ao se aproximar do final do semestre, os estudantes se focam na obtenção de notas para a aprovação semestral em diversas disciplinas, mas acredita-se que a conectividade entre os experimentos de eletroquímica trouxe elementos intrigantes que incentivaram o engajamento dos estudantes. Inclusive, a eletroquímica é reportada como um dos tópicos da química mais difíceis de ser ensinado (NOGUEIRA; GOES; FERNANDEZ, 2017; VIEIRA *et al.*, 2021), entretanto, tais conceitos não causaram sensação de incompetência nos estudantes, visto que o nível de amotivação reduziu e a motivação intrínseca aumentou.

Para reforçar tais argumentos, faz-se necessário analisar os dados motivacionais dos grupos relacionados a essa SEI (Tabela 8).

**Tabela 8** – Níveis motivacionais dos estudantes após a SEI de eletroquímica.

<b>Valores de cada nível motivacional – 4ª Coleta</b>					
Grupo	Amotivação	Regulação Externa	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1	-2,83	0,33	1,92	0,33	7,92
2	-2,83	-0,25	0,75	-0,25	6,17
3	-2,75	-0,33	0,67	1,08	8,67
4	-3,00	-0,58	1,33	1,67	11,25
5	-2,67	1,00	2,00	2,42	11,17
6	-2,50	-0,75	2,00	1,75	11,25
7	-2,63	0,50	2,38	2,63	12,38
8	-2,13	0,75	2,75	2,38	11,00
9	1,50*	1,25*	1,00*	0,50*	-2,25*
10	-1,50	2,00	0,63	1,00	3,63

\*Apenas um aluno respondeu esse questionário, portanto o valor corresponde a uma opinião individual e não grupal.

**Fonte:** Elaboração própria.

Comparando os dados das Tabelas 3, 4, 6 e 8 ao final da SEI de Cinética Química, nota-se que: i) cinco grupos apresentaram uma redução constante dos valores de RAI (1, 2, 3, 4 e 7); e ii) dois grupos apresentaram uma queda no RAI seguida por um aumento após esta SEI (6 e 8). Em outras palavras, sete grupos tiveram um aumento significativo no valor de RAI (1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) após a SEI de eletroquímica, de maneira que alguns grupos apresentaram maior RAI ao final da intervenção do que no início (5, 6 e 7), enquanto somente dois grupos (2 e 10) tiveram uma redução no valor de RAI após esta SEI.

Portanto, ao comparar os dados das Tabelas 3, 4, 6 e 8, nota-se uma quebra de tendência: a intensidade da motivação intrínseca e da regulação identificada aumentaram em seis e sete grupos respectivamente; cinco grupos apresentaram queda no valor da regulação externa e sete grupos tiveram uma redução na intensidade da amotivação.

Como previsto por Deslauriers e colaboradores (2019), o início da intervenção pedagógica investigativa foi marcada por um declínio motivacional, mas que aumentou gradualmente conforme eles avançaram pelas SEIs. Tal aumento gradual



foi avistado na regulação identificada, demonstrando que os alunos internalizam gradualmente os valores agregados das atividades embasadas em metodologias ativas.

## 5.2 Perfil motivacional dos licenciandos

Com base na literatura, elaborou-se a seguinte hipótese: dado que os experimentos *cookbooks* são potenciais desestimulantes para a curiosidade, interesse e as necessidades psicológicas básicas dos estudantes (HODSON, 2005; HOFSTEIN; KIND, 2011; RYAN, DECI, 2017), esperava-se que o perfil motivacional dos estudantes para o momento anterior à intervenção fosse equilibrado entre as motivações controladas e as autônomas. Entretanto, os dados motivacionais coletados antes de iniciar a intervenção pedagógica investigativa foram contrários e esse momento apresentou a maior intensidade das motivações autônomas da classe, e a menor das motivações controladas.

Por outro lado, o início da intervenção – assinalado pela SEI de termoquímica – foi marcado por uma redução significativa no valor do RAI. A comparação dos dados presentes nas Tabelas 3 e 4 evidenciou que maior parte dos grupos apresentaram um aumento da amotivação e, principalmente, da regulação externa; ao mesmo passo, evidenciou-se uma redução da regulação identificada e, principalmente, da motivação intrínseca. Conforme a análise anterior, acredita-se que houve provavelmente uma redução significativa na satisfação da necessidade de competência e uma falta de internalização dos valores intrincados aos experimentos investigativos, como as habilidades de investigação científica. Como consequência da redução das motivações autônomas, fatores externos se tornaram relevantes para os alunos, como a realização dos experimentos para obtenção de boas notas.

Os dados da 2ª SEI da intervenção (Tabelas 5 e 6) começaram a evidenciar uma nova mudança, com maior equilíbrio nos dados motivacionais: aproximadamente metade dos grupos teve redução nos valores da amotivação e da regulação externa e um aumento das motivações autônomas. Ou seja, se a primeira SEI causou um estado desarmônico na motivação dos alunos, a segunda SEI apresentou maior estabilidade motivacional, com uma boa distribuição entre resultados positivos e negativos, demonstrando maior adaptação dos alunos à intervenção investigativa.

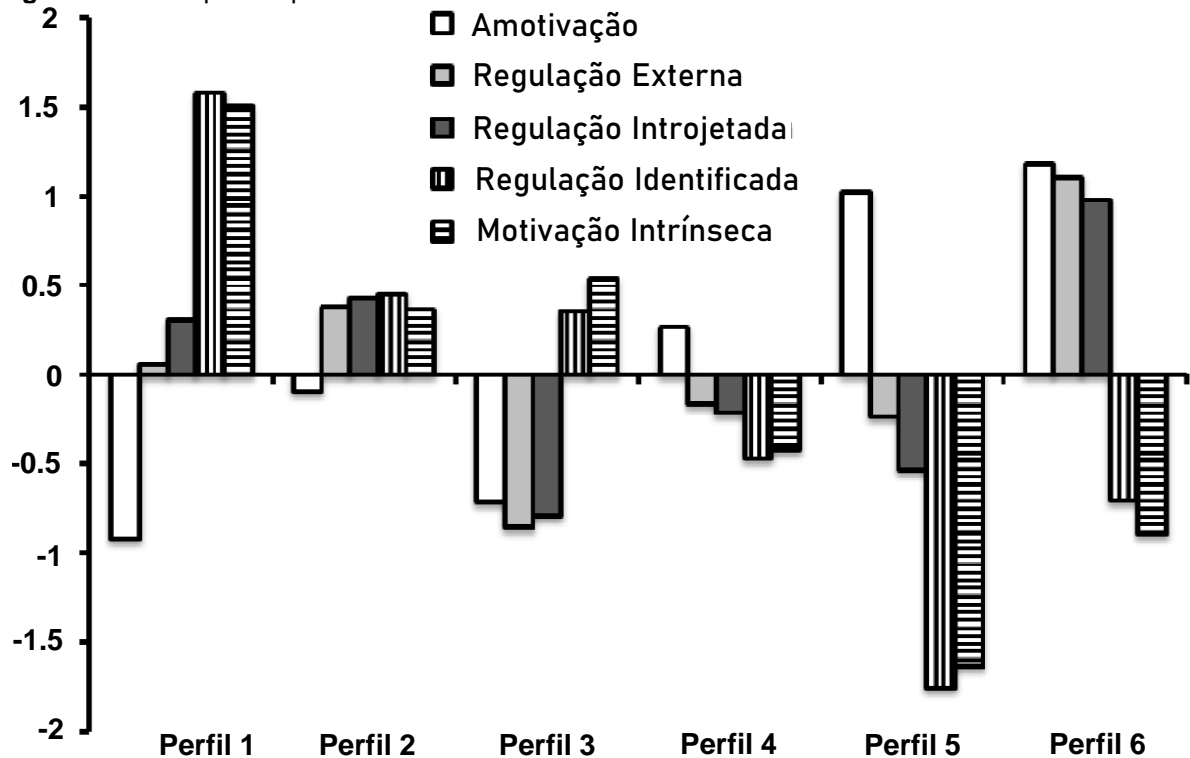
Por fim, a última SEI da intervenção investigativa foi caracterizada por uma redução na amotivação e na regulação externa de maior parte dos grupos, seguida por um aumento das motivações autônomas significativo para quase todos os alunos. Como maior parte dos alunos evidenciaram tal perfil motivacional, acredita-se que a SEI de eletroquímica estimulou adequadamente todas as necessidades psicológicas básicas, principalmente a autonomia. Por ser a última SEI, acredita-se que os alunos desenvolveram autoconfiança para se envolver em experimentos investigativos, satisfazendo sua necessidade de competência. Acredita-se que o nexos contextual apresentado entre os experimentos de eletroquímica foi também um fator estimulante para a motivação; demonstrou-se que a atividade científica não é isolada e condensada em um único experimento, mas que as pesquisas e investigações científicas necessitam de vários experimentos interligados e contínuos (HODSON, 2005; PINTHONG et al., 2022; VARADARAJAN; LADAGE, 2022). Além disso, o encadeamento apresentado entre os experimentos pode ter despertado a curiosidade dos alunos para explorar a eletroquímica, de maneira que as orientações autônomas ganharam maior intensidade sobre a motivação.

Com base nesses dados, pode-se traçar inicialmente duas afirmações. Primeiramente, após comparar todos os dados motivacionais coletados, observou-se que cada grupo apresentou uma variação única dos valores de cada orientação motivacional. Tal fator evidenciou uma heterogeneidade de valores e objetivos entre os licenciandos, pois cada grupo demonstrou suas prioridades próprias que guiam seus comportamentos a diferentes objetivos, desde as ações guiadas por fatores externos (e.g., obtenção de boas notas ou evitar a reprovação na disciplina) até as ações realizadas em prol do âmagos dos indivíduos (e.g., estudar por curiosidade ou por reconhecer a importância do conhecimento químico). Assim como todos os níveis motivacionais estão presentes em qualquer indivíduo e se manifestam em variadas intensidades, cada valor e objetivo educacional também está presente nos alunos e varia em virtude dos fatores socioambientais e individuais (RYAN; DECI, 2017).

Em segundo lugar, apesar das variações motivacionais apresentadas entre cada SEI, pode-se afirmar que os quatro perfis de motivações situacionais apresentaram uma constância ao longo de todo o processo interventivo, como pode ser visto na Figura 6. As motivações autônomas (principalmente a regulação identificada) se mantiveram predominantes com valores elevados ao longo de toda a

intervenção; a regulação externa apresentou valores medianos em todas as etapas; e a amotivação sempre foi baixíssima, apresentando pouca ou nenhuma influência sobre a motivação dos estudantes e seus comportamentos no ambiente educacional. Tal estabilidade nos permite afirmar que este é o perfil motivacional da turma dos alunos ingressantes no curso de licenciatura em química.

**Figura 9** – Seis tipos de perfis motivacionais.



Perfil 1: Autônomo; Perfil 2: Altamente Motivado; Perfil 3: Moderadamente Autônomo; Perfil 4: Moderadamente Desmotivado; Perfil 5: Pouco Motivado; Perfil 6: Controlado.

**Fonte:** Adaptado de GILLET; MORIN; REEVE, 2017.

Assim, pode-se comparar o perfil da turma com os seis perfis motivacionais elencados por Gillet, Morin e Reeve (2017) para estudantes universitários (Figura 9). Segundo os pesquisadores, cada um dos perfis motivacionais da Figura 9 são diferentes e apresentaram resultados acadêmicos distintos entre si, sendo que tais perfis são embasados nos níveis motivacionais da TAD e em seus pressupostos (GILLET; MORIN; REEVE, 2017). Os perfis motivacionais 1, 2 e 3 – autônomo, altamente motivado e moderadamente autônomo respectivamente – estão associados com resultados positivos, dada a predominância de motivações autônomas, que são indicadores de resultados positivos em diversas áreas da vida segundo a TAD (DECI; RYAN, 2000; GILLET; MORIN; REEVE, 2017; RYAN; DECI, 2017). Ao comparar o perfil motivacional dos licenciandos – descrito anteriormente e disposto na Figura 6 (p. 107) – com os perfis obtidos por Gillet, Morin e Reeve

(2017) (Figura 9), nota-se uma alta semelhança entre o “perfil autônomo” e o perfil obtido para os licenciandos. Segundo os autores (GILLET; MORIN; REEVE, 2017, p. 231, tradução livre):

o perfil autônomo caracterizou-se por níveis elevados nas formas autônomas de motivação (motivação intrínseca e regulação identificada), níveis medianos nas formas controladas de motivação (regulações introjetadas e externas) e baixos níveis de amotivação.

Em concordância com os resultados da TAD apresentados por Ryan e Deci (2017), o perfil autônomo é caracterizado por performance e resultados acadêmicos positivos, por maiores níveis organizacionais e por maior engajamento e envolvimento emocional, cognitivo e comportamental (BOICHÉ et al., 2008; GILLET; MORIN, REEVE, 2017). Qualquer perfil que apresente altos níveis das motivações autônomas e baixo nível de amotivação estão associados a tais resultados, mas o perfil autônomo tendeu a apresentar resultados levemente melhores, suportando os benefícios de motivações autônomas bem elevadas (GILLET; MORIN, REEVE, 2017). Por fim, segundo os autores (GILLET; MORIN, REEVE, 2017), e de acordo com os princípios da TAD (RYAN; DECI, 2017), os níveis mais altos de afeto positivo, interesse, esforço, pensamento crítico foram observados com maior intensidade no perfil autônomo, assim como os menores níveis de tédio, desinteresse e intenções de abandono.

Tal resultado promissor é reforçado por Vansteenkiste e colaboradores (2009) que afirmam haver uma associação significativa entre o perfil autônomo, uma alta satisfação das necessidades psicológicas básicas e maior autonomia providenciada pelo ambiente estruturado criado pelo professor. Assim, com base nessas associações e no perfil autônomo obtido pelos licenciandos questionados, é possível traçar as seguintes afirmações: i) o professor criou um ambiente que provavelmente estimulou as três necessidades psicológicas, principalmente a autonomia; e ii) apesar das variações motivacionais observadas ao longo da intervenção, os licenciandos apresentaram perfil autônomo em todos os momentos; e iii) tais resultados positivos são indicativos benéficos para a motivação para aprender, para a própria aprendizagem, para suas necessidades psicológicas e para a sua saúde psicológica (BOICHÉ et al., 2008; VANSTEENKISTE *et al.*, 2009; GILLET; MORIN; REEVE, 2017; RYAN; DECI, 2017).

O perfil motivacional autônomo verificado nos sujeitos dessa pesquisa foi encontrado em outros trabalhos disponíveis na literatura que analisaram estudantes

universitários usando a TAD como referencial teórico (BORUCHOVITCH, 2008; LEAL; MIRANDA; CARMO, 2013; ARAÚJO, 2015; VASCONCELOS; FREIRE; SERCUNDES, 2016; LOPES, 2018; CANUTO, 2018; OLIVEIRA; GOIS, 2020a). Araújo (2015), Boruchovitch (2008), Oliveira e Gois (2020a, 2020b) analisaram o perfil motivacional de universitários em cursos de formação de professores e obtiveram resultados motivacionais muito semelhantes aos desta dissertação. Oliveira e Gois (2020a) analisaram os ingressantes de cursos de licenciatura em química em nove IES do estado de São Paulo e obtiveram um perfil semelhante para cada campus, demonstrando uma tendência motivacional autônoma entre os ingressantes. Apesar da escassez de pesquisas motivacionais em nível superior de ensino no cenário nacional (BATISTA; WENZEL, 2021; FAITANINI; BRETONES, 2021; SOUZA *et al.*, 2022), foi possível determinar que os alunos ingressantes em curso de formação de professores apresentam uma tendência de exibir predominância das motivações autônomas e um baixo nível de amotivação, assim como os sujeitos de pesquisa questionados durante a intervenção investigativa.

A motivação é um constructo complexo e influenciado por diversos fatores que se inter-relacionam, desde fatores individuais até fatores socioambientais, portanto é importante considerar os estímulos fornecidos pela IES, pois tais variáveis não podem ser controladas, mas influenciam a motivação dos alunos (SEVERO, 2014; RYAN; DECI, 2017). Dito isso, Massi e Villani (2015) apontaram que o IQ/Ar oferece condições que, explícita ou implicitamente, estimulam a criação de vínculos entre alunos e a instituição e favorecem a integração social e acadêmica. Assim, a necessidade de pertencimento dos licenciandos é estimulada pela IES, o que contribui para o alto nível motivacional e baixa amotivação observados nos estudantes antes de iniciar a intervenção.

Da mesma forma, é preciso considerar outros aspectos externos influentes sobre a motivação inicial dos estudantes, como: o prestígio de ingressar em uma IES pública e respeitada como a UNESP; estudar o curso escolhido para sua vocação; e realização pessoal (BORUCHOVITCH, 2008; BEGO; FERRARI, 2018). Ryan e Deci (2017) afirmam que a autonomia dos estudantes é satisfeita quando eles tomam decisões importantes para sua vida pessoal e profissional com base em seus interesses, vontades e curiosidades.

Os resultados motivacionais obtidos nessa pesquisa são satisfatórios, pois por exemplo, altas taxas de evasão estão relacionadas a universitários com baixo

nível motivacional (*i.e.*, predominância da regulação externa e da amotivação), enquanto as turmas com baixos índices de evasão apresentam alunos motivados e autodeterminados (RYAN; DECI, 2017). Inclusive, há uma alta taxa de evasão dentre os cursos de ciências exatas, especialmente nos cursos de licenciatura em Química (MAZZETTO; BRAVO; CARNEIRO, 2002; BELLUCCO; CARVALHO, 2014; DAITX; LOGUERCIO; STRACK, 2016; ARRIGO; SOUZA; BROIETTI, 2017).

O Ensino por Investigação fornece estímulos para as três necessidades básicas: a autonomia para decidir como resolver um problema investigativo; uso de seus conhecimentos, habilidades e capacidades para resolver uma situação-problema (competência); e debates e discussões em grupo para decidir como alcançar os resultados almejados (pertencimento). Entretanto, a necessidade de competência pode ter sido desestimulada ao longo da intervenção, o que causaria decréscimo na motivação intrínseca dos universitários. O interesse dos alunos também foi afetado nos momentos iniciais da intervenção, mas em menor intensidade em comparação com a competência, principalmente após consultar a literatura da área (MINDERHOUT; LOERTSCHER, 2007; GEIGER, 2010; MUNDY; POTGIETER, 2019; WANG; WANG; WEI, 2022).

Dessa forma, alguns elementos destinados à manutenção da competência dos alunos foram incorporados no *design* da intervenção, com base na TAD, como: i) a promoção de *feedbacks* para os alunos após a realização de cada experimento investigativo e ao final de cada SEI; ii) preleção expositiva antes de cada experimento investigativo para instruí-los adequadamente; e iii) auxílio em ambiente laboratorial de acordo com o grau de abertura e a modulação da ação docente. Entretanto, a compreensão dos níveis micro e macroscópico da matéria exige muito esforço cognitivo, assim como a associação destes conhecimentos aos fenômenos empíricos, sendo uma tarefa árdua que pode ter causado uma redução na sensação de competência dos universitários. A compreensão sobre como transitar entre os três níveis de conhecimento químico é um processo lento e dialético (BATISTA; WENZEL, 2021), mas que é necessário para a resolução de situações-problema. Em combinação, novas habilidades relacionadas à investigação científica (*e.g.*, levantamento de hipóteses) foram desenvolvidas simultaneamente. Acredita-se que a mudança de cultura educacional acompanhada das novas demandas reduziu inicialmente a satisfação da necessidade de competência (MOHAMED, 2008; DESLAURIERS *et al.*, 2019; VARADARAJAN; LADAGE, 2022), sendo que tal

mudança pode ser revertida após os alunos se adaptarem às mudanças educacionais (MINDERHOUT; LOERTSCHER, 2007; GEIGER, 2010; DESLAURIERS *et al.*, 2019; MUNDY; POTGIETER, 2019; WANG; WANG; WEI, 2022).

Corroborando com a queda da motivação intrínseca da classe, acredita-se que a necessidade de autonomia também foi afetada, principalmente nos momentos iniciais da intervenção. Dada a heterogeneidade da turma, a autonomia de certos alunos foi afetada ao implementar as atividades investigativas independentemente da vontade deles, afetando o resultado da classe. Os experimentos embasados no Ensino por Investigação fornecem autonomia para os alunos decidirem como resolver as situações-problemas propostas nos experimentos, mas como não houve possibilidade para eles escolherem os moldes investigativos ou tradicionais verificativos, certos alunos provavelmente sentiram uma redução em sua autonomia. Gormally e colaboradores (2009), ao aplicarem uma metodologia ativa com uma turma de alunos em aulas obrigatórias, evidenciaram que certos alunos preferem metodologias passivas, pois são mais fáceis e requisitam menor esforço.

Apesar da motivação intrínseca aumentar ao final da 3ª SEI, a combinação destes fatores produziu uma queda significativa nessa orientação motivacional, indicando que os alunos não recuperaram totalmente a satisfação de suas necessidades psicológica básicas. Como resultado, durante toda a intervenção investigativa, a regulação identificada predominou no perfil motivacional dos licenciandos.

Entretanto, a predominância da regulação identificada sobre a motivação intrínseca não significa algo necessariamente ruim para a motivação dos estudantes. A regulação identificada é uma motivação autônoma que ocorre quando há uma identificação entre o valor de uma regulação externa e os valores dos indivíduos (RYAN; DECI, 2017). Por outro lado, a motivação intrínseca é definida “como a realização de uma atividade por suas satisfações inerentes, e não por alguma consequência separável” (RYAN; DECI, 2000, p. 56, tradução livre). Em experimentos investigativos, os alunos desenvolvem habilidades relacionada à investigação científica, como identificação de variáveis, elaboração de um procedimento experimental, análise crítica e discussão dos resultados obtidos em grupo. Reconhecer a importância e o valor de tais habilidades, se identificar com elas e integrá-las aos valores individuais é importante para o desenvolvimento dos

licenciandos, para que eles reconheçam como o conhecimento científico é produzido.

