

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
DOUTORADO EM QUÍMICA**

Kevin Lopes Pereira

**A linguagem diagramática em aulas de Química na
perspectiva da inclusão de Surdos**

**Juiz de Fora
2025**

Kevin Lopes Pereira

**A linguagem diagramática em aulas de Química na
perspectiva da inclusão de Surdos**

Tese de doutorado apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Química como requisito
para a obtenção do título de Doutor em
Química.

Orientadora: Prof.^a Dra. Ivoni de Freitas Reis

Juiz de Fora
2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Pereira, Kevin Lopes.

A linguagem diagramática em aulas de Química na perspectiva da inclusão de Surdos / Kevin Lopes Pereira. – 2025.
157 f. : il.

Orientadora: Ivoli de Freitas Reis

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Juiz de Fora,
Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em
Química, 2024.

1. Ensino de Química. 2. Diagramas. 3. Educação de Surdos.
4. Semiótica. I. Reis, Ivoli de Freitas, orient. II. Título.

Kevin Lopes Pereira

"A Linguagem Diagramática Em Aulas de Química na Perspectiva da Inclusão de Surdos"

Tese apresentada ao
Programa de Pós-
Graduação em
Química
da Universidade
Federal de Juiz de
Fora como requisito
parcial à obtenção do
título de Doutor em
Química. Área de
concentração: Química.

Aprovada em 04 de abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ivoní de Freitas Reis - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Jakson Góis da Silva
Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. Vinícius Catão de Assis Souza
Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. José Guilherme da Silva Lopes
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Álvaro João Magalhães de Queiroz
Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 26/03/2025.



Documento assinado eletronicamente por **Ivoni de Freitas Reis, Professor(a)**, em 04/04/2025, às 15:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vinícius Catão de Assis Souza, Usuário Externo**, em 04/04/2025, às 15:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Guilherme da Silva Lopes, Professor(a)**, em 05/04/2025, às 13:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jackson Gois da Silva, Usuário Externo**, em 07/04/2025, às 14:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alvaro Joao Magalhaes de Queiroz, Professor(a)**, em 08/04/2025, às 17:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2318124** e o código CRC **D5EBC866**.

A Deus e a todos que Ele colocou ao meu lado nessa
jornada, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus entrego minha gratidão mais sincera. Nele repousam meus anseios, Nele encontro forças, e a Ele rendo toda glória.

À Débora, cujo amor transborda, agradeço por entrelaçar meu olhar ao seu, revelando-me um mundo mais amplo, mais terno, mais cheio de cor.

Aos meus pais, Adriana e Gino, que me formaram com raízes profundas, entrego meu afeto. Suas sementes impactaram o que sou hoje e tudo o que ainda serei.

À minha orientadora, Prof. Ivoni Freitas-Reis, minha eterna gratidão por ensinar-me que o amanhã não é limite, mas promessa. Que o desconhecido não é sombra, mas horizonte.

À minha irmã, Jenifer, ao meu cunhado Valdeir e à minha sobrinha Maria Eduarda, que são casa em qualquer lugar, agradeço por sempre me lembrarem de quem eu sou.

À Vania, agradeço por todo cuidado, afeto e por se fazer presente em todas as estações que compuseram essa caminhada.

Aos amigos que compartilharam esta jornada, que dividiram comigo o peso e a leveza, as lágrimas e sorrisos do caminho, deixo um obrigado que ecoará entre as memórias colecionadas.

Aos queridos parceiros do GEEDUQ, pelas trocas que não se medem por artigos, e moldam quem somos, meu sincero reconhecimento.

À UFJF, à Docente participante, à discente Surda, aos Intérpretes Educacionais e a todos os estudantes que, juntos, tornaram possível este trabalho, meu respeito e gratidão.

À FAPEMIG e a CAPES pelo investimento, e aos professores do PPGQ-UFJF, por todo conhecimento partilhado, deixo meu profundo agradecimento.

À professora Christelle Dodane, que gentilmente me acolheu e me orientou, e a Université Sorbonne Nouvelle, agradeço por viabilizarem uma experiência única que marcou minha trajetória pessoal e acadêmico-profissional.

A todos que em gestos, palavras e silêncios me fizeram crescer, meu muito obrigado.

Eu sempre sonho que uma coisa gera,
nunca nada está morto.
O que não parece vivo, aduba.
O que parece estático, espera.