A internalização desses valores relacionados à investigação científica pelos licenciandos é tão importante quanto seu interesse pela investigação. Para facilitar a compreensão, imagine o seguinte cenário: tão importante quanto sentir interesse e prazer ao realizar experimentos e investigações científicas, é necessário que os futuros pesquisadores reconheçam a importância de realizar pesquisas boas que contribuirão para a sociedade e para o cenário acadêmico. Ou seja, é importante que o aluno reconheça a importância de produzir resultados significativos e a relevância dos paradigmas investigativos ao realizar experimentos científicos, e que tal fator tenha a mesma relevância que seu interesse ou curiosidade pelo objeto de estudo. Dessa forma, induzir os alunos a reconhecerem a relevância das habilidades, conhecimentos e atitudes científicas é vantajoso para sua vida profissional e acadêmica (CARVALHO, 2013; RYAN; DECI, 2017).

Pela perspectiva organísmica dialética da TAD, a regulação identificada ser maior que a motivação intrínseca não implica necessariamente em decréscimos na aprendizagem, no engajamento ou nas conquistas acadêmicas (RYAN; DECI, 2017). Da mesma forma, os níveis medianos de regulação externa observados nos licenciandos também não são prejudiciais desde que acompanhados por motivações autônomas em mesma intensidade ou maior (BOICHÉ et al., 2008; KELLER, 2010; GILLET; REEVE; MORIN, 2017). Gillet, Morin e Reeve (2017, p. 225, tradução livre) afirmam que “altos níveis de motivação controlada não são necessariamente prejudiciais quando combinados com níveis igualmente altos de motivação autônoma”. Assim, a presença de orientações extrínsecas acompanhadas de níveis também significativos de motivações autônomas parece produzir bons resultados também, conforme indicou a revisão realizada por Boruchovitch (2008).

Seria muito simplista assumir que a motivação intrínseca e a regulação externa são construtos dicotômicos e excludentes, especialmente quando se trata sobre aprendizagem e a motivação para aprender, visto que a motivação intrínseca não é necessariamente prejudicada pela motivação extrínseca quando elas coexistem em níveis semelhantes (BOICHÉ et al., 2008; BORUCHOVITCH, 2008; GILLET; MORIN; REEVE, 2017; RYAN; DECI, 2017). Sempre haverá preocupações sobre a prospecção na vida profissional e acadêmica, assim como as demandas socioculturais, entretanto, a influência de tais fatores externos não é prejudicial



desde que as motivações controladas possuam intensidade igual ou menor a das motivações autônomas e eu ambas sejam elevadas no perfil motivacional

Segundo Gillet, Morin e Reeve (2017), quando as motivações autônomas e controladas possuem igualmente baixas intensidades (perfil 4 observado na Figura 9 – moderadamente desmotivado), os estudantes começam a apresentar comportamentos prejudiciais para sua aprendizagem, como baixo engajamento e falta de interesse. Entretanto, o perfil 2 (altamente motivado) possui igualmente altas intensidades de ambas as motivações controladas e autônomas, sendo que os autores reportaram que tal perfil apresentou resultados muito próximos ao perfil autônomo com relação à aprendizagem, engajamento e outros comportamentos positivos para o contexto educacional (GILLET; MORIN; REEVE, 2017). Tanto que os perfis “autônomo” e “altamente motivado” apresentaram resultados semelhantes entre si e ambos estão associados com “os níveis mais altos de realização esperada e observada, os níveis mais altos de envolvimento comportamental, emocional e cognitivo e os níveis mais baixos de desengajamento comportamental, emocional e cognitivo”, com pouca diferença entre eles (GILLET; MORIN; REEVE, 2017, p. 232, tradução livre). Em linhas gerais, estudantes podem experimentar sensação de interesse e prazer em suas ações, mas também contam com controles externos para regular adequadamente seus comportamentos em sociedade e no ambiente educacional (RYAN; DECI, 2017).

Segundo Gillet, Morin e Reeve (2017), os universitários que possuíam os perfis autônomo e altamente motivado possuíam estabilidade motivacional, ou seja, os pesquisadores não observaram mudanças de perfis motivacionais para tais alunos em um período de 2-3 meses. Tal fato é relevante para esta pesquisa, pois a intervenção pedagógica investigativa ocorreu em um período de 3-4 meses e os dados obtidos por nós está concordante com os dados de Gillet, Morin e Reeve, demonstrando que alterar o perfil motivacional dos estudantes não é algo fácil, principalmente ao considerar o perfil autônomo altamente estável dos sujeitos de pesquisa.

Assim, pode-se pressupor que o aumento da regulação externa observada no perfil motivacional da turma tem baixas chances de prejudicar a aprendizagem e o engajamento com o ambiente laboratorial, dado que sua intensidade foi menor que as orientações motivacionais autônomas. Inclusive, Bancroft, Jalaeian e John (2021), após aplicarem uma metodologia ativa com universitários em um curso de

química afirmaram que a motivação extrínseca é necessária para incentivar maior envolvimento significativo dos alunos quando um *design* envolve ciclos repetidos e subsequentes de atividades ativas. Obviamente, deve haver uma diferença significativa entre as motivações autônomas e as controladas, de maneira que a busca por recompensas externas, pela aprovação na disciplina e/ou por motivos egóicos sejam objetivos secundários (RYAN; DECI, 2017), como foi observado nos dados coletados.

De acordo com a TAD, é necessário que o ambiente educacional estruture seus cursos e disciplinas para apoiar o desenvolvimento das necessidades psicológicas e, assim, garantir um contexto de ensino estimulante para as motivações autônomas dos estudantes e sua aprendizagem (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017). Porém, a maioria dos ambientes educacionais, seja da educação básica ou superior, não apresentam ambientes completamente adequados para estimular as necessidades psicológicas básicas e, portanto, dificultam o estímulo e a expressão da motivação intrínseca (RYAN; DECI, 2017). Os currículos extensos e a carga horária pesada, principalmente em IES, dificultam a dedicação dos alunos às disciplinas, causando a divisão de seu foco e persistência. Uma única disciplina estimulante para as necessidades não é suficiente para criar um ambiente adequado para o desenvolvimento da motivação intrínseca, pois todo o contexto educacional da IES influi sobre o estado motivacional. Conforme Kasseboehmer, Guzzi e Ferreira (2013, p. 10) afirmaram: “um ambiente com motivação predominantemente extrínseca necessita, além de uma metodologia estimulante, que a instituição rompa com os paradigmas denominados tradicionais e incentive o estudo pelo prazer de aprender”.

Assim, percebe-se que a aplicação de metodologias investigativas e seu sucesso com relação à motivação dos estudantes é dependente do contexto educacional, como foi observado nessa pesquisa que não conseguiu estimular adequadamente a necessidade de competência. É necessário ajustar um *design* investigativo às necessidades da turma e do contexto de ensino, assim como adequá-los aos parâmetros da instituição de ensino e ao nível de ensino dos estudantes, demonstrando que não há moldes universais a serem aplicados que garantam resultados positivos para os estudantes (QURESHI *et al.*, 2017; MUNDY; POTGIETER, 2019; BARR *et al.*, 2022; WELLHÖFER; LÜHKEN, 2022).

Com base nos resultados expostos, pode-se afirmar que o Ensino por Investigação aplicado em um contexto universitário pode auxiliar a manter o interesse e as motivações autônomas elevadas enquanto os alunos progredem em um curso superior por meio de uma metodologia centrada no aluno, mas que certos cuidados com relação ao contexto de ensino devem ser atentados. Por mais que o perfil motivacional se manteve inalterado, as variações apresentadas pelas orientações motivacionais ao longo da intervenção indicam a necessidade de revisão de certos elementos de *design*.

A próxima subseção apresentará sucintamente os dados referentes aos perfis motivacionais dos estudantes do sexo masculino e feminino, sem pormenorizar a diferença observada entre os indivíduos.

### **5.2.1 Perfil motivacional do sexo feminino e masculino**

Primeiramente, deve-se compreender que todos os 28 licenciandos se identificaram como cisgênero, sendo 15 estudantes do sexo feminino e 13 estudantes do masculino. Em segundo lugar, não é um objetivo desta pesquisa avaliar as diferenças motivacionais observadas entre os estudantes de cada sexo, pois tal análise requer cuidado com as especificidades das ciências humanas e sociais. No cenário brasileiro e internacional, há pesquisas que dizem que os homens são mais autodeterminados que as mulheres para aprender (SOUZA *et al.*, 2022), enquanto outros estudos mostram que, na verdade, as mulheres apresentam motivações autônomas em maior intensidade (GUIMARÃES; BZUNECK; SANCHES, 2002; BORUCHOVITCH, 2008). Por outro lado, há estudos que reportam que não há diferenças significativas entre homens e mulheres (JOHN; BARCHOK; NG'ENO, 2014; GILLET; MORIN; REEVE, 2017). Por conta dessa discordância, optou-se pela simples exposição dos resultados obtidos, com o intuito de analisar a variação motivacional e sua relação com a intervenção investigativa.

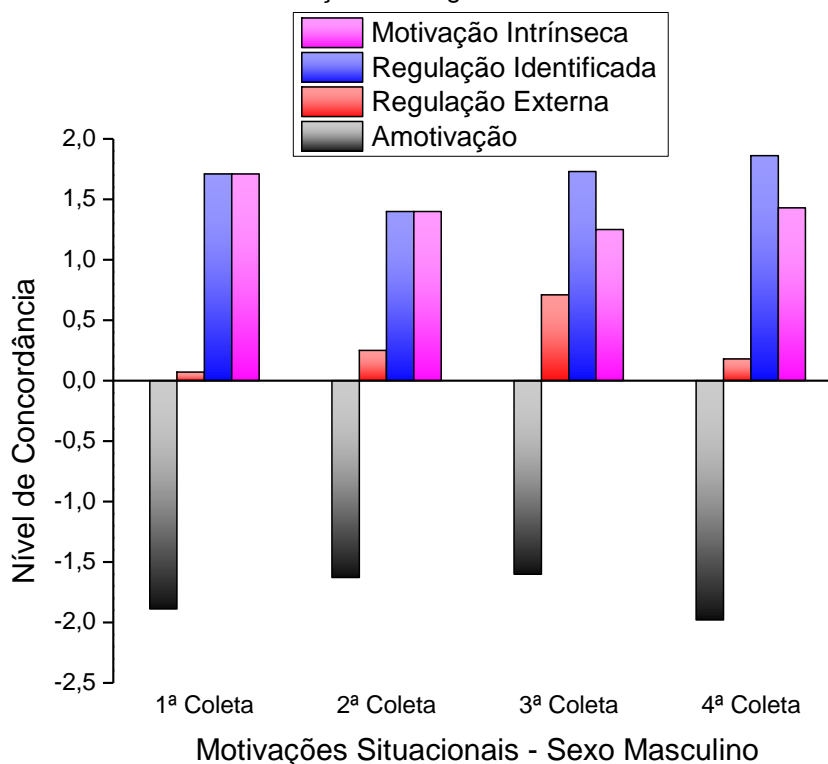
Dito isso, o RAI e as motivações situacionais dos estudantes homens e mulheres estão dispostos respectivamente nas Tabelas 9 e 10, enquanto os perfis motivacionais de ambos os sexos podem ser observados nas Figuras 10 e 11.

**Tabela 9** – Motivações situacionais dos estudantes do sexo masculino no decorrer da intervenção investigativa, a intensidade dos níveis motivacionais e o valor de RAI.

	Amotivação	Regulação Externa	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1ª Coleta (Pré-intervenção)	-1,89	0,07	1,71	1,71	8,84
2ª Coleta (SEI Termoquímica)	-1,63	0,25	1,40	1,40	7,20
3ª Coleta (SEI Cinética Química)	-1,60	0,71	1,73	1,25	6,73
4ª Coleta (SEI Eletroquímica)	-1,98	0,18	1,86	1,43	8,50

Fonte: Elaboração própria.

**Figura 10** – Gráfico de barras mostrando as intensidades de cada nível motivacional dos estudantes do sexo masculino no decorrer da intervenção investigativa.



Fonte: Elaboração própria.

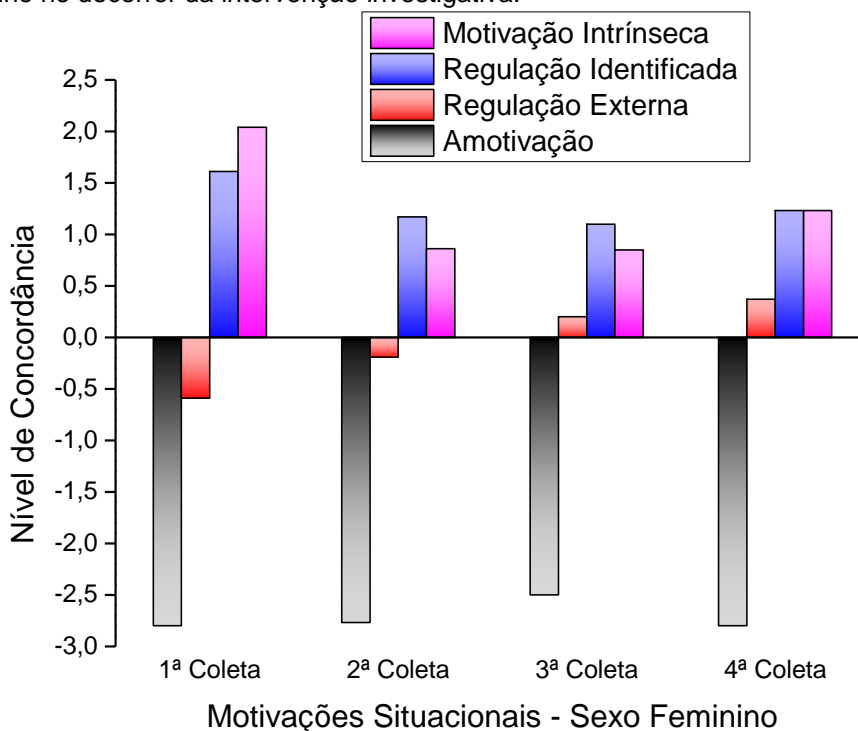
Em qualquer momento da intervenção pedagógica investigativa, os perfis motivacionais do sexo masculino e feminino se mantiveram constantes – apesar das variações apresentadas – e apresentaram alta similaridade ao perfil autônomo (GILLET; MORIN; REEVE, 2017), como pode ser observado nas Figuras 10 e 11.

**Tabela 10** – Motivações situacionais das estudantes do sexo feminino no decorrer da intervenção investigativa, a intensidade dos níveis motivacionais e o valor de RAI.

	Amotivação	Regulação Externa	Regulação Identificada	Motivação Intrínseca	RAI
1ª Coleta (Pré-intervenção)	-2,80	-0,59	1,61	2,04	11,86
2ª Coleta (SEI Termoquímica)	-2,77	-0,19	1,17	0,86	8,63
3ª Coleta (SEI Cinética Química)	-2,50	0,20	1,10	0,85	7,60
4ª Coleta (SEI Eletroquímica)	-2,80	0,37	1,23	1,23	8,93

Fonte: Elaboração própria.

**Figura 11** – Gráfico de barras mostrando as intensidades de cada nível motivacional das estudantes do sexo feminino no decorrer da intervenção investigativa.



Fonte: Elaboração própria.

O perfil motivacional feminino demonstrou a mesma tendência de redução motivacional da classe, apresentando um aumento na regulação externa e uma redução em ambas as motivações autônomas, de maneira que a motivação intrínseca foi muito afetada, tendo seu valor reduzido de 2,04 para 1,23, como pode ser observado na Tabela 10. Para as mulheres, a motivação intrínseca teve uma redução até um ponto mínimo de 0,85 após iniciar a intervenção pedagógica, mas teve uma leve elevação ao final da última SEI. Acredita-se que elas sofreram

maiores choques com a competência e a autoconfiança após iniciar a aplicação da metodologia ativa, como apontado por Deslauriers e colaboradores (2019). Juntamente com a redução de interesse, acredita-se que estes dois fatores afetaram negativamente a motivação intrínseca das mulheres.

Da mesma forma, houve pouca identificação entre os valores individuais e os valores da intervenção investigativa dentre as mulheres, dada a redução significativa que a regulação identificada apresentou. Apesar da amotivação não sofrer nenhuma variação significativa ao longo de toda a intervenção, a regulação externa aumentou seu valor de acordo com a redução da motivação intrínseca, indicando que a queda de interesse e competência foi acompanhada de comportamentos dedicados a cumprir metas externas, como obtenção de notas para a aprovação na disciplina. Apesar dessas variações, o perfil das estudantes mulheres se manteve semelhante ao perfil autônomo apresentado por Gillet, Morin e Reeve (2019) em todos os momentos da intervenção.

Por outro lado, todas as variações observadas no perfil masculino foram pequenas, especialmente quando comparados os momentos inicial e final da intervenção (1 e 4ª coleta, respectivamente). Dentre as motivações autônomas, a motivação intrínseca teve uma redução significativa e a regulação identificada teve uma pequena elevação. Já a regulação externa apresentou uma grande variação ao longo da intervenção, mas a diferença entre os valores inicial e final é insignificante. Por fim, a amotivação apresentou pouca variação ao longo da intervenção e, ao final, apresentou um valor menor que o inicial, indicando uma redução nessa orientação motivacional.

Importante notar que, apesar das variações significativas observadas no perfil das mulheres, o RAI do sexo feminino foi maior que o RAI dos estudantes masculinos em todos os momentos da intervenção, indicando que elas experienciaram um ambiente educacional estimulante para a sensação de autonomia. Tal disparidade de RAI é evidenciada pela grande diferença nos valores de amotivação ao longo de toda a intervenção; as mulheres apresentaram baixíssima amotivação em comparação com os homens – uma diferença de 1 ponto entre homens e mulheres em qualquer momento da intervenção. Tais resultados indicaram que as estudantes femininas apresentaram baixo desinteresse e tédio após a realização dos experimentos investigativos, apesar da sua motivação intrínseca reduzir bastante.

Por outro lado, a regulação identificada dos estudantes masculinos foi maior que a intensidade desta orientação motivacional para as mulheres em qualquer momento da intervenção pedagógica investigativa. Ou seja, os estudantes masculinos internalizaram melhor os valores transpassados pela intervenção investigativa por haver identificação com seus próprios valores.

Assim, constata-se que, no início da intervenção investigativa, as mulheres apresentam um perfil mais autodeterminado em relação aos homens, apesar de ambos apresentarem perfis autônomos. Havia uma diferença significativa entre os valores de motivação intrínseca, regulação externa e amotivação entre as mulheres e os homens, sendo que elas apresentaram resultados mais positivos. Tamaña diferença é explícita no valor de RAI: 11,86 para as mulheres e 8,84 para os homens.

Apesar dessa diferença inicial entre os sexos, houve uma inversão dessa tendência que perdurou em todos os momentos da intervenção: os homens apresentaram motivações autônomas maiores que as mulheres em todas as SEIs da intervenção. Por outro lado, eles também apresentaram maior intensidade da amotivação e da regulação externa em comparação com as estudantes do sexo feminino, sendo este o motivo para o menor valor de RAI. Isso indicou que, apesar dos estudantes masculinos compreenderem e se identificarem com os valores da investigação científica e da aprendizagem ativa, seus comportamentos sofriam interferências de fatores externos como a obtenção de notas.

Essa inversão observada pode indicar que a intervenção não foi estimulante para as mulheres. Possivelmente, a intervenção reduziu o interesse delas e a sensação de competência e autoconfiança, observado na redução da motivação intrínseca, mas não aumentou o desinteresse nem o tédio (o nível de amotivação se manteve). Da mesma forma, os valores transmitidos pela intervenção relacionados à investigação científica, à aprendizagem ativa e ao engajamento foram parcialmente internalizados, observado na pequena redução da regulação identificada.

Como não é objetivo dessa pesquisa especificar motivos para tal diferença entre homens e mulheres, nos delimitamos a analisar pela perspectiva da TAD. Os estudos da literatura que reportam diferenças motivacionais entre sexos masculino e feminino não revelaram os mecanismos psicológicos envolvidos para explicar a existência dessa diferença de perfil entre os sexos, então não há compreensão acerca da origem desse fenômeno nem uma confirmação dessa tendência. Assim,

ressaltamos que os resultados obtidos são únicos e não generalizáveis, pois o tamanho amostral desta pesquisa é pequeno.

### **5.3 Análise do *design* da Intervenção Pedagógica Investigativa**

Foi dito anteriormente que não existem moldes universais para a metodologia investigativa que garantam resultados positivos para a aprendizagem, o desenvolvimento de habilidades investigativas e a motivação dos estudantes (QURESHI *et al.*, 2017; MUNDY; POTGIETER, 2019; BARR *et al.*, 2022; WELLHÖFER; LÜHKEN, 2022). Os resultados do nosso *design* nos provaram que o sucesso da aplicação de metodologias investigativas depende da análise do ambiente educacional e do ajuste do *design* aos parâmetros e necessidades do contexto escolar, devendo ser refinada dentro de um contexto único de ensino. A DBR foi vital ao embasar e moldar o *design* da intervenção investigativa de acordo com as necessidades do contexto; um melhor ajuste será alcançado após a avaliação desse *design* e a aplicação de novos ciclos iterativos (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017; MUNDY; POTGIETER, 2019).

Levando em conta os parâmetros do IQ/Ar, os preceitos da disciplina LEQG, o nível de conhecimentos e habilidades dos estudantes e as variações no perfil motivacional, iremos analisar o *design* da intervenção pedagógica investigativa implementada. Os pontos fortes do *design* serão apontados e iremos propor alterações para suas fragilidades perante os referenciais teóricos (CARVALHO, 2013; RYAN; DECI, 2017). Também será analisada a validade da aplicação de uma intervenção pedagógica investigativa tão longa em nosso contexto de pesquisa.

Assim, inicia-se essa discussão analisando a nossa proposta adaptativa da SEI de Carvalho (2013) para o Ensino Superior e sua relação com a motivação dos estudantes. Apesar dos dados apontarem que o *design* da intervenção pedagógica investigativa foi bem sucedido, ele necessita de mudanças. Como foi visto na análise do perfil motivacional, as SEIs causaram redução nas motivações autônomas e um aumento nas motivações controladas. Acredita-se que tais variações foram causadas principalmente pela redução na satisfação da necessidade de competência e da autoconfiança dos alunos. Apesar dessas variações não serem prejudiciais para o perfil motivacional dos alunos, é possível minimizá-las ao analisar o *design* e propor ajustes e alterações.



Após analisar a literatura, percebe-se que tal variação motivacional é comum em metodologias ativas, pois os alunos necessitam de tempo para se adaptarem a uma mudança cultural no ambiente de ensino, principalmente ao adotar a metodologia investigativa pouco comum na trajetória educacional no cenário nacional (MINDERHOUT; LOERTSCHER, 2007; MOHAMED, 2008; GEIGER, 2010; KASSEBOEHMER; GUZZI; FERREIRA, 2012; DESLAURIERS *et al.*, 2019; MUNDY; POTGIETER, 2019; VARADARAJAN; LADAGE, 2022; WANG; WANG; WEI, 2022). Entretanto, tal argumento não foi utilizado para defender o *design* da intervenção, mas sim para apontar que existem pontos fracos, dado que duas SEIs foram necessárias para as motivações autônomas voltarem a aumentar.

Muitos estudantes acreditam que os objetivos das atividades experimentais consistam em alcançar resultados corretos ou verificar um princípio científico após seguir uma sequência de passos fornecidas por um roteiro experimental bem delimitado (HODSON, 2005; HOFSTEIN; KIND, 2011; XU, TALANQUER, 2013; FERREIRA *et al.*, 2022). Essa é uma realidade que não pode ser alterada e que deve ser considerada, especialmente porque os alunos estão acostumados a uma metodologia passiva centrada no professor ou no conteúdo. Grosso modo, o *design* deve incluir elementos que tentem alterar a relação dos alunos com o conhecimento científico, pois eles esperam uma gratificação após participarem em atividades diferentes do cotidiano, como boas notas (KASSEBOEHMER; FERREIRA, 2013). Deve adaptar-se o *design* a essa realidade para amenizar a aplicação das atividades investigativas e a mudança de paradigmas no ambiente educacional; assim, pode-se auxiliar os estudantes na construção de autoconfiança ao invés de desestimulá-la.

O *design* da intervenção foi baseado na ideia dos alunos desenvolverem sua metacognição e habilidades investigativas relacionadas à resolução de problemas enquanto realizavam os experimentos investigativos. Acreditava-se que o desenvolvimento das habilidades dos alunos seria gradual e progressivo e que ocorreria naturalmente conforme eles avançassem sobre os experimentos, mas os moldes da intervenção podem ter reduzido a autoconfiança dos estudantes durante esse processo. Quando há baixa autoconfiança, os níveis reais e potenciais de habilidades podem ser prejudicados (RYAN; DECI, 2017).

Segundo a TAD, a necessidade de competência é estimulada quando o aluno utiliza as próprias capacidades e conhecimentos para trilhar um caminho que seja satisfatório e que demonstre suas aptidões (DECI; RYAN, 2000; RYAN, DECI,

2000). Dessa forma, é necessário providenciar inicialmente as ferramentas aos alunos para, posteriormente, eles se engajarem em situações desafiadoras, testarem suas capacidades e adquirirem maestria (RYAN; DECI, 2000, 2017, 2020).

Assim, se propõe que algumas atividades investigativas, especialmente a 1ª SEI, sejam dedicadas para a adaptação dos estudantes, como reportado na literatura, e para o desenvolvimento de habilidades processuais, atitudinais, cognitivas e metacognitivas relacionadas à investigação científica. Auxiliá-los no aperfeiçoamento de tais habilidades provavelmente irá estimular a autoconfiança dos alunos, sua competência e alterar a relação entre os alunos e o conhecimento.

Para tal, a 1ª SEI (termoquímica) deveria ser utilizada para o desenvolvimento de habilidades básicas relacionadas à investigação científica, como a análise de situações-problema, o levantamento de hipóteses e a elaboração de procedimentos experimentais. Tais habilidades são basilares e necessárias em todo o processo investigativo. Williams e Dries (2022) aplicaram 5 módulos de atividades investigativas no laboratório de química bioanalítica, entretanto, os dois primeiros módulos foram dedicados ao desenvolvimento de habilidades analíticas básicas; os alunos reportaram que sua autoconfiança aumentou progressivamente e, segundo os autores, isso ocorreu por causa do *design* das atividades investigativas.

Varadarajan e Ladage (2022) implementaram 4 atividades investigativas em um período de 3 meses, sendo que as duas primeiras atividades eram de grau 2 e as duas últimas atividades eram de grau 3. As autoras acreditavam que esse *design* auxiliaria os alunos a progredirem de investigações simples para as complexas com maior facilidade; de fato, houve um aumento progressivo na qualidade das hipóteses e explicações elencadas pelos alunos (VARADARAJAN; LADAGE, 2022). Todo esse período de 3 meses foi distribuído em atividades pré-laboratoriais, designadas para: ajudar os estudantes a compreenderem os conceitos científicos necessários; a formularem as hipóteses; e a compreenderem os procedimentos experimentais que serão utilizados, assim como elaborar tal plano de trabalho. Já o tempo pós-laboratório foi dedicado para auxiliar os alunos a analisarem os dados coletados, escreverem os relatórios e para o fornecimento de *feedback* (VARADARAJAN; LADAGE, 2022).

Esse *design* acima das autoras também pode ser efetivo, mas não é adequado ao nosso contexto de pesquisa, pois a intervenção alterou somente a metodologia adotada pelo professor. Dado o currículo educacional carregado da

disciplina, não podemos dispor tanto tempo para uma única atividade investigativa e para a execução do experimento em laboratório, assim como a realização de atividades pré e pós-laboratorial em dias diferentes. Entretanto, o *design* de Varadarajan e Ladage (2022) nos revelou que o grupo de pesquisadores ficou muito preso aos pressupostos de Carvalho (2013): não é necessário que toda atividade realizada seja investigativa quando se utiliza a SEI, sendo que há desenhos investigativos na literatura que realizam poucos experimentos durante um semestre letivo, diferente do *design* dessa intervenção.

Entretanto, o caráter da disciplina LEQG é experimental e tal fator do contexto de ensino influencia fortemente no *redesign* da intervenção. Assim, a recomendação acima de evitar tantas atividades experimentais e dedicar mais tempo aos momentos pré e pós-laboratorial não é adequada ao contexto de ensino dessa pesquisa, que possui um currículo disciplinar extenso, mas é uma sugestão a ser considerada por outros pesquisadores, pois sua efetividade foi comprovada em outras pesquisas educacionais.

Dito isso, recomenda-se reduzir o nível investigativo das atividades experimentais da 1ª SEI da intervenção pedagógica investigativa. Ao invés de trabalhar com uma progressão de graus investigativos (grau 2, 3 e 4, respectivamente), propõe-se que as três atividades da SEI sejam de grau 2, 2 e 3, respectivamente, e que todas possuam situações-problemas a serem resolvidas. Assim, pode-se dispor de duas atividades de grau 2 para trabalhar a interpretação de situações-problema, o levantamento de hipóteses e a análise de procedimentos experimentais com os alunos para aperfeiçoar suas noções. Por exemplo, pode-se dispor do tempo pré-laboratorial para analisar os motivos por trás de cada etapa de um procedimento experimental, relacionando-o à situação-problema ou à hipótese.

Outra sugestão consiste em tornar toda a 1ª SEI em experimentos investigativos de grau 2 de liberdade intelectual e, assim como a recomendação anterior, todos devem possuir situações-problemas a serem resolvidas pelos alunos. Por ser algo mais verificativo, há menor demanda de tempo laboratorial, o que disponibilizaria mais tempo para o professor analisar o roteiro em conjunto com os alunos. Tal análise conjunta entre professor e aluno seria semelhante à da proposta anterior, focada no desenvolvimento de estratégias básicas de investigação.

A primeira sugestão é embasada em Williams e Dries (2022) e a segunda, em Varadarajan e Ladage (2022). Ambas propostas podem ser aplicadas em nosso

contexto de pesquisa e são destinadas a aumentar a autoconfiança dos estudantes ao auxiliá-los na transição de experimentos simples para investigações complexas e ao fornecer as habilidades e conhecimentos necessários para prosseguir nas próximas SEIs. Cabe ao professor decidir se utilizará dois ou três experimentos investigativos de grau 2 de acordo com o grau de desenvolvimento dos alunos, entretanto, segundo Carvalho (2018), experimentos de grau 2 não são investigativos. Dado que não há um *design* universal para a metodologia investigativa, o professor deve se atentar ao nível de conhecimentos dos alunos e decidir como prosseguir, considerando diferentes formas de abordar investigações e situações-problemas com a classe.

Apesar da competência dos estudantes ter sido negativamente afetada, não foi por indiferença ou desatenção aos elementos de *design*. Vários elementos positivos implementados na intervenção foram destinados a satisfazer e estimular as três necessidades psicológicas básicas com base nas propostas da TAD.

O fornecimento de *feedback* positivo é tomado como uma fonte principal de estímulo para a necessidade de competência (RYAN; DECI, 2017) e para o desenvolvimento contínuo dos estudantes (CARVALHO, 2013; HARRISON, 2014; BATISTA; WENZEL, 2021). É desnecessário dizer que as avaliações formativas são imprescindíveis para auxiliar na construção de conhecimentos e habilidades, mas os *feedbacks* adotados para o *design* não se limitaram às avaliações realizadas semanalmente pelos estudantes, tampouco aos conhecimentos científicos. Durante a execução experimental, o *feedback* ocorreu principalmente por meio de questionamentos e sugestões para os alunos – de acordo com a *modulação da ação docente*. Por exemplo, o professor avaliava, questionava e/ou fornecia sugestões durante a elaboração do procedimento experimental por parte dos alunos ou na etapa de levantamento de hipóteses (CARVALHO, 2013). Durante o período laboratorial, os estudantes discutiam e argumentavam com seus grupos e, depois, levantavam questões que eram dirigidas ao professor, que os ouviam e auxiliavam de acordo com o grau investigativo da atividade. Para os alunos que estavam “empacados” nos experimentos, foram fornecidas dicas e sugestões, assim como incentivos pelos seus esforços (RYAN; DECI, 2017).

Além disso, para assegurar como os alunos estavam progredindo semanalmente nos experimentos, eles respondiam algumas questões sobre a NdC, a NiC e sobre os conhecimentos conceituais relacionadas individualmente a cada

experimento. Assim, os alunos recebiam *feedbacks* dessas questões após uma semana, assim como recebiam *feedbacks* durante cada experimento investigativo. Ou seja, os formatos de *feedback* foram diversificados para melhor alcançar cada aluno, melhorar o clima do laboratório, promover aprendizagem mais profunda e estimular a motivação (CARVALHO, 2013; BANCROFT; JALAEIAN; JOHN, 2021). Os *feedbacks* das atividades investigativas devem almejar o desenvolvimento do interesse, de competências sociais, assim como a melhoria das habilidades relacionadas à investigação e de seus conhecimentos científicos (DUSCHL, 2003; HARRION, 2014).

Diferente da proposta fortemente construtivista de SEI de Carvalho (2013), foram realizadas semanalmente aulas pré-laboratoriais para, dentre outros motivos, auxiliar os estudantes na compreensão dos conceitos científicos de cada experimento investigativo, pensando que tal ação facilitaria suas ações em laboratório e auxiliaria no desenvolvimento de autoconfiança. Como os experimentos investigativos possuem maior caráter exploratório do que verificativo, fornecer um grau de estrutura e orientação facilita o raciocínio investigativo dos estudantes de maneira independente (MOHAMED, 2008; BOPEGEDERA, 2011; XU; TALANQUER, 2013; MOOZEH *et al.*, 2019). Tal procedimento também evita sobrecarga cognitiva e psicológica nos estudantes, que pode culminar eventualmente em um colapso na performance e nos seus comportamentos (RYAN; DECI, 2017; MUNDY; POTGIETER, 2019).

Outro ponto que difere da proposta de Carvalho (2013) está relacionada ao envolvimento do docente nos experimentos; segundo a autora, o papel do docente deve ser de questionador, guiando os estudantes por meio de perguntas relacionada às atividades investigativas. Entretanto, a atuação do docente em experimentos investigativos se mostrou eficiente para aumentar a autoconfiança dos estudantes em diversos trabalhos da literatura (MOHAMED, 2008; BOPEGEDERA, 2011; MUNDY; POTGIETER, 2019; WILLIAM; DRIES, 2022). Assim, nossa proposta de SEI envolveu a modulação da ação docente, atrelada aos graus de liberdade intelectual. Tal papel do professor não retirava a autonomia do estudante dado que a metodologia investigativa deve ser centrada no papel ativo dos alunos (CARVALHO, 2013); pelo contrário, a ação docente auxiliou os alunos a avançarem pelos experimentos. Além disso, a proposta de *design* elencada foi pensada em função de nosso contexto educacional, no qual há uma heterogeneidade de estudantes, com

diferentes níveis educacionais e diferentes níveis de conhecimento. Sabendo que existe essa heterogeneidade, foi preparado um ambiente que permitisse a capacitação de todos os alunos, providenciando oportunidades para pensarem em grupo e, também, em conjunto com o professor.

Nós também adaptamos a SEI para seguir uma progressão de graus de liberdade intelectual e, assim, garantir um desenvolvimento dos alunos adequados aos seus conhecimentos e habilidades. Essa estratégia é muito utilizada internacionalmente para auxiliar na transição dos estudantes conforme eles adquirem conhecimentos sobre o tópico estudado e habilidades investigativas e metacognitivas (XU; TALANQUER, 2013; WILLIAM; DREIS, 2022; VARADARAJAN; LADAGE, 2022). Acreditávamos que, assim, a autoconfiança e a necessidade de competência dos estudantes seriam promovidas, mas os resultados obtidos demonstraram que, para nosso contexto educacional, a 1ª SEI não deveria seguir tal parâmetro de progressão de graus de liberdade intelectual.

Por fim, com o intuito de capacitar os ingressantes no curso de licenciatura e desenvolver a autoconfiança deles, o primeiro semestre do ano letivo foi dedicado ao desenvolvimento e aperfeiçoamento dos conhecimentos e habilidades laboratoriais dos estudantes (BOPEGEDERA, 2011; MUNDY; POTGIETER, 2019; WILLIAM; DREIS, 2022). Considerando que muitos alunos não possuem experiência em agir autonomamente em ambiente laboratorial, especialmente no cenário nacional, é necessário adaptá-los ao laboratório didático antes de iniciar investigações científicas. Acreditamos que a abordagem tradicional e os experimentos verificativos foram mais adequados para tal ação, mas nada impede que alguns experimentos sejam adaptados aos moldes investigativos durante o primeiro semestre.

Aproveitando a discussão sobre as necessidades psicológicas básicas e os elementos de *design* utilizados para estimulá-las, direcionarei a discussão para tal ponto. Como a própria metodologia investigativa é centrada no aluno e na promoção de comportamentos independentes, torna-se desnecessário discutir sobre a necessidade de autonomia em grandes detalhes. Tal discussão foi realizada no capítulo de fundamentação do Ensino por Investigação quando foram destrinchados as características e os elementos que compõem a metodologia e nossa proposta de SEI. Em linhas gerais, a autonomia dos alunos foi estimulada experimentalmente nas etapas de análise crítica de situações-problemas, levantamento de hipóteses,

elaboração de procedimentos experimentais, análise e discussão dos dados, e apresentação dos resultados. Em conjunto com a modulação docente e os graus de liberdade intelectual, promoveu-se o desenvolvimento gradual da autonomia de pensamento e engajamento, com a finalidade de permitir aos alunos a autorregulação de suas próprias ações e experiências (CARVALHO, 2013; RYAN; DECI, 2017). Associada ao sentimento volitivo, tais ações devem partir do âmago dos alunos (RYAN; DECI, 2017) e a metodologia investigativa incentiva tais comportamentos (CARVALHO, 2013).

Como a necessidade de autonomia está muito interligada às outras necessidades (RYAN; DECI, 2017), alguns elementos usados para promover as necessidades de competência e pertencimento também estimulam a autonomia simultaneamente, como a modulação da ação docente: ela não retira a autonomia dos alunos de agirem por conta própria, e também pode evitar a redução da autoconfiança dos estudantes. Outro exemplo está relacionado às discussões em grupo; visto que foi dado tempo para o trabalho e pensamento independente dos alunos, ambas as necessidades de autonomia e pertencimento foram estimuladas.

Mundy e Potgieter (2019) reportaram que o gerenciamento do tempo por parte do docente pode facilitar a adaptação do estudante aos moldes investigativos, pois este foi um dos obstáculos encontrados pelos autores ao aplicarem a metodologia investigativa em uma disciplina de química no ensino superior. Esse foi um dos elementos de *design* adotados na intervenção e que não é descrito com frequência na literatura, mas que auxilia os alunos a exercerem sua autonomia de maneira organizada. Parte da modulação da ação docente foi dedicada ao gerenciamento do tempo laboratorial para auxiliar os alunos na resolução na situação-problema. Em um primeiro momento, providenciamos tempo para os alunos agirem autonomamente na resolução do problema, principalmente nas etapas de análise crítica do problema e no levantamento de hipóteses; em seguida, auxiliamos os alunos com suas dúvidas e questões. Ao faltar aproximadamente uma hora para o término do período laboratorial, os professores e os assistentes passaram intencionalmente pelas bancadas e avaliaram o progresso dos grupos; ao encontrar grupos com dificuldades, geralmente na elaboração de um procedimento para a resolução da problemática, eles auxiliaram tais alunos.

Assim, prosseguimos para os elementos de *design* utilizados para estimular a última necessidade psicológica básica. O pertencimento está relacionado com a

necessidade de se relacionar com pessoas relevantes e/ou valorosas para o indivíduo de maneira respeitosa (DECI; RYAN, 2000). Assim, permitir que os alunos escolham seus colegas de classe para compor grupos laboratoriais é um exercício de sua autonomia e, principalmente, um estímulo para sua necessidade de pertencimento (RYAN; DECI, 2017, 2020). Dessa forma, permitiu-se aos alunos escolherem seus grupos e, também, trocarem de grupo quando necessário – por causa de intrigas e/ou falta de trabalho coletivo. No início da intervenção (2º semestre letivo), os alunos estavam devidamente acomodados com seus colegas, pois todas as mudanças de grupos ocorreram somente durante o 1º semestre, sendo que nenhuma alteração foi requisitada no segundo semestre.

Segundo Carvalho (2013, 2018), o trabalho em grupo é um elemento fulcral para qualquer SEI. Em linhas gerais, o trabalho em grupo introduz os alunos na cultura científica, pois auxilia no desenvolvimento de habilidades sociais e de comunicação, na estruturação do pensamento científico, e no desenvolvimento da capacidade de articular dados e evidências para construir explicações teoricamente fundamentadas, dentre outros. Segundo Carvalho (2018, p. 776-777), o trabalho em grupo é fundamental porque

os alunos argumentarão, levantarão suas hipóteses, explicarão o fenômeno, apresentarão os raciocínios hipotético dedutivo, construindo relações compensatórias entre as variáveis, escreverão, construirão autonomia moral e portanto eles entrarão sendo introduzidos na cultura científica, aprendendo a falar e a escrever ciências.

Debates e discussões em grupos podem auxiliar o desenvolvimento social dos alunos, pois o ato de organizar uma linha de raciocínio e defendê-la usando argumentos, evidências e explicações sobre o assunto pode estimular o processo de aprendizagem e desenvolver habilidades argumentativas (DUSCHL, 2003; ZOMPERO; LABÚRU, 2011; CARVALHO, 2013). Entretanto, não é qualquer discussão entre alunos que é efetiva; é necessário que todos os membros do grupo se engajem no debate e troquem o máximo de informação possível entre si.

Dessa forma, Carvalho (2018) recomenda que sejam formados grupos de 4-5 alunos para que ocorra efetivamente o debate entre os alunos. Mas optou-se por limitar o tamanho dos grupos, instruindo os alunos a formarem trios, diferente da proposta de Carvalho. A literatura reporta que grupos de 3 alunos podem ser mais eficientes para o desenvolvimento holístico em contexto universitário, pois garantem maior colaboração entre os membros do grupo por haver maior responsabilidade e engajamento individual (BOPEGEDERA, 2011; MUNDY; POTGIETER, 2019;



WANG; WANG; WEI, 2022). Entretanto, também há contrapontos a serem ressaltados: o aumento da responsabilidade individual pode causar sobrecarga cognitiva e psicológica nos estudantes. Dessa forma, este é um elemento cuja alteração depende fortemente do nível de desenvolvimento dos estudantes e do contexto laboratorial de ensino, cabendo ao docente decidir o tamanho dos grupos de alunos. A disciplina LEQG utiliza o esquema de trios há anos dado que cada turma é composta por aproximadamente 30 alunos, formando 10 grupos no total; tal estratégia se mostrou efetiva para o contexto da disciplina.

Xu e Talanquer (2013) afirmam que a metodologia investigativa instiga os alunos a propor e explorar ideias, mas que não necessariamente resulta em trabalho coletivo, por isso que limitar a investigação a pequenos grupos pode ser mais efetivo. Dada a heterogeneidade dos alunos, há aqueles com maior instinto de liderança e que impõem dominância sobre seu grupo, tomando maior parte das decisões e dirigindo as ações de seus parceiros (XU; TALANQUER, 2013). Tais ações podem desestimular as necessidades psicológicas dos estudantes, reduzir o engajamento dos outros membros dos grupos e, assim, prejudicar seu desenvolvimento no processo de aprendizagem (CARVALHO, 2013; XU; TALANQUER, 2013; RYAN; DECI, 2017).

Dito isso, propomos a seguinte alteração no *design* da intervenção para futuras aplicações: atribuir funções aos membros de cada grupo para garantir maior envolvimento (MUNDY; POTGIETER, 2019). Por exemplo, em um grupo de 3 pessoas, pode-se adicionar três funções: i) o *organizador* garantirá que todos os membros executem suas funções, compreendam as instruções e objetivos de cada atividade e gerencie o tempo do grupo; ii) o *secretário* irá registrar todas as anotações e dados das discussões, como as hipóteses levantadas e os procedimentos elaborados; e iii) o *orador* irá garantir discussões efetivas entre os membros sobre a atividade experimental e será responsável por possíveis apresentações orais.