Adélia Prado (1979)

RESUMO

A inclusão de estudantes Surdos no Ensino Superior ainda apresenta desafios significativos, especialmente em disciplinas como a Química, que exigem alto nível de abstração. A linguagem diagramática, por seu caráter visual e relacional, pode ser um recurso valioso para a construção do conhecimento nesse contexto. A partir disso, esta pesquisa investigou as características e funções dos diagramas enquanto artefatos semióticos que compõem materiais, estratégias e ações pedagógicas adotadas por uma Docente de Química Geral no Ensino Superior, com foco na inclusão de estudantes Surdos. O estudo fundamentou-se na teoria semiótica de C. S. Peirce, que comprehende os diagramas como hipoícones que representam relações estruturais entre os elementos que compõem seu objeto. A metodologia adotada incluiu a observação de um semestre de aulas de Química Geral e a realização de entrevistas com a Docente, utilizando a estratégia da Lembrança Estimulada por Vídeo. Os objetivos foram identificar e categorizar as estruturas diagramáticas utilizadas, analisar sua articulação com outros modos semióticos e avaliar suas contribuições para uma pedagogia visual no ensino de Química para surdos. Nesse sentido, os resultados indicaram que a linguagem diagramática é uma ferramenta importante para a construção, compreensão e expressão dos conceitos químicos, ao viabilizar a elaboração de representações visuais lógicas. Além disso, sua integração como parte das estratégias pedagógicas inclusivas se apoiou no uso dos diagramas como uma extensão dos raciocínios da Docente, e na possibilidade de realizar manipulações para produzir inferências de um modo visual, colaborando com o ensino e a aprendizagem de Química para Surdos. No entanto, algumas questões não podem ser ignoradas, como a demanda de um caminho para uma melhor compreensão desses recursos pelos docentes, e a permanente necessidade de compreender a importância da Libras e dos Intérpretes Educacionais para a mediação dos conteúdos. Dessa forma, esta pesquisa contribui para o debate sobre o ensino de Química para Surdos, ressaltando a importância de abordagens visuais para a inclusão. Conclui-se, portanto, que a exploração intencional da linguagem diagramática pode fortalecer o processo de ensino, na figura das construções mentais da Professora, e da aprendizagem, relacionada a compreensão dos fenômenos, propriedades e estruturas pela discente Surda a partir de uma abordagem visual diagramática.

Palavras-chave: Ensino de Química. Diagramas. Educação de Surdos. Semiótica.

ABSTRACT

The inclusion of Deaf students in Higher Education still presents significant challenges, especially in disciplines such as Chemistry, which require a high level of abstraction. Diagrammatic language, due to its visual and relational nature, can be a valuable resource for knowledge construction in this context. Based on this premise, this research investigated the characteristics and functions of diagrams as semiotic artifacts that shape materials, strategies, and pedagogical actions adopted by a General Chemistry Professor in Higher Education, focusing on the inclusion of Deaf students. The study was based on C. S. Peirce's semiotic theory, which defines diagrams as hypoicons that represent structural relationships between the elements that compose their objects. The adopted methodology included the observation of a semester of General Chemistry classes and interviews with the professor, using the Video-Stimulated Recall strategy. The objectives were to identify and categorize the diagrammatic structures used, analyze their articulation with other semiotic modes, and assess their contributions to a visual pedagogy for teaching Chemistry to Deaf students. The results indicate that diagrammatic language is a crucial tool for constructing, understanding, and expressing chemical concepts, enabling the creation of logical visual representations. Additionally, its integration as part of inclusive pedagogical strategies was supported by the use of diagrams as an extension of the professor's reasoning and by the possibility of making visual manipulations to produce inferences, contributing to Chemistry teaching and learning for Deaf students. However, some issues cannot be overlooked, such as the need for better comprehension of these resources by educators and the ongoing recognition of the importance of Libras (Brazilian Sign Language) and Educational Interpreters in content mediation. Thus, this research contributes to the debate on Chemistry education for Deaf students, emphasizing the importance of visual approaches for inclusion. It is concluded that the intentional exploration of diagrammatic language can strengthen the teaching process—both in the professor's mental constructions and in student learning—by enhancing the understanding of phenomena, properties, and structures through a diagrammatic visual approach.

Keywords: Chemistry Education. Diagrams. Deaf Education. Semiotics.