Dada a heterogeneidade da turma e, conseqüentemente, dos grupos de alunos, é provável que certos grupos foram dominados pelos alunos de maior grau instrucional (*i.e.*, alunos veteranos e/ou alunos que possuem ensino técnico). Entretanto, retirar a heterogeneidade dos grupos por ação docente pode desestimular a necessidade de pertencimento e autonomia, portanto acredita-se que a proposta de funções para os alunos em cada grupo seja mais efetiva para

aumentar o engajamento individual. Considerando que a disciplina LEQG é anual, tal proposta pode ser aplicada no 1º semestre letivo para os alunos se adaptarem a tais moldes.

Finalizada a discussão sobre os pontos positivos e negativos dos elementos de *design* relacionados aos aspectos motivacionais, prosseguiremos para discutir os elementos relacionados ao Ensino por Investigação e às SEIs. Assim, a discussão a seguir apresentará elementos motivacionais, mas será dado foco sobre a perspectiva metodológica investigativa e o referencial teórico adotado – as SEIs.

Primeiramente, enfatizamos que os experimentos desenvolvidos para esta pesquisa estão dispostos na seção de Apêndices e que o processo de elaboração das atividades investigativas objetivou a produção de experimentos que fossem aplicáveis em outros contextos de ensino. Considerando que há uma barreira intransponível no ensino de química relacionada ao elevado custo de materiais, equipamentos e reagentes específicos necessários e à falta de infraestrutura adequada (CARVALHO, 2010; NOVAES *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2022), foram elaborados experimentos investigativos que fossem viáveis financeira e operacionalmente, com o intuito de torná-los acessíveis à realidade de outras universidades brasileiras.

Bopegedera (2011) criou experimentos investigativos para estudantes ingressantes em curso de química nos EUA que fossem adaptáveis a outros contextos de ensino. De maneira semelhante, objetivou-se a utilização de materiais e equipamentos comuns ao cotidiano de alunos ingressantes (CARVALHO, 2010) e presentes em todo laboratório didático de química geral, dando preferência para reagentes que apresentassem baixos riscos ao bem-estar e saúde dos licenciandos. Todos os experimentos foram previamente testados pelos pesquisadores que desenvolveram a intervenção pedagógica investigativa e, posteriormente, foram aplicados com sucesso com os licenciandos. Cada experimento foi debatido em reunião em função de sua viabilidade e grau de complexidade com relação ao contexto educacional e ao nível de ensino dos estudantes. Assim, foi assegurado que os experimentos estão adequados para alunos ingressantes em curso superior de química.

Retomando um ponto negativo citado anteriormente acerca do *design* da intervenção, ele será analisado agora pela perspectiva do *princípio de design* investigativo da intervenção (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). Acreditava-se que os

alunos desenvolveriam de maneira natural e gradual as habilidades investigativas necessárias para atuarem na resolução das situações-propostas conforme eles avançassem progressivamente pelos experimentos. Inclusive, o aumento dos graus de abertura em cada SEI foi pensado para embasar essa perspectiva. Entretanto, nossa proposta se mostrou inviável perante o aspecto motivacional, pois causou redução da motivação intrínseca e da necessidade de competência.

É necessário providenciar técnicas, estratégias e ferramentas genéricas para os alunos engajarem nas atividades investigativas de maneira a aumentar sua autoconfiança, ao invés de reduzi-la (RYAN; DECI, 2017; WELLHÖFER; LÜHKEN, 2022). Wellhöfer e Lühken (2022, p. 871, tradução livre) argumentam com precisão sobre esse aspecto

os alunos têm que se sentir competentes para resolver o problema proposto ou então se sentirão sobrecarregados ... Os formadores devem fornecer aos alunos estratégias genéricas adequadas que se refiram ao conteúdo do problema e à fase do processo científico autônomo; estratégias para aquisição de informações, concepção de um procedimento experimental, análise experimental para obter feedback e otimização de um processo devem ser ensinados em relação ao conteúdo do problema concreto.

Seguindo essa lógica dos autores, acreditamos que a realização de uma aula dialogada entre a classe e o professor sirva ao propósito de fornecer e desenvolver tais ferramentas, estratégias e habilidades investigativas, apesar de existirem diversas formas para executar tal ação. O docente poderia expor e explicar o que são habilidades cognitivas, metacognitivas, atitudinais e manipulativas relacionadas à investigação, assim como mostrar estratégias para exercitar tais habilidades. Por exemplo, o docente pode auxiliar os alunos a compreenderem as diferentes formas de pensar sobre quais materiais e equipamentos são necessários para uma ou outra situação experimental (*i.e.*, habilidades manipulativas). Ou então, auxiliar os estudantes a compreenderem quais posturas e atitudes são necessárias para interpretar criticamente um problema científico (*i.e.*, habilidades atitudinais).

Com o intuito de desenvolver noções informadas de NdC e NiC com os alunos, decidiu-se realizar uma aula expositiva e um exercício de classe (GV x GO) sobre tais conhecimentos (vide subseção “Descrição da intervenção”). Da mesma forma, acredita-se que uma aula dialogada com os alunos utilizando estratégias de ensino participativas (*e.g.*, *jigsaw*; GV x GO) deva ser ministrada para instruir e fornecer certas ferramentas e estratégias genéricas usadas para analisar situações-problema criticamente, buscar informações, pensar em planos procedimentais etc.

Com base nas propostas da TAD, acredita-se que exercitar tais habilidades investigativas dos alunos em um ambiente rotineiro como a sala de aula podem estimular a autoconfiança deles, seu engajamento e aumentar seu interesse, ao fornecer novas perspectivas de exploração do ambiente laboratorial (RYAN; DECI, 2017). É provável que tal reformulação no *design* também auxilie na transição e adaptação dos estudantes aos moldes experimentais investigativos. Para executar tal proposta, o docente pode, por exemplo, trazer situações-problemas que sejam interessantes (e.g., problemáticas energéticas e ambientais), instigar os alunos a analisarem o problema em grupos e levantarem hipóteses de resolução, seguido posteriormente por uma etapa de debate em classe das ideias.

Tal proposta é fortemente recomendada por Wellhöfer e Lühken (2022), e também é citada por outros artigos na literatura (MINDERHOUT; LOERTSCHER, 2007; XU; TALANQUER, 2013; MUNDY; POTGIETER, 2019). Duas pesquisas nacionais realizadas na educação básica (KASSEBOEHMER; GUZZI; FERREIRA, 2013; KASSEBOEHMER; FERREIRA, 2013) aplicaram exercícios com alunos de ensino médio para auxiliar na adaptação deles aos experimentos investigativos e para praticar as habilidades de elaboração de hipóteses e as estratégias de explicação para alguns problemas.

Considerando nosso contexto educacional, cujos sujeitos de pesquisa consistem em alunos de licenciatura em química, e que a disciplina LEQG tem um viés pedagógico, acredita-se que expor os benefícios e as desvantagens de ambas metodologias investigativa e tradicional (verificativa) pode ser benéfico para a formação do estudante como um profissional da área de ensino. Expor as vantagens da metodologia investigativa e de se envolver ativamente com a aprendizagem pode gerar novas perspectivas nos alunos e aumentar a taxa de aceitação. Tal estratégia pode alterar a relação dos alunos com o conhecimento científico.

A resistência de certos alunos aos novos paradigmas educacionais pode reduzir ao conhecerem as vantagens de se envolverem ativamente no processo de ensino-aprendizagem por meio de uma metodologia investigativa, como: o desenvolvimento de pensamento crítico e autônomo; a promoção da capacidade argumentativa; e o aumento de seu interesse pelo objeto de estudo (DEBOER, 2006; CARVALHO, 2013; RYAN; DECI, 2017). Por outro lado, também pode-se defender o prazer que a aprendizagem pode proporcionar, pois há uma satisfação psicológica quando um assunto é dominado por um estudante, além dos benefícios

físicas relacionadas à liberação de neurotransmissores (KASSEBOEHMER; GUZZI; FERRERA, 2012; KASSEBOEHMER, FERREIRA, 2013).

Assim, algumas das propostas de *redesign* anteriores podem ser aplicadas simultaneamente em uma ou duas aulas com os alunos. Considerando que o *design* já possui uma aula pré-intervenção para introduzir explicitamente os conceitos de NdC e NiC aos alunos e para explicar a mudança de paradigma educacional, pode-se aproveitar este momento para, também, falar sobre as vantagens de se envolver ativamente com a aprendizagem. Por um viés pedagógico, aproveitar esta aula para demonstrar as vantagens e desvantagens das diferentes metodologias aplicadas em ambientes laboratoriais: a tradicional verificativa e a investigativa. Para fechar esse ciclo pré-intervenção, a aula seguinte poderia introduzir as ferramentas necessárias para os alunos se envolverem com a metodologia investigativa, e exercitar essas estratégias por meio de exercícios em classe ou resolução de situações-problema.

Ao explicitar a importância das noções de NdC e NiC, demonstrar a relevância de se envolver ativamente nos processos de ensino e aprendizagem e identificar as diferenças entre a abordagem tradicional e a investigativa, aumenta-se a probabilidade dos alunos reconhecerem o valor da intervenção investigativa desde seu início, sendo que tal discernimento é essencial para motivá-los (CARVALHO, 2013; LEDERMAN, 2014; RYAN; DECI, 2017; DESLAURIERS *et al.*, 2019).

Carvalho (2013, 2018) afirma que a proposição de situações-problema é um elemento essencial para toda SEI que auxilia no engajamento dos estudantes nos processos de ensino-aprendizagem. A autora afirma que a proposição de situações-problema que estejam próximo da realidade dos alunos permite maior imersão dos estudantes, pois o reconhecimento com o contexto pode despertar o interesse dos estudantes (CARVALHO, 2010, 2013). Segundo Carvalho (2013, p. 6), um problema relevante para os alunos “deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvam na busca de uma solução.”

Concordamos com tal afirmação, principalmente pela perspectiva motivacional da TAD, entretanto, tal afirmação deve ser questionada ao considerar o nível de ensino no qual a intervenção foi aplicada: até que ponto é relevante que um problema experimental, dado em uma aula laboratorial do ensino superior, faça parte da realidade sociocultural do estudante? Primeiramente, considerando a heterogeneidade encontrada entre os alunos do ensino superior, será difícil elaborar situações-problemas que sejam relevantes pela perspectiva sociocultural para todos.

Em segundo lugar, é necessário que os licenciandos saibam lidar com situações inesperadas, visto que a universidade está formando profissionais qualificados para exercer a função de químico, professor ou pesquisador no mercado de trabalho.

Assim, optou-se por envolver os alunos em problemas simples e contextualizados nos momentos iniciais da intervenção para facilitar sua adaptação e aumentar sua imersão, mas a complexidade das problemáticas aumentou gradualmente, de maneira a retirar os alunos de suas “zonas de conforto”, abordando situações mais elaboradas. O perfil motivacional indicou que esse elemento aplicado na intervenção foi efetivo em despertar o interesse e promover a motivação intrínseca dos estudantes, dado que as motivações autônomas se mantiveram com valores elevados durante toda a intervenção.

Outro ponto positivo encontrado dentre os elementos do *design* está relacionado a 3ª SEI (Eletroquímica). Esta foi a única SEI cujos experimentos investigativos de grau 3 e 4 estavam associados por um único contexto, sendo que nessa SEI observou-se um aumento na motivação intrínseca. A literatura reporta que a conectividade entre os experimentos é um fator estimulante para a motivação dos estudantes (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004; HODSON, 2005; PINTHONG *et al.*, 2022; VARADARAJAN; LADAGE, 2022). Acredita-se que esse nexo entre os contextos dos experimentos aumentou o interesse e curiosidade dos alunos e, conseqüentemente, a motivação intrínseca. Assim, recomenda-se que o *redesign* envolva o desenvolvimento de experimentos interconectados no início da intervenção investigativa para aumentar a imersão e facilitar a transição dos alunos para os moldes investigativos.

Por outro lado, pode-se aplicar a SEI de Eletroquímica no início do processo investigativo, alterando a ordem das SEIs. Considerando também a proposta de redução dos graus investigativos da 1ª SEI da intervenção e que a eletroquímica é reportada como um dos tópicos da química com maior dificuldade de aprendizagem (NOGUEIRA; GOES; FERNANDEZ, 2017; VIEIRA *et al.*, 2021), pode-se adaptar a SEI de eletroquímica para tais propósitos. Observou-se que a SEI de eletroquímica despertou a curiosidade dos estudantes, pois houve um aumento nas motivações autônomas. Além disso, a redução do grau investigativo dos experimentos pode facilitar a adaptação dos estudantes aos moldes investigativos.

Cabe citar uma falha do nosso *design* relacionado à análise da proposta de SEI da Carvalho: a ausência de atividades ou debate com os alunos após o

momento investigativo. Segundo a autora, é fulcral que ocorra um momento de sistematização do conhecimento entre o docente e a classe para analisar o progresso após cada atividade investigativa; é nessa etapa que o docente direciona os alunos a tomarem consciência de como o problema foi resolvido e o porquê e, assim, a desenvolverem comportamentos metacognitivos (CARVALHO, 2010 2013).

Os alunos precisam tomar autoconsciência de suas ações para desenvolver autoconfiança e refinar seus comportamentos durante as investigações (CARVALHO, 2013; RYAN; DECI, 2017), dado que o desenvolvimento de boas habilidades científicas requer a realização de vários experimentos investigativos (GRUSHOW *et al.*, 2022). Por isso, as sessões pós-laboratório geralmente são destinadas a auxiliar os alunos a analisarem os dados, escrever os relatórios e fornecer os *feedbacks*, ou seja, tentam refinar o desenvolvimento gradual do aluno (MINDERHOUT; LOERTSCHER, 2007; VARADARAJAN; LADAGE, 2022; WANG; WANG; WEI, 2022). Bopegedera (2011) afirma que a etapa pós-laboratório auxiliou a aprendizagem dos estudantes, sendo que alguns conceitos químicos só foram compreendidos pela classe durante essa etapa.

Além disso, pela perspectiva da TAD, a motivação intrínseca de um aluno pode aumentar quando ele expõe suas ideias, se engaja em debates respeitosos e se sente aceito pelo contexto de ensino – colegas e professor. Um ambiente educacional que fomente debates e discussões respeitosas estimula as três necessidades psicológicas básicas dos alunos: exercer pensamento crítico e independente estimula a autonomia; defender suas ações e decisões estimulam a autoconfiança e a competência; e a aceitação pela comunidade escolar é estimulante para o pertencimento.

Entretanto, devido ao currículo extenso da disciplina e da falta de disposição temporal, tal etapa não foi realizada efetivamente com toda a turma, somente com alguns grupos de alunos. Como observado no Quadro 5 e na Figura 4, o segundo semestre de LEQG deve abarcar os tópicos de termoquímica, cinética química, eletroquímica e equilíbrio químico, englobando uma grande variedade de conceitos químicos complexos e abstratos.

O *design* da intervenção apenas alterou a metodologia de ensino utilizada nas atividades laboratoriais, sem causar alteração curricular na disciplina. Dessa forma, foram realizados 9 experimentos investigativos em um período de 3 meses, o que é um período muito curto, considerando que a literatura reporta a necessidade de

maior disposição temporal para a realização de investigações com os alunos (CARVALHO, 2010, 2013; GRUSHOW *et al.*, 2022). Diversos *designs* dispõem de meses para a realização de 3 ou 4 experimentos investigativos com universitários para garantir a aprendizagem conceitual e o desenvolvimento de habilidades investigativas (XU; TALANQUER, 2013; MUNDY; POTGIETER, 2019; VARADARAJAN; LADAGE, 2022; WILLIAMS; DRIES, 2022).

Seria necessária uma reforma curricular na disciplina que reduzisse a carga de conteúdo para possibilitar o acompanhamento do desenvolvimento dos alunos em atividades pré e pós laboratorial; ou reformular o *design* e reduzir a quantidade de experimentos investigativos. Antes de prosseguir com tal discussão, faz-se necessário debater os detalhes da progressão dos graus de liberdade investigativo de cada SEI e sua implicação para o contexto de pesquisa, pois este elemento está estreitamente relacionado com a estrutura de cada SEI e, conseqüentemente, com a abordagem dos conteúdos curriculares.

O *design* da intervenção envolve ciclos de três SEIs com aumento progressivo de graus de liberdade intelectual após a realização de cada atividade. Quando uma SEI termina e outra se inicia, o grau de abertura retorna para seu valor mais baixo (grau 2). Nesse sentido, nosso *design* é inovador, pois não foram encontradas pesquisas que utilizassem ciclos de atividades investigativa exclusivos para cada tópico da química. Atualmente, é comum adotar um único tópico da ciência para elaborar uma sequência de atividades investigativas em química (GRUSHOW, 2022; LIN; BURNETT; TEICHERT, 2022; PINTHONG *et al.*, 2022; REITH; NEHRING, 2022; THURSTON; MARSHAK; REBER, 2022; WELLHÖFER; LÜHKEN, 2022; WILLIAMS; DRIES, 2022).

Tal *design* inovador foi adotado exatamente por causa do currículo carregado da disciplina, pensando que a aplicação de diversos experimentos investigativos permitiria englobar todos os tópicos da disciplina, ao mesmo passo que demonstraria a variedade de métodos científicos empregados em diferentes contextos e situações-problemas. Acreditou-se que expor a diversidade metodológica das ciências por meio de experimentos variados poderia aumentar a motivação dos alunos e instigar o desenvolvimento constante de habilidades investigativas (CARVALHO, 2013; RYAN; DECI, 2017).

Pela perspectiva dos *princípios de design* elencados (*i.e.*, NdC/NiC, experiência científica, aprendizagem conceitual), elaborar uma SEI exclusivamente



para cada um dos tópicos abordados permitiria o desenvolvimento gradual dos conhecimentos e habilidades dos alunos referentes a cada área do saber químico. O início de cada SEI é caracterizado pela fundamentação conceitual e procedimental, introduzindo os alunos aos conceitos e procedimentos da área em experimentos pouco exploratórios, o que permite o desenvolvimento gradual de habilidades e estratégias, sua acomodação ao novo tópico e o desenvolvimento de autoconfiança a cada novo tópico abordado.

Pode-se afirmar que nosso *design* para as SEIs não foi prejudicial para a motivação dos alunos, dado que o *design* da intervenção foi fundamentado adequadamente para evitar a redução motivacional e que o perfil motivacional da classe permaneceu constante. Visto que a TAD fornece mais enfoque para a qualidade da motivação em detrimento da quantidade, pode-se afirmar que os resultados obtidos nesta pesquisa são neutros – nem positivos, nem negativos – dado que não houve alteração na qualidade do perfil motivacional dos alunos durante toda a intervenção (*i.e.*, predomínio das motivações autônomas). Entretanto, diversas pesquisas têm fornecido importância tanto para a quantidade quanto para a qualidade da motivação dos estudantes (BOICHÉ et al., 2008; VANSTEENKISTE *et al.*, 2009; GILLET; MORIN; REEVE, 2017). Apesar do *design* não afetar o perfil motivacional da classe, não se pode negar que a intervenção afetou a motivação dos alunos, dado que eles apresentaram a maior intensidade de motivações autônomas durante o primeiro semestre letivo que englobou experimentos tradicionais verificativos. Visto que a proposta de progressão dos graus investigativos fundamenta o *design* de cada SEI da intervenção, cabe uma análise minuciosa desse elemento de *design*.

É neste ponto que retomamos a discussão sobre a sobrecarga curricular, a etapa de sistematização dos conhecimentos após as investigações e agora agregando os graus de liberdade na discussão. Faz-se necessário explicitar que tal discussão curricular, apesar de essencial para a análise do *design* da intervenção, foge do embasamento teórico e metodológico desta pesquisa, por isso não será aprofundada; essa discussão será balizada em função dos referenciais desta pesquisa. Dito isso, para iniciar essa discussão, faz-se o seguinte questionamento: pela perspectiva motivacional, qual a relevância de envolver alunos ingressantes de um curso de formação de professores de química em uma grande variedade de

experimentos investigativos, considerando o grande currículo disciplinar a ser cumprido?

Como foi dito anteriormente, as atividades investigativas demandam maior disposição de tempo durante o semestre letivo, implicando em uma redução da quantidade de conhecimentos abordados e um aumento na qualidade dos conceitos selecionados (CARVALHO, 2013; GRUSHOW *et al.*, 2022). Diferente dos experimentos verificativos focados na aprendizagem conceitual, as atividades investigativas são diversificadas e, além da aprendizagem, também podem objetivar: o desenvolvimento de pensamento autônomo e crítico (WILLIAMS; DRIES, 2022); formação do espírito científico (KASSEBOEHMER; FERREIRA, 2013); o desenvolvimento da escrita científica (XU; TALANQUER, 2013), dentre outros. Estes objetivos de ensino paralelos à aprendizagem conceitual aumentam a demanda cognitiva dos alunos, tornando necessária a redução da quantidade de conteúdo conceitual abordado para evitar sobrecarga psicológica e cognitiva.

Sobre essa dificuldade encontrada para a implementação de atividades investigativas, Carvalho (2010, p. 73) afirma

As atividades experimentais consomem um tempo considerável, já muito limitado nos currículos atuais, principalmente na rede pública, quando o professor conta com duas ou três aulas semanais. Assim, o professor precisa selecionar com muita clareza a experiência que será tratada como um laboratório investigativo ... Outros fenômenos podem ser tratados menos profundamente, utilizando aulas de demonstração.

Dois comentários serão traçados com base na afirmação da autora. Primeiro, Carvalho cita que professores com duas ou três aulas semanais encontram dificuldades, especialmente ao considerar aulas de 50 minutos. Da mesma forma, LEQG é uma disciplina que acontece apenas uma vez por semana por um período de 4h, completando aproximadamente 15 aulas em um semestre letivo – uma quantidade de tempo pequena considerando o desenvolvimento de 9 experimentos investigativos. O *design* de cada SEI envolve a progressão dos graus de liberdade intelectual, partindo de experimentos pouco verificativos para os investigativos e, para que esse aumento gradual ocorresse efetivamente, foram elaborados três experimentos em cada SEI. Ou seja, cada SEI ficou extensa devido a essa progressão dos graus de liberdade que, apesar de se demonstrar efetiva nessa pesquisa, também se mostrou um pouco inadequada para o currículo disciplinar.

Em segundo lugar, a autora disserta sobre a utilização de aulas demonstrativas para abordar temas que não sejam cruciais para o desenvolvimento

dos alunos. Apesar de se mostrar um bom recurso a ser implementado no *redesign* da intervenção, a substituição de uma atividade investigativa por um experimento verificativo ainda implicaria em uma demanda de tempo não disponível, dada a sobrecarga curricular. Observa-se que a própria sugestão da autora não é cabível no contexto de ensino de LEQG, dada a necessidade de abordar experimentalmente 4 tópicos diferentes da química em um único semestre letivo – termoquímica, cinética química, eletroquímica e, por fim, o equilíbrio químico, sendo que o último não foi tratado de maneira investigativa. Claramente, o peso curricular afetou diretamente o *design* da intervenção, pois não há tempo para a execução de atividades pós-laboratorial e, conseqüentemente, para realizar a sistematização dos conhecimentos entre a classe e o professor.

Não obstante as motivações autônomas reduziram em intensidade: na tentativa de abordar todo o conteúdo curricular de LEQG por meio de experimentos investigativos, sobrou pouco espaço para debates entre alunos e professores – elemento essencial na proposta de Carvalho (2013). A sistematização dos conhecimentos pós-laboratório estimularia principalmente a competência dos estudantes, sendo esta a principal necessidade psicológica afetada.

Assim, para responder à questão levantada anteriormente, pode-se tomar várias perspectivas, como: i) sugerir uma reestruturação curricular da disciplina que vise a redução da carga de conhecimentos científicos; ii) reduzir a quantidade de SEIs da intervenção; iii) reduzir a quantidade de experimentos dentro das SEIs. Entretanto, a opção de reforma curricular não é englobada pelo *design* da intervenção, portanto a discussão sobre essa abordagem se encerra aqui, mas fica como recomendação para futuros pesquisadores e professores que desejem aplicar vários experimentos investigativos durante um único semestre letivo. Mesmo um *design* bem fundamentado em referenciais teóricos robustos pode reduzir as motivações autônomas dos estudantes devido ao pouco tempo disposto para abordar cada experimento investigativo com os alunos.

A abordagem adotada no *design* da intervenção investigativa envolveu a aplicação de muitos experimentos investigativos que causaram uma redução das motivações autônomas dos sujeitos de pesquisa e aumentaram a regulação externa. Por outro lado, não se pode perder de vista que o desenvolvimento das habilidades científicas dos alunos é gradual e constante, exigindo a realização de vários experimentos investigativos para garantir a consolidação de técnicas e estratégias

genéricas de investigação (GRUSHOW *et al.*, 2022; WELLHÖFER; LÜHKEN, 2022). É necessário um equilíbrio entre o *design* adotado e as recomendações da literatura, proporcionando relevância para ambas motivação e habilidades investigativas.

Pela perspectiva motivacional, abordar tanto conteúdo conceitual por meio de 9 experimentos investigativos não foi relevante para os alunos, dada a redução da intensidade das motivações autônomas, apesar do perfil motivacional não sofrer alteração ao longo da intervenção – apenas no início, quando a regulação identificada passou a predominar no perfil. Apesar da literatura reportar que os experimentos investigativos despertam o interesse e a curiosidade do aluno, e aumentam sua motivação e engajamento (CARVALHO, 2010, 2013, 2018; HOFSTEIN; KIND, 2011; CLEMENT; CUSTÓDIO; ALVES, 2015; MORAES; TAZIRI, 2019; FERREIRA *et al.*, 2022), é necessário considerar todos os fatores levantados anteriormente que também envolvem a motivação dos estudantes, como fornecer um tempo para sua adaptação e ensinar ferramentas e estratégias genéricas de investigação.

A discussão sobre os elementos do *design* demonstrou que a literatura reporta diversos fatores de *design* investigativos que afetam a motivação dos estudantes e, após realizar a análise de diferentes elementos da intervenção, percebe-se que há muitos fatores que afetam a motivação dos estudantes (SEVERO, 2014; RYAN; DECI, 2017) e que são tão importantes quanto a quantidade de experimentos investigativos abordados.

Como não é possível realizar uma reforma curricular com facilidade (*i.e.*, adequar o contexto de ensino ao *design*), o *redesign* da intervenção deve sofrer uma redução na quantidade total de experimentos investigativos abordados com os licenciandos, seja por meio da redução da quantidade de SEIs ou pela redução da quantidade de experimentos em cada SEI (*i.e.*, adequar o *design* ao contexto).

Ao reduzir a quantidade de experimentos investigativos no *design* da intervenção, vários pontos levantados anteriormente seriam reforçados. Ao introduzir atividades pré e pós laboratório, pode-se: i) auxiliar os alunos a se adaptarem à mudança cultural no ambiente educacional; ii) promover ainda mais a alteração da postura passiva para a ativa; e iii) realizar a etapa de sistematização dos conhecimentos descrita pela Carvalho (2013). Também facilitaria a aplicação das aulas pré-intervenção destinadas a: iv) introduzir os alunos ao ensino por investigação, mostrar suas vantagens e desvantagens, além de compará-lo com o

ensino tradicional; v) demonstrar as vantagens de se envolver ativamente com a aprendizagem; vi) exercitar estratégias genéricas de análise de problemas, levantamento de hipóteses e elaboração de procedimento experimental. Como foi dito anteriormente, apesar do contexto da disciplina LEQG fornecer maior foco para a experimentação, Carvalho (2013) afirma que não há necessidade de sempre abordar investigações científicas pela empiria, dado que ela elaborou graus de liberdade intelectual para outros tipos de atividades investigativas que não são laboratoriais (CARVALHO, 2018).

Dentre as duas propostas de *redesign* relacionadas à redução do número de SEIs ou à redução do número de experimentos por SEI, ambas reduziram o número total de atividades da intervenção de nove para seis experimentos investigativos, entretanto, recomenda-se a primeira proposta. Muitos *designs* interventivos reportados na literatura utilizam de 3-4 experimentos para um único tópico da ciência, objetivando a aprendizagem conceitual de qualidade e o desenvolvimento de habilidades investigativas. Também há *designs* investigativos que alocam experimentos pontuais, entretanto, dada a complexidade do conhecimento e das habilidades científicas desenvolvidas com universitários, acredita-se que manter o número de experimentos em uma SEI seja mais adequado.

Além disso, manter algum grau de conexão entre os experimentos investigativos é uma recomendação de Carvalho (2010, 2013), de maneira que a redução do número de experimentos poderia prejudicar a performance de um aluno durante a SEI. Por outro lado, variar rapidamente de uma SEI para outra pode ser prejudicial para a motivação, pois é necessário que o aluno sinta seu próprio desenvolvimento de maneira contínua (RYAN; DECI, 2017), então uma SEI curta poderia ser prejudicial. Demonstrar uma variedade de experimentos investigativos interconectados por um tópico do conhecimento também pode estimular as motivações autônomas, facilitando o processo de internalização (DECI; RYAN, 2000; RYAN; DECI, 2017).

Assim, recomenda-se que haja uma redução do número de SEIs da intervenção de três para duas. Com base nos dados da intervenção, a SEI de cinética química foi a que apresentou a menor variação motivacional dos estudantes, já a SEI de termoquímica apresentou a maior variação negativa enquanto a SEI de eletroquímica apresentou a maior variação positiva. Assim, propõe-se que a SEI de cinética química seja retirada.

Recomenda-se manter a SEI de termoquímica para analisar como o *redesign* e a redução dos graus investigativos da primeira SEI auxiliariam na manutenção da motivação dos estudantes. A literatura reporta que certas turmas sofrem um choque com a mudança cultural de metodologias de ensino, então manter a SEI de termoquímica após o *redesign* seria essencial para fins de análise comparativa. Já os dados motivacionais obtidos após a SEI de eletroquímica reportaram um aumento na motivação dos estudantes, então recomenda-se mantê-lo para análise.

Entretanto, não há um *design* universal que seja adequado a todo e qualquer contexto de ensino, cabendo ao professor e/ou pesquisadores analisarem os conhecimentos prévios dos alunos para tomar uma decisão pontual e adequada ao seu contexto de ensino. Reitera-se que a retirada a SEI de cinética química é embasada exclusivamente nos dados motivacionais.

Com base no contexto de ensino que suportou a aplicação da intervenção pedagógica investigativa, pode-se supor que não há relevância para os alunos engajarem em diversos experimentos investigativos, dada a alta carga curricular da disciplina e a redução das motivações autônomas. Além disso, os ingressantes apresentaram o melhor perfil motivacional reportado por Gillet, Morin e Reeve (2017), caracterizado por uma elevada estabilidade. A literatura reporta que é comum encontrar alunos ingressantes em curso de formação de professores altamente motivados, ou seja, por uma perspectiva motivacional, também não há tamanha relevância em abordar tantas investigações complexas com os alunos para aumentar sua motivação se estes sujeitos já são altamente motivados.

Para fins adaptativos, acredita-se que reduzir o grau investigativo da 1ª SEI também seja vantajoso para a motivação dos estudantes; desenvolver autoconfiança e o exercício da autonomia de pensamento é essencial para o bem-estar psicológico dos estudantes e, conseqüentemente, para o engajamento, aprendizagem e desenvolvimento de habilidades investigativas (CARVALHO, 2013; CLEMENT; CUSTÓDIO; ALVES, 2015; RYAN; DECI, 2017; MORAES; TAZIRI, 2019).

Para finalizar a discussão, abaixo se encontra o Quadro 6 que resume as principais mudanças sugeridas para o *redesign* da intervenção, e o Quadro 7 que resume as particularidades positivas da intervenção pela perspectiva motivacional.

**Quadro 6** – Resumo das sugestões de *redesign* para a intervenção pedagógica investigativa.

1. Reduzir a quantidade de SEIs de três para somente duas (redução de 9 experimentos investigativos para 6);
--

2. Reduzir os graus investigativos da 1ª SEI (facilitar a adaptação dos alunos, desenvolver habilidades investigativas e estimular a autoconfiança);
3. Realizar a etapa de sistematização do conhecimento após as investigações laboratoriais;
4. Fornecer ferramentas e estratégias investigativas basilares antes de iniciar as atividades investigativas e exercitá-las com os alunos;
5. Expor os pontos positivos e negativos da abordagem tradicional verificativa e da investigativa;
6. Mostrar as vantagens de se engajar na aprendizagem ativa;
7. Estabelecer funções para os membros dos grupos para aumentar o engajamento individual.

**Fonte:** Elaboração própria.

**Quadro 7** – Resumo das particularidades positivas do *design* da intervenção investigativa.

1. Modulação da ação docente atrelada ao grau de liberdade intelectual;
2. Progressão dos graus liberdade intelectual em cada SEI;
3. Fornecimento de <i>feedback</i> variado;
4. Realização de aulas pré-laboratoriais para fornecer bases conceituais;
5. Gerenciamento do tempo laboratorial auxiliado por parte do docente da disciplina;
6. Desenvolvimento de experimentos simples e acessíveis financeira e operacionalmente;
7. Permitir que os alunos escolhessem os membros de seus grupos laboratoriais (estímulo para a necessidade de pertencimento);
8. Presença explícita de elementos de <i>design</i> relacionados aos conceitos de NdC e NiC.

**Fonte:** Elaboração própria.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa situou-se na elaboração e análise de uma intervenção pedagógica investigativa inédita para o contexto nacional de ensino de química em nível superior. Tal proposta interventiva foi embasada em referenciais teóricos e metodológicos robustos, como a abordagem de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) de Carvalho (2013), nos conceitos de Lederman (2006) sobre Natureza da Ciência (NdC) e na epistemologia bachelardiana. O *design* da intervenção foi sustentado por três SEIs designadas aos tópicos de termoquímica, cinética química e eletroquímica e aplicado em uma disciplina dos alunos do primeiro ano do curso de Licenciatura em Química do Instituto de Química da UNESP, campus de Araraquara. À luz do embasamento de Carvalho e da Teoria da Autodeterminação (TAD), analisamos como a intervenção investigativa afetou as orientações motivacionais e o perfil motivacional dos alunos, destacando os principais elementos do *design* que possivelmente causaram alguma influência sobre a classe.

A intervenção pedagógica investigativa foi elaborada após uma extensa análise da literatura e do contexto de ensino do IQ/Ar, quando constatou-se que os experimentos tradicionais verificativos, suportados pelos moldes *cookbooks*, são potenciais desestimulantes para as motivações dos estudantes em ensino superior. Após a decisão de intervir no ambiente educacional, selecionamos os referenciais que embasariam todo o processo de produção da intervenção e optamos por analisar as influências do *design* da intervenção sobre o perfil motivacional dos alunos por meio da perspectiva psicológica da TAD, reconhecida internacionalmente por suas aplicações relevantes nas pesquisas educacionais.

Dedicamos um capítulo para a análise do referencial teórico psicológico, demonstrando seus princípios, suas aplicações e as relações entre a motivação e a aprendizagem. Prosseguimos para descrever o referencial metodológico, tecendo críticas à adequação da proposta de SEI de Carvalho (2013) para o ensino superior e, finalmente, adaptando tal proposta para nosso contexto de ensino.

Após nos aprofundarmos nos referenciais teóricos e metodológicos que sustentaram toda a fundamentação, aplicação e análise da intervenção, descrevemos detalhadamente o *design* da proposta interventiva, de acordo com o embasamento fornecido pelo DBR-Collective (2003) e por Kneubil e Pietrocola (2017).



Finalmente, os dados coletados por meio do questionário SIMS foram analisados com o intuito de encontrar as relações entre a intervenção pedagógica, as orientações motivacionais dos alunos e o perfil motivacional da classe, elencando os elementos de *design* que provavelmente afetaram nessa característica psicológica inata do ser humano. Em posse dessas análises, tecemos a conclusão de que a intervenção, apesar de não ter atendido positivamente as questões de pesquisa, se relevou como satisfatória para a motivação dos alunos.

A motivação dos estudantes antes de iniciar a intervenção já estava estimulada, com baixa intensidade das motivações controladas e alta magnitude das motivações autônomas, com predomínio da motivação intrínseca. Após iniciar a intervenção, a regulação identificada predominou no perfil motivacional durante todo o período investigativo. Apesar de marcada por uma pequena redução das motivações autônomas e um aumento das motivações controladas, a intervenção se mostrou neutra para o perfil motivacional dos estudantes que foi caracterizado como um perfil autônomo (GILLET; MORIN; REEVE, 2017).

As orientações motivacionais da classe foram influenciadas principalmente no início da intervenção, quando observou-se uma redução das motivações autônomas acompanhada de um aumento das orientações controladas, e ao final da intervenção, quando a motivação foi estimulada pelo *design* dos experimentos. Acredita-se que a primeira SEI desestimulou a motivação dos estudantes principalmente devido à falta de familiaridade dos estudantes com os moldes investigativos; é comum observar-se uma redução na autoconfiança e na necessidade de competência dos estudantes no início de intervenções investigativas, pois os alunos precisam se adaptar a mudança educacional (DESLAURIERS *et al.*, 2019). Por outro lado, a terceira e última SEI estimulou a motivação dos estudantes, dado que observou-se um aumento das motivações autônomas e uma redução das controladas; dado o valor da regulação identificada observado ao final dessa SEI, acredita-se que os estudantes integraram os valores da nossa intervenção aos seus valores próprios. Também acreditamos que o *design* dessa SEI influenciou bastante, pois a conectividade contextual entre experimentos é um elemento que desperta o interesse e estimula a motivação intrínseca.

Em linhas gerais, pode-se afirmar que a busca por recompensas externas, pela aprovação na disciplina e/ou por motivos egóicos sempre foram objetivos secundários para os alunos, enquanto os objetivos priorizados por eles estavam

relacionados a instigar o interesse e internalizar os valores do conhecimento químico e das habilidades científicas. Podemos traçar tais afirmações, dado que as motivações autônomas se mantiveram significativamente acima da regulação externa durante todos os momentos da intervenção.

É comum encontrar alunos ingressantes em curso superior altamente motivados no cenário nacional, inclusive nos cursos de formação de professores (BORUCHOVITCH, 2008; LEAL; MIRANDA; CARMO, 2013; ARAÚJO, 2015; OLIVEIRA; GOIS, 2020a), tornando difícil estimular ainda mais um perfil motivacional autônomo. Dada a alta complexidade de fatores socioculturais e individuais que influenciam na motivação dos alunos, intervir positivamente na motivação exclusivamente por meio de fatores ambientais do contexto educacional é uma tarefa árdua que necessita de engenhosidade e de muito conhecimento acerca do contexto de ensino (GILLET; MORIN; REEVE, 2017; RYAN; DECI, 2017).

Por isso, afirmamos que o *design* da intervenção se mostrou neutro perante o perfil motivacional dos estudantes, mesmo afetando negativamente as orientações motivacionais, dado que a variação de intensidade foi pequena ao comparar os momentos inicial e final. Em outras palavras, apesar de sofrer uma pequena redução nos níveis motivacionais, o perfil da classe não se alterou. O perfil autônomo observado nos sujeitos de pesquisa apresenta os melhores resultados para a aprendizagem e desenvolvimento de habilidades em contexto de ensino, pois está altamente relacionado à expressão de comportamentos positivos em ambientes educacionais (GILLET; MORIN; REEVE, 2017).

Tais resultados implicam que o sucesso da aplicação de uma intervenção investigativa é dependente do contexto de ensino e, dessa forma, a pesquisa pautada na DBR foi essencial nesse sentido, pois permitiu avaliar a intervenção com base nos *princípios de design* que a sustentaram. Dado que não há moldes universais para a metodologia investigativa que garantam uma aprendizagem de qualidade e o desenvolvimento de habilidades científicas, é necessário propor sugestões para o *redesign* da intervenção e refiná-lo dentro de um único contexto de ensino-aprendizagem. Dessa forma, o *redesign* foi orientado para facilitar a adaptação dos alunos aos moldes investigativos e para estimular sua autoconfiança.

Embasado na DBR e nos *princípios de design*, compreendemos que uma abordagem de 9 experimentos investigativos em uma disciplina com currículo disciplinar carregado não é relevante para a motivação dos estudantes. Pode ser

que tal abordagem tenha desenvolvido as habilidades investigativas dos alunos e estimulado a aprendizagem conceitual, entretanto, pela perspectiva motivacional, tal *design* não foi estimulante.

Ao levantar os pontos positivos e as fragilidades do *design*, optamos por manter os pontos fortes e reestruturar certos elementos que possivelmente influenciaram negativamente na intervenção. Destacamos aqui os pontos principais: i) redução da quantidade de SEIs de três para somente duas; ii) adequar o tempo para implementar atividades pós-laboratório com os estudantes para auxiliar na sistematização dos conhecimentos e habilidades; iii) redução do nível investigativo da 1ª SEI para facilitar a transição dos alunos de experimentos verificativos para investigativos; e iv) introduzir os alunos às estratégias e ferramentas genéricas de investigação antes de iniciar a intervenção.

Todos os pontos levantados anteriormente são destinados à manutenção da autoconfiança dos estudantes e ao estímulo da necessidade de competência, sendo reportada na literatura como a principal característica psicológica afetada no início de intervenções investigativas (DESLAURIERS *et al.*, 2019). Aumentar a autoconfiança dos estudantes também estimula os alunos a exercerem maior autonomia de pensamento e tomarem decisões críticas, dado que as necessidades psicológicas estão parcialmente interligadas entre si (RYAN; DECI, 2000, 2017). Os comportamentos associados a resultados positivos em ambientes educacionais como o engajamento estão fortemente associados à aprendizagem de qualidade também (RYAN; DECI, 2017, 2020). Por isso a nossa preocupação em facilitar a transição e adequação dos estudantes aos moldes investigativos da melhor maneira possível, principalmente se considerarmos o cenário nacional que ainda está demorando para se afastar da metodologia de ensino centrada no professor. Dado o contexto de ensino nacional, são poucos os alunos que participaram de quaisquer metodologias ativas durante a educação básica e, quando ingressam no ensino superior, esse número é reduzido dada a forte tradição de experimentos verificativos nas disciplinas laboratoriais presentes nos cursos de ciências exatas.

Pontuamos que a proposta de SEI de Carvalho, após sua adaptação para o Ensino Superior, em conjunto com os outros *princípios de design* basilares fundamentaram o desenvolvimento de uma estratégia bastante intrigante para ser utilizada em disciplinas introdutórias de química, principalmente após os aperfeiçoamentos sugeridos. Os novos moldes do *redesign* também podem ser

eficazes em disciplinas experimentais mais avançadas, dada a robusta fundamentação dos referenciais teóricos e metodológicos adotados. Em linha gerais, a estrutura da intervenção de três pilares que combinou o Ensino por Investigação, a epistemologia bachelardiana e as noções de NdC se mostrou satisfatório perante uma análise da perspectiva motivacional dos estudantes envolvidos.

Das muitas abordagens e metodologias ativas existentes, a combinação dos elementos acima foram escolhidos por vários motivos, como: providenciarem uma lente para interpretar o ambiente educacional; o caráter construtivista centrado no aluno; a implementação de situações-problemas como guias para centralizar o ensino no aluno; a promoção de habilidades investigativas significativas para a vida profissional; o desenvolvimento do espírito científico e de noções informas de NdC; o aumento da autoconfiança do aluno; a adaptabilidade da proposta interventista a diferentes contextos de ensino. Para programas de pesquisas na área da educação, esta pesquisa, além de fornecer um molde robusto para atividades investigativas em nível superior de ensino, demonstra os benefícios de levar em consideração as respostas motivacionais dos estudantes ao se engajarem em atividades investigativas.

Com a realização desta pesquisa, algumas limitações foram notadas. Por exemplo, os dados obtidos para este estudo foram embasados em instrumentos quantitativos de autorrelato, que limitam a análise qualitativa da motivação e estão propensos à obtenção de respostas socialmente desejáveis. Assim, destacamos a necessidade de que futuras pesquisas possam valer de instrumentos mais qualitativos, como a execução de entrevistas e, principalmente, de métodos de observação comportamental. Por outra perspectiva, a falta de pesquisas motivacionais na área da educação de ciências não permitiu verificar os resultados com os achados nacionais. Por fim, os dados obtidos nessa pesquisa não são generalizáveis, dado que toda a intervenção foi estruturada em função do contexto de ensino e que a amostragem de sujeitos de pesquisa é pequena.

A realização dessa intervenção pedagógica investigativa permitiu o levantamento de algumas ideias para possível continuidade dessa pesquisa no doutorado. Por exemplo, em posse da análise motivacional, poderíamos realizar uma análise da aprendizagem conceitual e triangular ambas, buscando a existência de fatores correlacionais ou causais.

## REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S.; DUSCHL, R.; LEDERMAN, N. G.; MAMLOK-NAAMAN, R.; HOFSTEIN, A.; NIAZ, M.; TREAGUST, D.; TUAN, H-L. Inquiry in science education: International perspectives. **Science Education**, v. 88, n.3, p. 397 - 419, 2004.
- ABRAHAMS, I.; MILLAR, R. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 14, p. 1945 - 1969, 2008.
- AGUSTIAN, H. Y.; FINNE, L. T.; JORGENSEN, J. T.; PEDERSE, M. I.; CHRISTIANSEN, F. V.; GAMMELGAARD, B.; NIELSEN, J. A. Learning outcomes of university chemistry teaching in laboratories: A systematic review of empirical literature. **Review of Education**, v. 10, n. 2, p. 1 – 41, 2022.
- ARAÚJO, I. R. **A motivação de licenciandos em música sob a perspectiva da teoria da autodeterminação**. 2015. 141 f. Dissertação (Mestrado em Música) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- ARRIGO, V.; SOUZA, M. C. C.; BROIETTI, F. C. Elementos caracterizadores de ingresso e evasão em um curso de licenciatura em Química. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 243 – 262, 2017.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BACHELARD, G. **Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316p.
- BANCROFT, S. F.; JALAEIAN, M.; JOHN, S. R. Systematic review of flipped instruction in undergraduate chemistry lectures (2007–2019): Facilitation, independent practice, accountability, and measure type matter. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 7, p. 2143 – 2155, 2021.
- BARR, C. A.; BRODEUR, D. R.; KUMAR, U.; HEILMAN, D. W. Integrating authentic research, peer learning, and high-impact project work into the General Chemistry Laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 12, p. 3899 – 3905, 2022.
- BATISTA, L. S.; WENZEL, J. S. O que dizem as pesquisas acerca da motivação para o ensino de química? **Revista Vivências**, v. 17, n. 32, p. 57 – 67, 2021.
- BAYRAM, Z.; OSKAY, O. O.; ERDEM, E.; OZGUR, S. D.; SEN, S. Effect of inquiry based learning method on students' motivation. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 106, p. 988 – 996, 2013.
- BEGO, A. M.; FERRARI, T. B. Por que escolhi fazer um curso de licenciatura? Perfil e motivação dos ingressantes da UNESP. **Química Nova**, v. 41, n. 4, p. 457 – 467, 2018.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30 - 59, 2014.
- BLACK, A. E.; DECI, E. L. The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: a Self-determination Theory perspective. **Science Education**, v. 84, n. 6, p. 740 - 756, 2000.

BOICHÉ, J.; SARRAZIN, P. G.; GROUZET, F. M. E.; PELLETIER, L. G.; CHANAL, J. Students' motivational profiles and achievement outcomes in physical education: A self-determination perspective. **Journal of Educational Psychology**, v. 10, p. 688 – 701, 2008.

BOPEGEDERA, A. M. R. P. Putting the laboratory at the center of teaching chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 4, p. 443 – 448, 2011.

BORUCHOVITCH, E. A motivação para aprender de estudantes em cursos de formação de professores. **Educação**, Porto Alegre, v. 31, n. 1, p. 30-38, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 196**, de 10 de outubro de 1996. Dispõe sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 16 out. 1996.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466**, de 12 de dezembro de 2012. Dispõe sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 jun. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parecer CNE/CP 009/2001**, de 08 de maio de 2001. Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CP nº 2**, de 01 de julho de 2015. Brasília, 2015.

BUCHANAN, S. M. C.; HARLAN, M. A.; BRUCE, C.; EDWARDS, S. Inquiry based learning models, information literacy, and student engagement: A literature review. **School Libraries Worldwide**, v. 22, n. 2, p. 23 - 39, 2016.

CAMPOS, J. G.; KALHIL, J. B. Uma análise crítica da literatura nacional sobre o Ensino de Ciências por Investigação. **Revista Ciências & Ideias**, v. 10, n. 3, p. 152 – 177, 2019.

CANUTO, V. R. **Fatores extrínsecos e intrínsecos que motivam a permanência dos alunos do curso em tecnologia em hotelaria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará com base na teoria da autodeterminação**. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão da Educação) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 401 – 404, 2000.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: Carvalho, A. M. P. (org) **Ensino de Física**. Coleção Ideias em ação. São Paulo: Cengage Learning, 2010, p. 53-78.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A.M.P. (Org). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Capítulo 1, p. 1 - 20.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765 - 794, 2018.

CARVALHO, A. M. P; SASSERON, L. H. Sequências de Ensino Investigativas - SEIS: o que os alunos aprendem? In: TAUCHEN, G. SILVA, J. A. **Educação em Ciências: epistemologias, princípios e ações educativas**. Curitiba: Editora CRV, p. 151-172, 2012.

CARVALHO, W.; STANZANI, E.L.; PASSOS, M.M. A motivação no Ensino de Ciências: análise de dez anos de trabalhos apresentados no ENPEC. **ACTIO**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 97 – 114, 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/6820/4630>. Acesso em: 26 nov. 2019.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Química**. 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013.

CICUTO, C. A. T.; TORRES, B. B. Implementing an active learning environment to influence students' motivation in Biochemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 6, p. 1020 – 1026, 2016.

CLEMENT, L.; CUSTÓDIO, J. F.; ALVES, J. P. A. Potencialidades do Ensino por Investigação para Promoção da Motivação Autônoma na Educação Científica. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 101 – 129, 2015.

CORRÊA, R. G. **Estudo do Perfil Motivacional para o Aprendizado de Química**. 2009. 160 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

DAITX, A. C.; LOGUERCIO, R. Q.; STRACK, R. Evasão e retenção escolar no curso de licenciatura em química do instituto de química da UFRGS. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 153 – 178, 2016.

DANNER, F. W.; LONKY, E. A cognitive-developmental approach to the effects of rewards on intrinsic motivation. **Child Development**, v. 52, n. 3, p. 1043 – 1052, 1981.

DBR-Collective. Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. **Educational Research**, v. 32 (1), p. 5 - 8, 2003.

DEBOER, G.E. Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. **Scientific Inquiry and Nature of Science**. Netherlands: Springer, 2006. Capítulo 2, p. 17 - 35.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. Self-determination theory: When mind mediates behavior. **Journal of Mind and Behavior**, v. 1, n. 1, p. 33 – 43, 1980.

DECI, E. L.; NEZLEK, J.; SHEINMAN, L. Characteristics of the rewarder and intrinsic motivation of the rewardee. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 40, n. 1, p. 1 – 10, 1981.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. The basis of self-determination: Intrinsic motivation and integrated internalizations. **Academic Psychology Bulletin**, v. 5, n. 1, p. 21 – 29, 1983.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. The general causality orientations scale: Self-determination in personality. **Journal of Research in Personality**, v. 19, n. 2, p. 109-134, 1985.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. **Psychological Inquiry**, v. 11, p. 227 - 268, 2000.

DESLAURIERS, L.; McCARTY, L. S.; MILLER, K.; CALLAGHAN, K.; KESTIN, G. Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. **Applied Physical Sciences**, v. 116, n. 39, p. 19251 – 19257, 2019.

DOMIN, D. S. A review of laboratory instruction styles. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 4, p. 543 - 547, 1999.

DUSCHL, R. A. Assessment of Inquiry. *In: Everyday Assessment in the Science Classroom*. Arlington: National Science Teacher Association, 2003, p. 41 – 59.

FAITANINI, B. D.; BRETONES, P. S. A análise da motivação de alunos a partir de um processo de escolha, preparação e apresentação de experimentos de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 21, p. 1 – 33, 2021.

FERREIRA, D. M.; SENTANIN, F. C.; PARRA, K. N.; BONINI, V. M. N.; CASTRO, M.; KASSEBOEHMER, A. C. Implementation of Inquiry-Based Science in the Classroom and Its Repercussion on the Motivation to Learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 99, n. 2; p. 578 – 591, 2022.

FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 164p.

FLICK, L.B.; LEDERMAN, N.G. **Scientific Inquiry and Nature of Science**. Netherlands: Springer, 2006, 454p.

FRIESEN, S.; SCOTT, D. **Inquiry-based learning literature review**, 2013. Disponível em: <https://galileo.org/focus-on-inquiry-lit-review.pdf>

FRINGER, V. S.; FARLEY, E. R.; MANDERY, K.; BADGER, M.; JOHNSON, C.; HANSON, K.; ZAMZOW, M.; ARMSTRONG, Z.; LeBOURGEOIS, L.; BIBELNIEKS, T.; WAINMAN, J. W. Steps in the Right Direction: A Quasi-experimental Comparison of an Inquiry-Based and a Traditional First-Year Laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 99, n. 12, p. 3923 – 3931, 2022.

GALLOWAY, K. R.; MALAKPA, Z.; BRETZ, S. L. Investigating affective experiences in the undergraduate chemistry laboratory: students' perceptions of control and responsibility. *Journal of Chemical Education*, v. 93, p. 227 - 238, 2016.

GAMBOA, V.; VALADAS, S.; PAIXÃO, O. Validação da versão portuguesa da Situational Motivation Scale (SIMS) em contextos acadêmicos. *Avances en Psicología Latinoamericana*, v. 35, n. 3, p. 547 – 557, 2017.

GEIGER, M. Implementing POGIL in allied health chemistry courses: insights from process education. *International Journal of Process Education*, v. 2, n. 1, p. 19 – 34, 2010.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v.7, n. 2, p. 125 - 153, 2001.

GIL, E. S.; GARCIA, E. Y. A.; LINO, F. M. A.; GIL, J. L. V. Estratégias de ensino e motivação de estudantes no Ensino Superior. *Vila et Sanitas*, v. 6, n. 1, p. 57 – 81, 2012.

GILLET, N.; MORIN, A. J. S.; REEVE, J. Stability, change, and implications of students' motivation profile: a latent transition analysis. *Contemporary Educational Psychology*, v. 51, p. 222 – 239, 2017.

GORMALLY, C.; BRICKMAN, P.; HALLAR, B.; ARMSTRONG, N. Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, v. 3, n. 2, p. 1 - 22, 2009.

GRUSHOW, A. Students Thinking Like Physical Chemists Using an Inquiry-Based NMR Experiment. *Journal of Chemical Education*, v. 99, n. 12, p. 4149 – 4153, 2022.



GRUSHOW, A.; HUNNICUTT, S. S.; MUÑIZ, M. N.; REISNER, B. A.; SCHAEERTEL, S.; WHITNELL, R. A Community's Vision of Instruction in the Chemistry Laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 12, p. 3811 – 3813, 2022.

GUAY, F.; VALLERAND, R. J.; BLANCHARD, C. On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS). **Motivation and Emotion**, v. 24, n. 3, p. 175 - 213, 2000.

GUIMARÃES, S. E. R.; BZUNECK, A. J.; SANCHES, S. F. Psicologia Educacional nos cursos de licenciatura: a motivação dos estudantes. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 6, p. 11-19, 2002.

HARRISON, C. Assessment of Inquiry Skills in the SAILS Project. **Science Education International**, v. 25, n. 1, p. 112 – 122, 2014.

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.; LUNETTA, V. N. The Laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28 - 54, 2004.

HOFSTEIN, A.; KIND, P. M. Learning in and from science laboratories. IN: FRASER, B. J.; TOBIN, K.; McROBBIE, C. J. **Second International Handbook of Science Education**. The Netherlands: Springer Netherlands, p. 189 - 207, 2011.

HOFSTEIN, A. The role of laboratory in science teaching and learning. IN: TABER, K.S.; AKPAN, B. **Science Education: An International Course Companion**. The Netherlands: Sense Publishers, p. 357 - 368, 2017.

HOLME, T. A.; LUXFORD, C. J.; BRANDRIE, A. Defining conceptual understanding in General Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 92, p. 1477 – 1483, 2015.

JALIL, P. A. A procedural problem in laboratory teaching: experiment and explain, or vice-versa? **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 1, p. 159 - 163, 2006.

JANG, H.; REEVE, J.; DECI, E. L. Engaging students in learning activities: It is not autonomy support or structure, but autonomy support and structure. **Journal of Educational Psychology**, v. 102, n. 3, p. 588 – 600, 2010.

JOHNSON, R. B.; ONWUEGBUZIE, A. J.; TURNER, L. A. Toward a definition of mixed methods research. **Journal of Mixed Methods Research**, v. 1, n. 2, p. 112 – 133, 2012.

JÚNIOR, S. D. S.; COSTA, F. J. Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion. In: XVII Seminários em Administração. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2014, p. 1 – 15.

KASSEBOEHMER, A. C.; FERREIRA, L. H. O método investigativo em aulas teóricas de Química: estudo das condições da formação do espírito científico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 144 – 168, 2013.

KASSEBOEHMER, A. C.; GUZZI, M. E. R.; FERREIRA, L. H. Participação de estudantes em atividades investigativas: a influência do ambiente escolar para a motivação. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI). **Anais...** Salvador, 2012, p. 1 - 11.

KANFER, R.; CHEN, G. Motivation in organizational behavior: History, advances and prospects. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 136, p. 6 – 19, 2016.

KELLER, J. M. **Motivational Design for Learning and Performance**. New York: Springer, 2010.

KIND, P.; KIND, V.; HOFSTEIN, A.; WILSON, J. Peer argumentation in the School Science Laboratory – Exploring effects of task features. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 18, p. 2527 - 2558, 2011.

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. 01 – 16, 2017.

LEAL, E.A.; MIRANDA, G.J.; CARMO, C.R.S. Teoria da Autodeterminação: uma Análise da Motivação dos Estudantes do Curso de Ciências Contábeis. **Revista Contabilidade & Finanças**. USP, São Paulo, v. 24, n. 62, p. 162-173, 2013.

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.

LIN, S.; BURNETT, M. E.; TEICHERT, M. A. Incorporating Guided-Inquiry Experimental Design into a Traditional Buffer Titration Experiment. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 12, p. 3906 – 3914, 2022.

LOPES, T.V. **Fatores intrínsecos e extrínsecos que interferem na motivação de aprendizagem em estudantes em EaD**. 2018. 71 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado Profissional em Controladoria e Finanças). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

MALHEIROS, B T. **Metodologia da pesquisa em educação**. 1ed. LTC Editora, 2011. 276p.  
MASSI, L.; VILLANI, A. Um caso de contratendência: baixa evasão na licenciatura em química explicada pelas disposições e integrações. **Educação e Pesquisa**, v. 41, n. 4, p. 975 – 992, 2015.

MATTHEWS, M. Construtivismo e o Ensino de Ciências: Uma avaliação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 3), p.270 – 294, 2000.

MAZZETTO, S. E.; BRAVO, C. C.; CARNEIRO, S. Licenciatura em química da UFC: perfil sócio-econômico, evasão e desempenho dos alunos. **Química Nova**, v. 25, n. 6B, p. 1204 – 1210, 2002.

McMILLAN, J; SCHUMACHER, S. **Evidence-Based Inquiry**. Harlow: Pearson Education Limited, 2014.

MEC, Ministério da Educação (2017). **Base Nacional Comum Curricular**, Brasília: Secretaria da Educação Básica.

MINDERHOUT, V.; LOERTSCHER, J. Lecture-free biochemistry - a Process Oriented Guided Inquiry Approach. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 35, n. 3, p. 172 – 180, 2007.

MIZUKAMI, M. G. N. Abordagem tradicional. *IN: Ensino: As abordagens do processo*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1986. Capítulo 1, p. 7 – 19.

MOHAMED, A-R. Effects of active learning variants on student performance and learning perceptions. **International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning**, v. 2, n. 2, p. 1 – 15, 2008.

MOOZEH, K.; FARMER, J.; TIHANYI, D.; NADAR, T.; EVANS, G. J. A prelaboratory framework toward integrating theory and utility value with laboratories: student perceptions on learning and motivation. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 8, p. 1548 – 1557, 2019.

MORAES, V. R. A.; TAZIRI, J. A motivação e o engajamento de alunos em uma atividade na abordagem do Ensino de Ciências por Investigação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 72 – 89, 2019.

MORAES, R. S.; WEBBER, C. G. Uso das Tecnologias da Informação na Motivação dos Alunos para as Aulas de Química. **Scientia Cum Industria**, v. 5, n. 2, p. 95 – 102, 2017.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011. 243p.

MOROZ, M. G.; GIANFALDONI, M. H. T. A. **O Processo de Pesquisa: Iniciação**. 2 ed. Brasília: Liber Livro Editora, 2006. 124p.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: Calor e temperatura no ensino de termoquímica. **Química Nova na Escola**, v. 7, p. 30 – 34, 1998

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013.

MOURATIDIS, A. VANSTEENKISTE, M. LENS, W. SIDERIDIS, G. D. The motivating role of positive feedback in sport and physical education: evidence for a motivational model. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 30, n. 2, p. 240 – 268, 2008.

MUNDY, C.; POTGIETER, M. Refining Process-Oriented Guided Inquiry Learning for chemistry students in an academic development programme. **African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education**, v. 23, n. 2, p. 145 – 156, 2019.

NOGUEIRA, K. S. C.; GOES, L. F. D.; FERNANDEZ, C. O estado da arte sobre o ensino de reações redox nos principais eventos na área de educação no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 410 - 434, 2017.

NOVAES, F. J. M.; AGUIAR, D. L. M.; BARRETO, M. B.; AFONSO, J. A. Atividades experimentais simples para o entendimento de conceitos de cinética enzimática: *Solanum tuberosum* – uma alternativa versátil. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 27 – 33, 2013

OLIVEIRA, R. C.; GOIS, J. Motivação de ingressantes de licenciatura em Química no IFSP. **Actio**, v. 5, n. 3, p. 1 – 23, 2020a.

OLIVEIRA, R. C.; GOIS, J. Motivação para permanência e êxito dos licenciandos em Química no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. **Revista Prática Docente**, v. 5, n. 2, p. 999 – 1018, 2020b.

OLIVEIRA, R. C.; GOIS, J. Motivação dos licenciandos em Química no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. **Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 2, p. 127 – 141, 2020c.

PEDASTE, M.; MAEOTS, M.; SIIMAN, L. A.; JONG, T.; VAN RIESEN, S. A. N.; KAMP, E. T.; MANOLI, C. C.; ZACHARIA, Z. C.; TSOURLIDAKE, E. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47 – 61, 2015.

PINTHONG, C.; CHAIYEN, P.; MAENPUEN, S.; CHENPRAKHON, P. Inquiry-Based Laboratories for Students to Investigate the Concepts of Acid-Base Titration, pKa, Equivalence Points, and Molar Absorption Coefficients. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 12, p. 4008 – 4015, 2022.

PONTES, A. N., SERRÃO, C. R. G., FREITAS, C. K. A., SANTOS, D. C. P., & BATALHA, S. S. A. O ensino de química no nível médio: um olhar a respeito da motivação. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. **Anais...** Curitiba, 2008, p. 1 – 10.

QURESHI, S.; VISHNUMOLAKALA, V. K.; SOUTHAM, D. C.; TREAGUST, D. V. Inquiry-based chemistry education in a high-context culture: a Qatari case study. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 15, p. 1017 – 1038, 2017.

RATELLE, C. F., GUAY, F., VALLERAND, R. J., LAROSE, S., & SENÉCAL, C. Autonomous, controlled, and amotivated types of academic motivation: A person-oriented analysis. **Journal of Educational Psychology**, v. 99, p. 734 – 746, 2007.

REEVE, J.; TSENG, C.-M. Cortisol Reactivity to a teacher's motivating style: The biology of being controlled versus supporting autonomy. **Motivation and Emotion**, v. 35, n. 1, p. 63 – 74, 2011.

REITH, M.; NEHRING, A. Fostering Scientific Reasoning Competencies in Undergraduate Laboratories Using "Classical" Kinetics Experiments. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 12, p. 3915 – 3922, 2022.

RITTER, S.; ABRAHAM, L. A Green and Efficient Cyclization of Citronellal into Isopulegol: A Guided-Inquiry Organic Chemistry Laboratory Experiment. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 12, p. 4134 – 4142, 2022.

RODRIGUEZ, J.-M. G.; HUNTER, K. H.; SCHARLOTT, L. J.; BECKER, N. M. A review of research on Process Oriented Guided Inquiry Learning: Implications for research and practice. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 10, 3506 – 3520, 2020.

RYAN, R. M.; CONNELL, J. P.; DECI, E. L. A motivational analysis of self-determination and self-regulation in education. In: **Research on Motivation in Education**. New York: Academic Press, 1985. Cap 2, p. 16-31.

RYAN, R. M.; GROLNICK, W. S. Origins and pawns in the classroom: self-report and projective assessments of individual differences in children's perceptions. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 50, n. 3, p. 550 – 558, 1986.

RYAN, R. M.; DECI, E. L. Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. **Contemporary Educational Psychology**, v. 25, p. 54 – 67, 2000.

RYAN, R. M.; DECI, E. L. Overview of Self-Determination Theory: An organismic dialectical perspective. In: DECI, E. L.; RYAN, R. M. **Handbook of Self-Determination Research**. New York: University of Rochester Press, 2004.

RYAN, R. M.; DECI, E. L. **Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development and Wellness**. New York: The Guilford Press, 2017.

RYAN, R. M.; DECI, E. L. Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. **Contemporary Educational Psychology**, v. 61, p. 1 – 11, 2020.

SÁ, C. S. S.; SANTOS, W. L. P. Motivação para a carreira docente e construção de identidades: o papel dos pesquisadores em Ensino de Química. **Química Nova**, v. 39, n. 1, p. 104 – 111, 2016.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Scientia Plena**, v. 9, n. 7, p. 1 – 6, 2013.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061 – 1085, 2018.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. An Instrument To Assess Views Of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire. **National Association for Research in Science Teaching**, Baltimore, p. 1 – 25, 2008.

SEVERO, I. R. M. **Levantamento do perfil motivacional de alunos, do ensino médio, de três escolas públicas da cidade de São Carlos/SP, na disciplina de Química**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica e Biológica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SEVERO, I. R. M.; KASSEBOEHMER, A. C. Motivação dos alunos: reflexões sobre o perfil motivacional e a percepção dos professores. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 1, p. 75 – 82, 2017.