RÉSUMÉ

L'inclusion des étudiants Sourds dans l'Enseignement Supérieur représente encore des défis significatifs, en particulier dans des matières comme la Chimie, qui exigent un haut niveau d'abstraction. Le langage diagrammatique, par sa nature visuelle et relationnelle, peut être une ressource précieuse pour la construction des connaissances dans ce contexte. Partant de cette observation, cette recherche a étudié les caractéristiques et fonctions des diagrammes en tant qu'artefacts sémiotiques structurant les matériaux, stratégies et actions pédagogiques adoptées par une enseignante de Chimie Fondamentale/générale dans l'Enseignement Supérieur, en mettant l'accent sur l'inclusion des étudiants sourds. L'étude s'appuie sur la théorie sémiotique de C. S. Peirce, qui définit les diagrammes comme des hypoïcones représentant les relations structurelles entre les éléments qui composent leurs objets. La méthodologie adoptée comprend l'observation d'un semestre de cours de chimie fondamentale et la réalisation d'entretiens avec l'enseignante, en utilisant la stratégie du Rappel Stimulé par Vidéo. Les objectifs étaient d'identifier et de catégoriser les structures diagrammatiques utilisées, d'analyser leur articulation avec d'autres modes sémiotiques et d'évaluer leurs contributions à une pédagogie visuelle dans l'enseignement de la Chimie aux étudiants Sourds. Les résultats indiquent que le langage diagrammatique est un outil essentiel pour la construction, la compréhension et l'expression des concepts chimiques, en permettant l'élaboration de représentations visuelles logiques. De plus, son intégration dans les stratégies pédagogiques inclusives s'appuie sur l'utilisation des diagrammes comme une extension du raisonnement de l'enseignante et sur la possibilité de manipulations visuelles pour produire des inférences, contribuant ainsi à l'enseignement et à l'apprentissage de la chimie pour les étudiants sourds. Cependant, certaines questions ne peuvent être ignorées, telles que la nécessité d'une meilleure appropriation de ces ressources par les enseignants et l'importance permanente de la langue des signes brésilienne (Libras) et des interprètes éducatifs dans la médiation des contenus. Ainsi, cette recherche contribue au débat sur l'enseignement de la Chimie pour les étudiants Sourds, en soulignant l'importance des approches visuelles pour l'inclusion. Il en résulte que l'exploration intentionnelle du langage diagrammatique peut renforcer le processus d'enseignement, tant dans la construction mentale de l'enseignante que dans l'apprentissage de l'étudiante Sourde, en favorisant la compréhension des phénomènes, des propriétés et des structures par une approche visuelle diagrammatique.

Mots-clés : Enseignement de la Chimie. Diagrammes. Éducation des Sourds. Sémiotique.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Blue Poles, 1952, por Jackson Pollock	40
Figura 2 - Fórmulas para o Ácido Acético	54
Figura 3- Tabela proposta por Mendeleiev em 1989.....	57
Figura 4 - Chemical language models (CLMs).	59
Figura 5 - Posicionamento da filmadora.....	78
Figura 6 - Fluxo de desenvolvimento da LEV.	85
Figura 7 - Etapas de análise.....	87
Figura 8 - Ementa das disciplinas Química Geral 1 e 2.	98
Figura 9 - Conceitos fundamentais sobre o diagrama.	102
Figura 10 - Visão geral do mapa de diagramas.	103
Figura 11 - Atividade inicial.....	105
Figura 12 - Diagrama para o átomo de Bohr.	105
Figura 13 - Equações de energia e comprimento de onda.....	107
Figura 14 - Diagrama Átomo de Bohr manipulado.	109
Figura 15 - Ações relacionadas aos diagramas.....	111
Figura 16 - Exemplos de USO e ELABORAÇÃO.....	112
Figura 17 - Resolução de uma atividade.	115
Figura 18 - Comparação entre átomos de Hélio.	116
Figura 19 - Especificação de diagramas.....	116
Figura 20 - Manipulação de um diagrama.....	118
Figura 21 - Classificações da função pedagógica dos diagramas.....	119
Figura 22 - Efeito Fotoelétrico	120
Figura 23 - Distribuição eletrônica.....	121
Figura 24 - Ciclo de Born-Haber.....	121
Figura 25 - Raio Atômico e Energia de Ionização.	122
Figura 26 - Cálculo da Ordem de Ligação - OL.....	123
Figura 27 - F-O-N e H.	124
Figura 28 - Tabela Periódica	125
Figura 29 - Efeito fotoelétrico.	131
Figura 30 - Interação com o diagrama.....	132
Figura 31 - Combinação de equações.....	132
Figura 32 - Energia quantizada.....	133