SOUZA, R. T. M. P.; SILVA, M. S. B.; BARBATO, D. M. L.; GUZZI, M. E. R.; KASSEBOEHMER, A. C. Motivation to learn chemistry: a thorough analysis of the CMQ-II within the Brazilian context. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 23, p. 799 – 810, 2022.

STOLK, J. D.; ZASTAVKER, Y. V.; GROSS, M. D. Gender, Motivation, and Pedagogy in the STEM Classroom: A Quantitative Characterization. In: ASEE Annual Conference & Exposition. **Anais...** Salt Lake City, 2018, p. 1 – 19.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50 - 74, 2009.

THURSTON, J. R.; MARSHAK, M. P.; REBER, D. Monitoring Ion Exchange Chromatography with Affordable Flame Emission Spectroscopy. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 12, p. 4051 – 4056, 2022.

TAI, Y.-M.; KUNTER, M.; LÜDTKE, O.; TRAUTWEIN, U.; RYAN, R. M. What makes lessons interesting? The role of situational and individual factor in three school subjects. **Journal of Educational Psychology**, v. 100, n. 2, p. 460 – 472, 2008.

VALLERAND, R. J.; PELLETIER, L. G.; BLAIS, M. R.; BRIÈRE, N. M.; SENÉCAL, C.; VALLIÈRES, E. F. On the assessment of intrinsic, extrinsic, and amotivation in education: Evidence on the concurrent and construct validity of the Academic Motivation Scale. **Educational and Psychological Measurement**, v. 53, p. 159-172, 1993.

VANSTENKISTE, M.; LENS, W.; DECI, L. E. Intrinsic versus extrinsic goal contents in Self-Determination Theory: Another look at the quality of academic motivation. **Educational Psychologist**, v. 41, n. 1, p. 19 – 31, 2006.

VANSTEENKISTE, M.; SIERENS, E. GOOSSENS, L. SOENENS, B. DOCHY, F. MOURATIDIS, A. Identifying configurations of perceived teacher autonomy support and structure: Associations with self-regulated learning, motivation and problem behavior. **Learning and Instruction**, v. 22, n. 6, p. 431 – 439, 2012.

VARADARAJAN, S.; LADAGE, S. Introducing Incremental Levels of Inquiry in an Undergraduate Chemistry Laboratory: A Case Study on a Short Lab Course. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 12, p. 3822 – 3832, 2022.

VASCONCELOS, A.L.F.S. FREIRE, D.R.; SERCUNDES, J.S. Desafios de aprendizagem autônoma dos estudantes de ciências contábeis do curso de educação a distância a luz da teoria da autodeterminação. **Revista Brasileira de Contabilidade**, n. 222, p. 55 – 65, 2016.

VERMUNT, J.D. Metacognitive, cognitive and affective aspects of learning styles and strategies: a phenomenographic analysis. **Higher Education**, 1996, v. 31, p. 25-50.

VIEIRA, D. O.; BRAGA, M. B. P.; PASSOS, R. R.; FARIAS, S. A. Estudos sobre o ensino e aprendizagem de conceitos em eletroquímica: uma revisão. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 11, n. 1, p. 172 – 188, 2021.

WANG, T.; WANG, W.; WEI, J. Challenges encountered by student teachers in an inquiry-based laboratory process. **Journal of Chemical Education**, v. 99, p. 3954 – 3963, 2022.

WELLHÖFER, L.; LÜHKEN, A. Problem-Based Learning in an Introductory Inorganic Laboratory: Identifying connections between learner motivation and implementation. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 2, p. 864 – 873, 2022.

WILKINSON, J. W.; WARD, M. The purpose and perceived effectiveness of laboratory work in secondary schools. **Australian Science Teachers' Journal**, v. 43, n. 2, p. 49 - 55, 1997.

WILLIAMS, U. J.; DRIES, D. R. Supporting fledgling scientists: the importance of autonomy in a guided-inquiry laboratory course. **Journal of Chemical Education**, v. 99, p. 701 – 707, 2022.

WILLIAMSON, N. M.; HUANG, D. M.; BELL, S. G.; METHA, G. F. Guided inquiry learning in an introductory chemistry course. **International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education**, v. 23, n. 6, p. 34 – 51, 2015.

XU, H.; TALANQUER, V. Effect of the level of inquiry of lab experiments on general chemistry students' written reflections. **Journal of Chemical Education**, v. 90, p. 21 – 28, 2013.

YAMAUCHI, H.; TANAKA, K. Relations of autonomy, self-referenced beliefs, and self-regulated learning among Japanese children. **Psychological Reports**, v. 82, n. 3, p. 803 – 816, 1998.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, n. 3, p. 67 - 80, 2011.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A – Coleção dos saberes químicos adotados como referência para constituir cada SEI da intervenção pedagógica investigativa

O cruzamento de informações entre o trabalho de Holme, Luxford e Murphy (2015) e a ementa da disciplina permitiram delimitar quais seriam os temas principais da química, subtemas e aspectos específicos a serem abordados nas nossas SEIs. Abaixo, temos os Quadros 8, 9 e 10 que apresentam respectivamente a coleção dos saberes adotados como referenciais para constituir as SEIs de Termoquímica, Cinética Química e Eletroquímica.

**Quadro 8** – Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de termoquímica em nossa intervenção.

Tema	Subtema	Categorias	Definições
A Termoquímica	A1: Endotermia e Exotermia	A1.1: <u>Calor e temperatura</u>	<p>Trocas de calor são mensuradas pela variação da temperatura do sistema.</p> <p>Calor é a energia transferida de um corpo mais quente para outro mais frio devido a diferença de temperatura.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>De maneira geral, do ponto de vista fenomenológico, processos endotérmicos podem ser percebidos pelo resfriamento do sistema, e os processos exotérmicos exibem um aquecimento do sistema.</p>
	A2: Calores e Entalpia	A2.1: <u>Propriedades termodinâmicas e o conceito de entalpia</u>	<p>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.</p> <p>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</p>



			pressão constante.
		<p><u>A2.2:</u></p> <p><u>Calores envolvidos em transformações químicas e físicas</u></p>	<p>O calor envolvido em reações químicas que ocorrem à pressão constante é denominado de calor de reação.</p> <p>O calor envolvido na formação de uma substância a partir de seus elementos constituintes é denominado calor de formação.</p> <p>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.</p> <p>O calor envolvido na mistura de qualquer substância solúvel (ou pouco solúvel) em água é chamado de calor de solução.</p> <p>Calores de solução são um dos fatores críticos na produção de uma solução.</p> <p>O calor de solução de substâncias pode ser exotérmico ou endotérmico.</p> <p>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.</p>

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

**Quadro 9** – Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de cinética química em nossa intervenção.

Conteúdo	Tema	Categorias	Definições
<b>B</b> <i>Cinética Química</i>	<b>B1:</b> <b>Aspectos Qualitativos</b>	<b>B1.1:</b> <u>Teoria de colisões</u>	<p>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.</p> <p>Assim sendo, para uma colisão ser bem-sucedida (ou seja, resultar em produtos), é necessário que a mesma possua a energia necessária para iniciar a reação, ou seja, energia igual ou maior que a energia de</p>

		<p>ativação, como também que a orientação espacial entre os reagentes seja adequada.</p> <p>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.</p>
<b>B2:</b> <b>Taxa de reação</b>	<b>B2.1.:</b> <u>Definições iniciais</u>	<p>Diversos parâmetros experimentais podem ser utilizados para determinar a velocidade com que uma reação química ocorre, dentre os quais podemos elencar a <i>variação da concentração</i>, do <i>volume</i>, da <i>pressão</i>, dentre outros.</p> <p>A taxa de reação pode ser definida como a variação de um determinado parâmetro escolhido em relação ao tempo.</p> <p>A ordem de uma reação exprime a relação existente entre as concentrações dos reagente envolvidos e a taxa de reação.</p>
	<b>B2.2:</b> <u>Relação entre estequiometria e taxa de reação</u>	<p>A expressão matemática da taxa de reação envolve os reagentes e produtos formados.</p> <p>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.</p>
<b>B3:</b> <b>Fatores que influenciam na taxa de Reação</b>	<b>B3.1:</b> <u>Concentração</u>	<p>Para uma parcela significativa de reações químicas, um aumento da concentração dos reagentes implica no aumento da taxa de reação.</p> <p>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.</p>
	<b>B3.2:</b> <u>Temperatura</u>	<p>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.</p>
	<b>B3.3:</b> <u>Superfície de Contato</u>	<p>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.</p> <p>Um reagente sólido com maior superfície de contato reagirá com maior velocidade do que o mesmo reagente com uma superfície de contato menor.</p> <p>Reagentes sólidos podem ter sua superfície de contato aumentada por meio de processos</p>

			<p>mecânicos que resultem na fragmentação ou pulverização do reagente.</p>
		<p><b>B3.4:</b> <u>Catalisadores</u></p>	<p>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.</p> <p>A ação de um catalisador 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.</p> <p>Por conta disso, o catalisador afeta a reação química tanto no sentido da formação dos produtos quanto da formação de reagentes.</p>

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

**Quadro 10** – Coleção dos saberes químicos codificados e selecionados como referência para o conteúdo químico de Eletroquímica em nossa intervenção.

Conteúdo	Tema	Categorias	Definições
<p><b>C</b> <i>Eletroquímica</i></p>	<p><b>C1:</b> <b>Reações de oxidação e redução</b></p>	<p><u>C.1.1:</u> <u>Número de oxidação</u></p>	<p>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 o mesmo participa.</p> <p>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.</p>
	<p><b>C2:</b> <b>Sistemas Eletroquímicos</b></p>	<p><u>C2.1:</u> <u>Componentes de sistemas eletroquímicos</u></p>	<p>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.</p> <p>Células eletroquímicas costumam possuir pelo menos dois compartimentos distintos fisicamente separados entre si porém conectados</p>

		<p>por um condutor elétrico e um condutor iônico. Tais compartimentos são nomeados compartimento anódico e compartimento catódico.</p> <p>As células eletroquímicas possuem alguns componentes essenciais, sendo eles: eletrodo, eletrólito e compartimentos eletroquímicos, condutor elétrico e condutor iônico.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>O condutor iônico é uma solução eletrolítica a qual é capaz de conduzir eletricidade por intermédio do deslocamento dos íons em solução.</p> <p>O acoplamento entre um eletrodo e eletrólito em um sistema eletroquímico define um compartimento eletroquímico.</p> <p>Um condutor elétrico é um meio físico, geralmente um fio metálico, que permite a transferência de elétrons de um compartimento para o outro.</p> <p>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.</p>	<p>por um condutor elétrico e um condutor iônico. Tais compartimentos são nomeados compartimento anódico e compartimento catódico.</p> <p>As células eletroquímicas possuem alguns componentes essenciais, sendo eles: eletrodo, eletrólito e compartimentos eletroquímicos, condutor elétrico e condutor iônico.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>O condutor iônico é uma solução eletrolítica a qual é capaz de conduzir eletricidade por intermédio do deslocamento dos íons em solução.</p> <p>O acoplamento entre um eletrodo e eletrólito em um sistema eletroquímico define um compartimento eletroquímico.</p> <p>Um condutor elétrico é um meio físico, geralmente um fio metálico, que permite a transferência de elétrons de um compartimento para o outro.</p> <p>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.</p>
		<p><u>C2.2:</u> <u>Células Galvânicas e Células</u></p>	<p>A energia elétrica pode ser obtida a partir de sistemas eletroquímicos operando em modo galvânico.</p> <p>Em contrapartida, outros sistemas eletroquímicos necessitam receber</p>


	<p><u>Eletrolíticas</u></p>	<p>energia elétrica para operar, sendo tais sistemas chamados de eletrolíticos.</p> <p>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.</p> <p>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).</p>
	<p><u>C2.3:</u> <u>Sistemas Eletroquímicos</u></p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Assim como na célula de Daniel, os metais geralmente utilizados são Cobre e Zinco, e o eletrólito sendo Sulfato de Cobre.</p>
	<p><u>C2.4:</u> <u>Potencial de Eletrodo e Potencial Padrão de Eletrodo</u></p>	<p>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 do mesmo.</p> <p>O potencial de eletrodo é sempre uma medida relativa. Não existe um potencial absoluto.</p> <p>Para a IUPAC, o eletrodo de</p>

			<p>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 (<math>E^0</math>).</p>
	<p><b>C3:</b> <b>Fenômenos Eletroquímicos</b></p>	<p><u>C3.1:</u> <u>Corrosão metálica</u></p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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).</p>
		<p><u>C3.2.:</u> <u>Proteção de metais e a galvanoplastia</u></p>	<p>A galvanoplastia é um procedimento empregado para a proteção de metais contra a corrosão, a qual se baseia no processo de eletrodeposição.</p> <p>A eletrodeposição é um processo que produz um recobrimento (<i>coating</i>), geralmente de natureza</p>

			<p>metálica, em uma superfície por meio da ação de uma corrente elétrica.</p> <p>O objeto a ser coberto é carregado negativamente é imerso em uma solução salina do metal a ser depositado, ou seja: o objeto atua neste processo.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
--	--	--	--

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

## APÊNDICE B – Roteiro experimental de Termoquímica 1

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			<b>CAMPUS</b>	
					Araraquara	
<b>Curso:</b>	Licenciatura em Química		<b>Modalidade de:</b>	Ensino Superior Licenciatura		
<b>Componente Curricular:</b>		Laboratório de Ensino de Química Geral		<b>Código</b>	<b>disciplina:</b>	
<b>Ano /Semestre:</b>		2º	<b>N. aulas semanais:</b>	4	<b>Área:</b>	Química
<b>Total de horas:</b>		120	<b>Total de aulas:</b>	144	<b>Número professores:</b>	02
<b>Professor(es) responsável(eis):</b>		Amadeu Moura Bego / Vagner Antonio Moralles				
<b>Sequência Didática:</b>		Termoquímica				
<b>Atividade:</b>		Calor, Temperatura e Ebulição				

### A) Equipamentos e reagentes necessários

- 2 béqueres de 500 mL
- Sistema de Aquecimento
- 1 suporte universal com garras
- 1 tubo de ensaio
- 2 termômetros
- 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 simplificada e 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 igualam (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



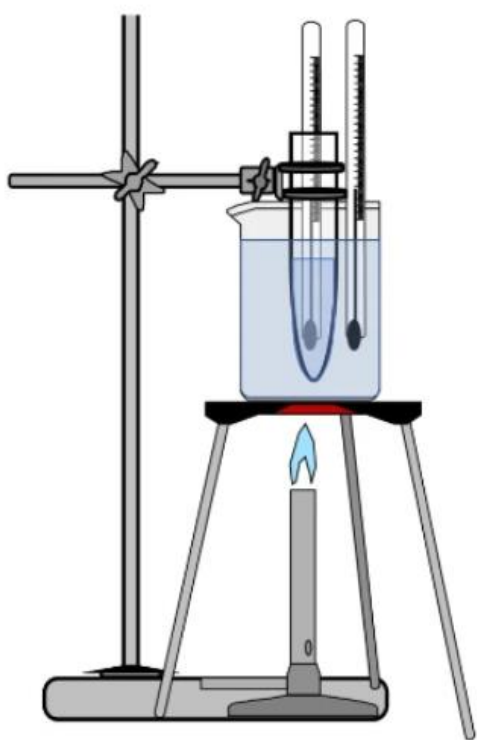
Conceitos Químicos: Analisar um experimento de ebulição da água, diferenciando os conceitos de **calor** e **temperatura**.

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 béquer para preencher o sistema montado.

## E) Refletindo – Parte 1

1. Quais fenômenos foram observados e identificados no tubo de ensaio e no béquer durante o experimento? Descreva-os.
2. A partir dos conceitos científicos de calor e temperatura, explique o fenômeno observado no béquer 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.

3. Com base no comentário acima, vocês conseguem discernir, na atividade realizada, o que foram os **dados coletados** e quais foram as **evidências produzidas**? (A7)
4. Sabendo o que são dados e evidências, o que vocês consideram como uma definição adequada para a palavra **explicação**? (A8)

## G) 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. 243 - 250.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. Termoquímica. *In: Química.* 11 ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2013. Cap. 6, p 243 - 251.

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. 58 - 79.

## H) Referências Bibliográficas


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 C – Roteiro experimental de Termoquímica 2

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		<b>CAMPUS</b>	
				Araraquara	
<b>Curso:</b>	Licenciatura em Química	<b>Modalidade de:</b>	Ensino Superior Licenciatura		
<b>Componente Curricular:</b>		Laboratório de Ensino de Química Geral		<b>Código</b>	<b>disciplina:</b>
				QI26064P1	
<b>Ano /Semestre:</b>	2	<b>N. aulas semanais:</b>	4	<b>Área:</b>	Química
<b>Total de horas:</b>	120	<b>Total de aulas:</b>	144	<b>Número professores:</b>	02
<b>Professor(es) responsável(eis):</b>		Amadeu Moura Bego / Vagner Antonio Moralles			
<b>Sequência Didática:</b>		Termoquímica			
<b>Atividade:</b>		Curva de resfriamento/aquecimento e identificação de substâncias e misturas			

### A) Equipamentos e reagentes necessários

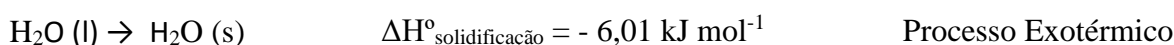
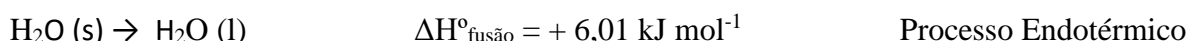
- Tubo de vidro com camisa térmica
- Béquer 500 mL
- 1 suporte universal com garras
- Gelo
- 1 termômetro digital
- Água destilada

### A) 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).

### B) 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 sobre Investigações Científicas:** 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.

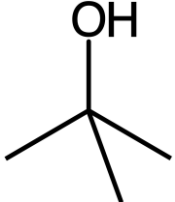
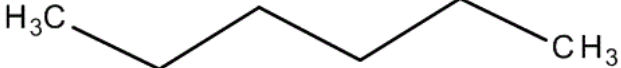


### C) Problema

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.

<p>Álcool terc-butílico</p> 	<p>Hexano</p> 
<p>Inflamabilidade</p>  <p>Riscos à saúde</p> <p>Reatividade</p> <p>Riscos específicos</p>	<p>Inflamabilidade</p>  <p>Riscos à saúde</p> <p>Reatividade</p> <p>Riscos específicos</p>

### D) 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.

### E) 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.

## F) 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.

## G) 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 D – Roteiro experimental de Termoquímica 3

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			<b>CAMPUS</b>	
					Araraquara	
<b>Curso:</b>	Licenciatura em Química		<b>Modalidade de:</b>	Ensino Superior Licenciatura		
<b>Componente Curricular:</b>		Laboratório de Ensino de Química Geral		<b>Código</b>	<b>disciplina:</b>	
				QI26064P1		
<b>Ano /Semestre:</b>	2º	<b>N. aulas semanais:</b>	4	<b>Área:</b>	Química	
<b>Total de horas:</b>	120	<b>Total de aulas:</b>	144	<b>Número professores:</b>	02	
<b>Professor(es) responsável(eis):</b>		Amadeu Moura Bego / Wagner Antonio Moralles				
<b>Sequência Didática:</b>	Termoquímica					
<b>Atividade:</b>	Desenvolvimento de dispositivos de aquecimento e resfriamento					

### A) Objetivos de Aprendizagem

Criar dispositivos de aquecimento e resfriamento de emergência, planejando um procedimento experimental para avaliar a variação de energia envolvida na dissolução de diferentes sais.

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 ( $\text{CaCl}_2$ )           | - Cloreto de Potássio (KCl)                 |
| - Cloreto de Sódio (NaCl)                         | - Bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) |
| - Carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) | - Sulfato de Zinco ( $\text{ZnSO}_4$ )      |
| - Nitrato de Amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )  |   |

### 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?

### A) 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)


### D) Referências para estudar

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 E – Roteiro experimental de Cinética Química 1

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			<b>CAMPUS</b>	
					Araraquara	
<b>Curso:</b>		<b>Modalidade de:</b>				
<b>Componente Curricular:</b>		Laboratório de Ensino de Química Geral		<b>Código disciplina:</b> QI26064P1		
<b>Ano /Semestre:</b>		<b>N. aulas semanais:</b> 4		<b>Área:</b> Química		
<b>Total de horas:</b> 120		<b>Total de aulas:</b> 144		<b>Número professores:</b>		
<b>Professor(es) responsável(eis):</b>		Amadeu Moura Bego				
<b>Sequência Didática:</b>		Princípios estequiométricos				
<b>Atividade:</b>		Cinética Química – Parte I				

### 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  $0,3 \text{ mol L}^{-1}$
- Solução de ácido clorídrico  $2,0 \text{ mol L}^{-1}$

### 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

Conceitos 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 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.

Combinação	Volume / mL		Tempo
	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ $0,30 \text{ mol L}^{-1}$	$\text{H}_2\text{O}$	
1	25,0	-	
2	20,0	5,0	
3	15,0	10,0	
4	7,5	17,5	
5	5,0	20	



4. Deixe o béquer sobre a tira de papel com o “X”. Adicione 5,0 mL de ácido clorídrico 2,0 mol.L<sup>-1</sup> 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.

### **PARTE B: Determinação da ordem da reação em relação ao H<sup>+</sup>**

1. Numere 3 béqueres.
2. Para cada uma das combinações tabeladas, adicione em um béquer de 100 mL os volumes indicados, medidos com proveta.

Combinação	Volume / mL		Tempo
	HCl 2,0 mol L <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	
1	10,0	-	
2	7,0	3,0	
3	5,0	5,0	

3. Deixe o béquer sobre a tira de papel com o “X”. Adicione 20,0 mL da solução de tiosulfato de sódio 0,3 mol.L<sup>-1</sup> 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.

## **E) Refletindo**

1. Trace um gráfico com os dados obtidos na PARTE A. Qual a ordem da reação em relação ao S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>?
2. Trace um gráfico com os dados obtidos na PARTE B. Qual a ordem da reação em relação ao H<sup>+</sup>?
3. Escreva a equação de velocidade da reação.

## **F) Outras reflexões**

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) Materiais para Estudo**

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 F – Roteiro experimental de Cinética Química 2

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			<b>CAMPUS</b>	
					Araraquara	
<b>Curso:</b>	Licenciatura em Química		<b>Modalidade de:</b>	Ensino Superior Licenciatura		
<b>Componente Curricular:</b>		Laboratório de Ensino de Química Geral		<b>Código</b>	<b>disciplina:</b>	
				QI26064P1		
<b>Ano /Semestre:</b>	2	<b>N. aulas semanais:</b>	4	<b>Área:</b>	Química	
<b>Total de horas:</b>	120	<b>Total de aulas:</b>	144	<b>Número professores:</b>	02	
<b>Professor(es) responsável(eis):</b>		Amadeu Moura Bego / Vagner Antonio Moralles				
<b>Sequência Didática:</b>	Cinética Química					
<b>Atividade:</b>	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 sobre Investigações Científicas:** Analisar a situação problema proposta, diferenciando os conceitos de dado, evidência e influência do contexto nas investigações científicas.

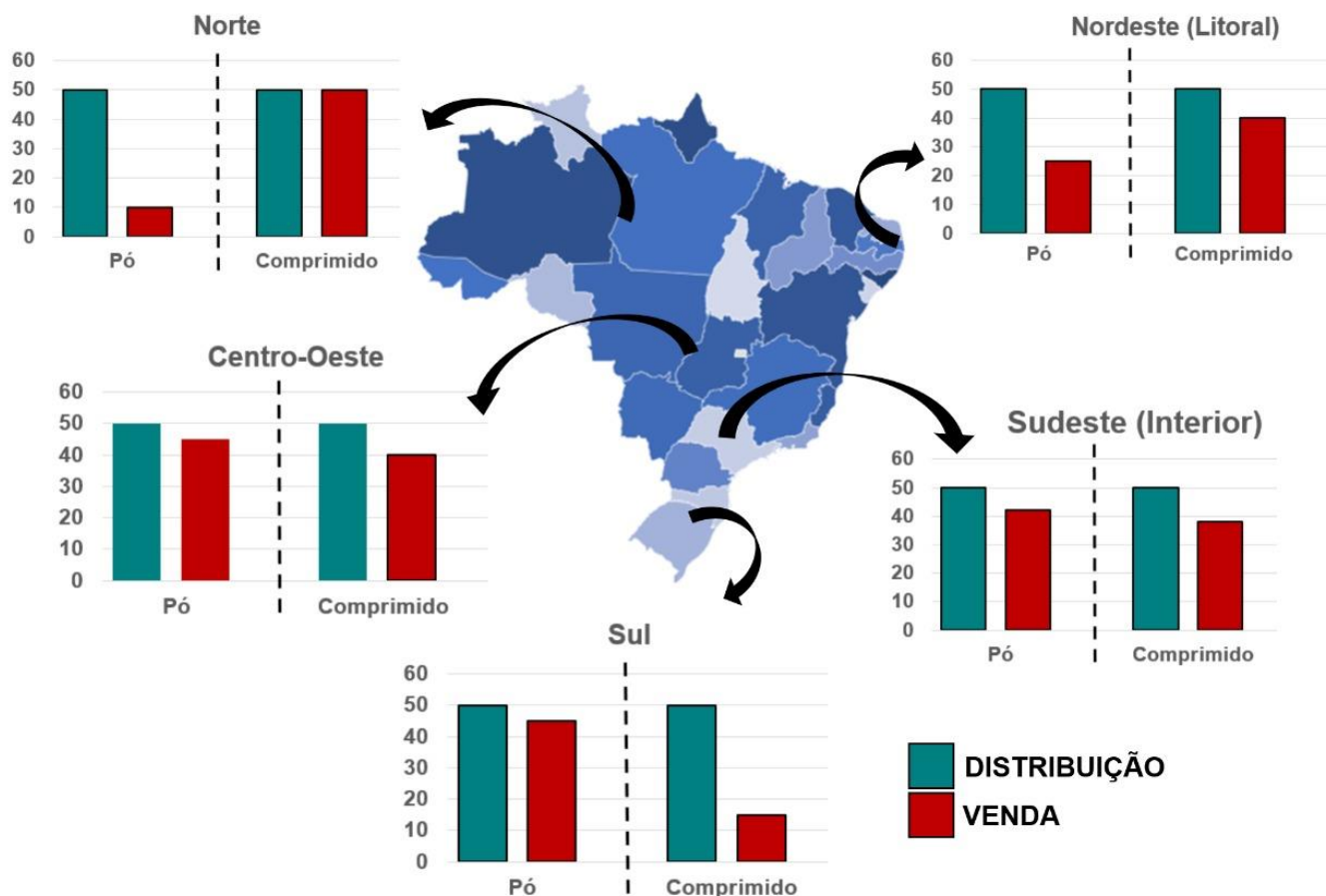
### C) Contexto e Problema

(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 horrível.

### - 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 o mesmo 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:

1. 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).

2. 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

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.
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 G – Roteiro experimental de Cinética Química 3

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			<b>CAMPUS</b>	
					Araraquara	
<b>Curso:</b>	Licenciatura em Química		<b>Modalidade de:</b>	Ensino Superior Licenciatura		
<b>Componente Curricular:</b>		Laboratório de Ensino de Química Geral		<b>Código</b>	<b>disciplina:</b>	
				QI26064P1		
<b>Ano /Semestre:</b>	2º	<b>N. aulas semanais:</b>	4	<b>Área:</b>	Química	
<b>Total de horas:</b>	120	<b>Total de aulas:</b>	144	<b>Número professores:</b>	02	
<b>Professor(es) responsável(eis):</b>		Amadeu Moura Bego / Wagner Antonio Moralles				
<b>Sequência Didática:</b>		Cinética Química				
<b>Atividade:</b>		Cinética Química 3				

### A) Objetivos de Aprendizagem

**Conceitos 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 Investigação Científica:** Avaliar as inter-relações entre investigação científica, procedimentos investigativos e problema de pesquisa, criticando as diferentes propostas de procedimentos investigativos sugeridas.

**Conceitos sobre Investigações Científicas:** 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 ( $CH_3COOH$ )
- Água destilada ( $H_2O$ )
- Iodeto de Potássio (KI)
- Óxido de Manganês ( $MnO_2$ )
- Fitas de Magnésio Metálico (Mg)
- Batata (material orgânico)
- Hidróxido de Sódio (NaOH)

E o inventário de vidrarias existentes na aeronave é:

- Béqueres;
- Erlenmeyers;
- Provetas;
- Bagueta;
- Pipeta de Pasteur;
- Pipetas volumétricas;
- Vidro de Relógio;

### 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

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.
4. 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)
5. 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)

### D) 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 H – Roteiro experimental de Eletroquímica 1

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			<b>CAMPUS</b>	
					Araraquara	
<b>Curso:</b>		<b>Modalidade de:</b>				
<b>Componente Curricular:</b>		Laboratório de Ensino de Química Geral		<b>Código disciplina:</b>		QI26064P1
<b>Ano /Semestre:</b>	2	<b>N. aulas semanais:</b>	4	<b>Área:</b>	Química	
<b>Total de horas:</b>	120	<b>Total de aulas:</b>	144	<b>Número professores:</b>	02	
<b>Professor(es) responsável(eis):</b>		Amadeu Moura Bego / Vagner Antonio Moralles				
<b>Sequência Didática:</b>	Eletroquímica					
<b>Atividade:</b>	Eletroquímica I					

### A) Utensílios e reagentes necessários

- 3 placas de Cu e 3 placas de Zn do mesmo tamanho (Aproximadamente 3 x 6 cm)
- Papel Toalha
- Solução de 1 mol L<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>
- Sistema com lâmpada e fios de cobre
- Multímetro

### B) Contextualizando

Você já pensou em como uma pilha 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 elétrica. A, como ficou conhecida, pilha de Volta consistia em uma coluna composta por discos de cobre ou prata e de zinco intercalados com material poroso impregnado de solução ácida. Devido à 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. Pilhas são dispositivos nos quais energia química é convertida em energia elétrica, através de reações de oxirredução. Assim, como reações de oxidação e de redução ocorrem simultaneamente, uma pilha contém um eletrodo onde ocorre a oxidação (ânodo) e um onde ocorre a redução (cátodo).

**Eletrodo:** barra metálica, pedaço de grafite ou até mesmo um pedaço de fio desencapado.

**Semicela:** conjunto formado pelo eletrodo e a solução iônica da pilha.

**Ânodo:** semicela que emite elétrons para o circuito externo. É o polo negativo da pilha, onde ocorre o processo de oxidação.

**Cátodo:** semicela que recebe elétrons do circuito externo. É o polo positivo da pilha, onde ocorre o processo de redução.

**Cela eletroquímica:** conjunto completo que constitui uma pilha. É formada por duas semicelas.

O fluxo de elétrons se dá do ânodo (polo negativo) para o cátodo (polo positivo) da pilha. Representação convencional pela IUPAC:



### C) Objetivos

**Conceitos 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.

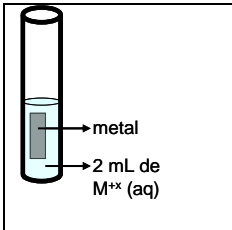
**Conceitos de Natureza da Ciência:** Analisar as potencialidades do ensino por investigação, diferenciando da proposta do ensino experimental tradicional.

Avaliar uma proposição teórica, criticando suas fragilidades e potencialidades.

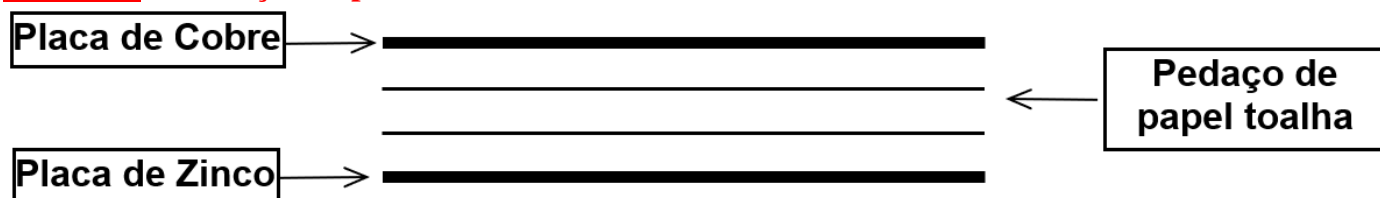
## D) Procedimento Experimental

### PARTE A: Potencial de oxidação e de redução

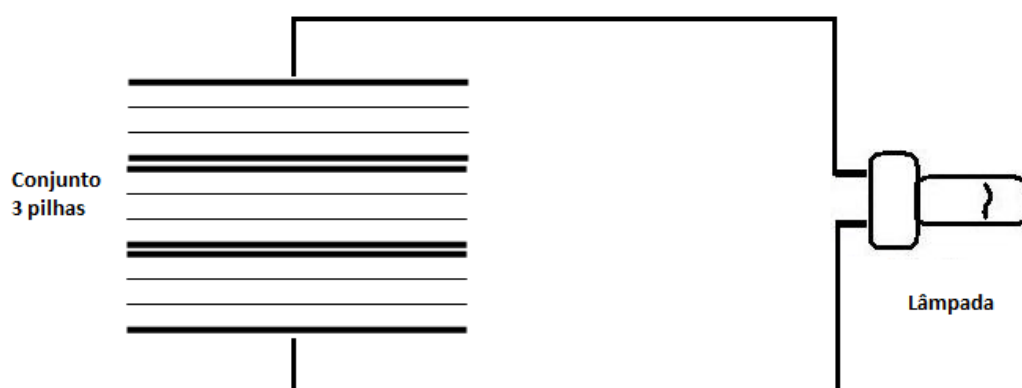
1. Coloque 1 pedaço de ~0,5 cm de comprimento de Cu em um tubo de ensaio contendo cerca de 2 mL de solução de  $\text{AgNO}_3$  0,4 mol/L.
2. Em outro tubo contendo cerca de 2 mL de solução de  $\text{CuSO}_4$  0,4 mol/L, coloque um pedaço de ~0,5 cm de comprimento de Zn.
3. Anote suas observações no 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 $\text{M}^{x+}$ (aq)	Observações
	Cu	$\text{AgNO}_3$	
	Zn	$\text{CuSO}_4$	

### PARTE B: Simulação da pilha de Volta



1. Lixe 1 placa de Zn e 1 placa de Cu até se tornarem brilhantes.
2. Corte adequadamente um pedaço de papel toalha, dobre-o e coloque-o entre as placas de Cu e Zn conforme o esquema acima.
3. Repita os procedimentos 1 e 2 de modo a formar 3 conjuntos do esquema acima.
4. Prenda os terminais de um sistema com lâmpada e fios cobre nas placas de Cu e Zn das extremidades externas dos conjuntos montados. Fixe os três conjuntos juntamente com o circuito elétrico utilizando garra de ferro 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 fixados.
6. Por meio de um conta gotas, adicione porções da solução de  $\text{CuSO}_4$  1 mol/L de modo a deixar as folhas de papel toalha devidamente umedecidas. Anote o observado.
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 voltagem: coloque o cabo vermelho na conexão  $\text{V}/\square$ , e o cabo preto em COM ou COMM; coloque o dial na posição 2V. Nessa configuração, o cabo vermelho será o seu “catodo”, e o preto será interpretado como o seu “anodo” pelo multímetro. Uma leitura positiva significa que as meias células

estão arranjadas na configuração certa, uma leitura negativa significa que a cela que está ligada ao cabo preto é que está funcionando como cátodo. Anote isso em seu caderno de laboratório.

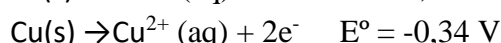
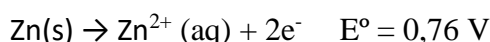
8. Utilizando luvas de látex, desmonte os conjuntos e analise o estado das placas de Cu e Zn.

## E) Refletindo

1. Para as reações realizadas na PARTE A da seção anterior, Equacione e calcule o  $\Delta E^\circ$ , 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.

Dados:



Escreva a equação global da pilha, determine o sentido dos elétrons.

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?

4. 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)

5. 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)


## F) Materiais para 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 I – Roteiro experimental de Eletroquímica 2

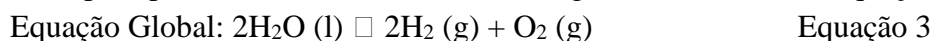
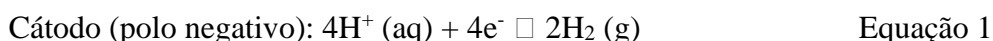
		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			<b>CAMPUS</b>	
					Araraquara	
<b>Curso:</b>		<b>Modalidade de:</b>				
<b>Componente Curricular:</b>		Laboratório de Ensino de Química Geral		<b>Código</b>		<b>disciplina:</b>
				QI26064P1		
<b>Ano /Semestre:</b>		<b>N. aulas semanais:</b> 4		<b>Área:</b> Química		
<b>Total de horas:</b> 120		<b>Total de aulas:</b> 144		<b>Número professores:</b>		
<b>Professor(es) responsável(eis):</b>		Amadeu Moura Bego				
<b>Sequência Didática:</b> Eletroquímica						
<b>Atividade:</b> 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 ( $< 7$ ).



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 ( $96487 \text{ C mol}^{-1}$ ) (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

**Conceitos Químicos:** Compreender os princípios teóricos 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)

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 ( $\text{NaHCO}_3$ ) | - Suporte de vidro                           |
| - Fios de ferro                             | - Água destilada                             |
| - Fonte de Tensão                           | - Açúcar                                     |
| - Óleo de soja                              | - Ácido Acético ( $\text{H}_3\text{CCOOH}$ ) |
| - 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

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?
5. 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)

6. Argumente se as informações coletadas e as inferências postas por Sherlock Holmes podem ser entendidas como sendo dados ou evidências científicas.

## APÊNDICE J – 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 Blackwater.”

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 Blackwater, 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 Blackwater.

“Watson, ao chegarmos em Blackwater, 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

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 Blackwater.”

“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 Blackwater, 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 encontra-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

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 contínua<sup>1</sup> 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


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. Olá! 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, e o mesmo na base da barra intacta.” Ele raspou a barra intacta com sua faca.

“Esse líquido esverdeado é semelhante a uma solução de íons  $\text{Fe}^{2+}$ . Qual a origem dessa solução?”



## APÊNDICE K – Roteiro experimental de Eletroquímica 3

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			<b>CAMPUS</b>	
					Araraquara	
<b>Curso:</b>	Licenciatura em Química		<b>Modalidade de:</b>	Ensino Superior Licenciatura		
<b>Componente Curricular:</b>		Laboratório de Ensino de Química Geral		<b>Código</b>	<b>disciplina:</b>	
				QI26064P1		
<b>Ano /Semestre:</b>	2º	<b>N. aulas semanais:</b>	4	<b>Área:</b>	Química	
<b>Total de horas:</b>	120	<b>Total de aulas:</b>	144	<b>Número professores:</b>	02	
<b>Professor(es) responsável(eis):</b>		Amadeu Moura Bego / Wagner Antonio Moralles				
<b>Sequência Didática:</b>	Eletroquímica					
<b>Atividade:</b>	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) Contexto e Problema (IMPORTANTE: Delimitem a discussão de hipóteses e elaboração de procedimento ao conteúdo específico da sequência)

Problema: 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. Refletindo

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 eletrodos.
4. 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)
5. 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

casco de navios para quem os mesmos suportem o ambiente hostil do oceano, porém apenas um seleto grupo de procedimentos patenteados são utilizados. Por que isso acontece? (A4)

#### **D. 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.

## APÊNDICE L – Questionário SIMS aplicado antes de iniciar a intervenção investigativa

### The Situational Motivation Scale (SIMS)

Instruções: Leia cada item cuidadosamente. Usando a escala abaixo, circule o número que melhor descreve o motivo pelo qual você está atualmente envolvido nesta atividade. Responda cada item de acordo com a seguinte escala: 1: não corresponde nada; 2: corresponde muito pouco; 3: corresponde um pouco; 4: corresponde moderadamente; 5: corresponde o suficiente; 6: corresponde muito; 7: corresponde exatamente.

Por que você está atualmente envolvido nestas atividades experimentais?

- |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Porque penso que os experimentos são interessantes   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2. Porque é para o meu próprio bem  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3. Porque eu devo fazer isso  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 4. Pode ser que existam bons motivos para realizar estes experimentos, mas pessoalmente não vejo nenhum | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5. Porque considero que estes experimentos são agradáveis   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6. Porque penso que estes experimentos são bons para mim  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 7. Porque é algo que eu tenho que fazer   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8. Realizo estes experimentos, mas não tenho certeza se vale a pena                                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 9. Porque estes experimentos são divertidos   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 10. Por decisão pessoal   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 11. Porque não tenho escolha  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 12. Não sei, não vejo o que é que estes experimentos podem me oferecer                                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 13. Porque me sinto bem quando realizo estes experimentos   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 14. Porque acredito que estes experimentos são importantes para mim                                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 15. Porque sinto que tenho que fazer estes experimentos   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 16. Realizo estes experimentos, mas não tenho certeza se realizá-los é uma coisa boa.                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## APÊNDICE M – Questionário SIMS aplicado após cada SEI da intervenção investigativa

O SIMS foi levemente alterado para cada SEI da intervenção, pois a pergunta que move as respostas dos licenciandos deveria estar adequada para cada SEI. Assim, abaixo se encontra o SIMS aplicado na SEI de Termoquímica.

### The Situational Motivation Scale (SIMS)

Instruções: Leia cada item cuidadosamente. Usando a escala abaixo, circule o número que melhor descreve o motivo pelo qual você está atualmente envolvido nesta atividade. Responda cada item de acordo com a seguinte escala: 1: não corresponde nada; 2: corresponde muito pouco; 3: corresponde um pouco; 4: corresponde moderadamente; 5: corresponde o suficiente; 6: corresponde muito; 7: corresponde exatamente.

---

Por que você se envolveu com os experimentos investigativos de Termoquímica?

1. Porque pensei que os experimentos eram interessantes	1	2	3	4	5	6	7
2. Porque era para o meu próprio bem	1	2	3	4	5	6	7
3. Porque eu deveria fazer isso	1	2	3	4	5	6	7
4. Pode ser que existam bons motivos para realizar esses experimentos, mas pessoalmente não vejo nenhum	1	2	3	4	5	6	7
5. Porque considerei que esses experimentos eram agradáveis	1	2	3	4	5	6	7
6. Porque pensei que esses experimentos eram bons para mim	1	2	3	4	5	6	7
7. Porque foi algo que eu tive que fazer	1	2	3	4	5	6	7
8. Realizei esses experimentos, mas não tenho certeza se valeu a pena	1	2	3	4	5	6	7
9. Porque esses experimentos eram divertidos	1	2	3	4	5	6	7
10. Por decisão pessoal	1	2	3	4	5	6	7
11. Porque não tive escolha	1	2	3	4	5	6	7
12. Não sei, não vejo o que é que esses experimentos me ofereceram	1	2	3	4	5	6	7
13. Porque me senti bem quando realizei esses experimentos	1	2	3	4	5	6	7
14. Porque acredito que esses experimentos eram importantes para mim	1	2	3	4	5	6	7
15. Porque sinto que tive que fazer esses experimentos	1	2	3	4	5	6	7
16. Realizei esses experimentos, mas não tenho certeza se realizá-los foi uma coisa boa.	1	2	3	4	5	6	7

---

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

# **ANEXOS**

**ANEXO A – Estrutura curricular do curso de Licenciatura em Química do IQ/Ar em 2019.**

Matrícula por Disciplina – Sequência Aconselhada – Licenciatura em Química (2019)					
A	M	CÓDIGO	CR	DISCIPLINA	REQUISITO (S)
<b>1º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (16)</b>					
		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
<b>1º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)</b>					
		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
<b>2º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)</b>					
		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
<b>2º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)</b>					
		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
<b>3º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)</b>					
		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
<b>3º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)</b>					
		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)
<b>4º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)</b>					
		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
		QO2605 2	04	Química Orgânica II	Pré: Química Orgânica I
<b>4º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)</b>					
		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
		QO2605 3	04	Química Orgânica Experimental	Pré: Química Orgânica I e Química Orgânica II
<b>5º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (24)</b>					
		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
		QO2605 4	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
<b>5º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (25)</b>					
		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	
<b>ATIVIDADES EXTRACLASSE = (14)</b>					
		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 04 abr. 2022.