Figura 33 - Diagrama de distribuição eletrônica.....	134
Figura 34 - Comparação entre dois diagramas.....	136
Figura 36 – Definições de Carga e	139
Figura 35 - Representação do Átomo.....	139
Figura 37 - Distribuição eletrônica + Tabela Periódica.....	140
Figura 38 - Tendências para o Raio Atômico.....	141
Figura 39 - Atração do núcleo.	142
Figura 40 - Especificação de diagrama em slide.	143
Figura 41 - Gestos de apontamento.	143
Figura 42 - Diagrama de quadrículas.	144
Figura 43- Diagrama Al.....	144

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relações entre signo, objeto e interpretante.....	34
Quadro 2 - Caminho metodológico.	75
Quadro 3 - Mapa de Diagramas.....	80
Quadro 4 - Modelo para organização de episódios.	82
Quadro 5 - Modelo quadro de transcrição dos episódios em sequências discursivas.	82
Quadro 6 - Regras de Transcrição.	82
Quadro 7 - Conteúdos da disciplina de Química Geral (QUI-GER).	97
Quadro 8 - Transcrição do Episódio ‘Diagramas de Transições Eletrônicas’	106
Quadro 9 - SDisc 08, 09 e 10 (Aula 01).	108
Quadro 10 - Especificação das categorias.	126
Quadro 11 - Conteúdo das aulas do bloco 1.....	128
Quadro 12 - Frequência das categorias no Bloco 1.....	129
Quadro 13 - Categorias e frequência – Aula 01	130
Quadro 15 - Categorias e frequência – Aula 02	134
Quadro 16 - Categorias e frequência – Aula 03	138
Quadro 17 - Categorias e frequência – Aula 04	138

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	24
2.1	COGNIÇÃO EXTENDIDA, NICHOS E ARTEFATOS.....	24
2.2	PENSAMENTOS INICIAIS DA TEORIA SEMIÓTICA DE C. S. PEIRCE	30
2.2.1	Nichos de artefatos semióticos	36
2.3	OS SURDOS.....	37
2.3.1	O Artefato Cardinal	42
2.3.2	Entre Nichos e Artefatos: o Ensino de Química para Surdos	45
2.4	A LINGUAGEM QUÍMICA	49
2.4.1	Química como disciplina de instrução	50
2.4.2	O Congresso de Karlsruhe.....	52
2.3.3	Sistematização e Ensino	58
2.5	O DIAGRAMA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	61
2.5.1	A Linguagem Diagramática.....	68
2	CAMINHOS METODOLÓGICOS	74
3.1	ETAPA 1.....	76
3.2	ETAPA 2: MAPEAMENTO/ PRÉ-ANÁLISE	79
3.2.1	Critérios para seleção dos episódios.....	81
3.3	ETAPA 3: ENCONTROS COM A DOCENTE	83
3.3.1	Entrevista com a Docente.....	83
3.3.2	A LEV e a discussão dos episódios	84
3.4	ETAPA 4: A ANÁLISE DAS CATEGORIAS	86
3.5.1	A elaboração e análise das categorias	88
4	ENTRETECENDO FIOS: A CARACTERIZAÇÃO DOS DIAGRAMAS.....	90
4.1	REFLEXÕES SOBRE A TRAJETÓRIA ACADÊMICO-PROFISSIONAL DA DOCENTE.....	90
4.2	CARACTERIZANDO OS DIAGRAMAS	100
4.2.1	A Docente e os Diagramas.....	103
4.2.2	Para Ver com Categorias: ações.....	110
4.2.3	Para Ver com Categorias: objetivos pedagógicos.....	118

5	SOBRE AULAS TECIDAS COM DIAGRAMAS.....	127
5.1	O PRIMEIRO BLOCO DE AULAS	127
5.1.1	Aula 01	130
5.1.2	Aula 02	133
5.1.3	Aulas 03 e 04.....	137
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
	REFERÊNCIAS.....	150

1 INTRODUÇÃO

O movimento em prol da efetivação da educação como um Direito Humano, assegurado pela Constituição de 1988, tem florescido a partir de estudos, estratégias e ações sociais, políticas e econômicas. Dentre essas, a Educação Inclusiva tem uma importância expressiva ao fomentar reflexões e propostas de ações concretas para que todos, verdadeiramente, disponham de um espaço onde possam encontrar-se consigo e com o outro em termos de suas identificações culturais, ao passo que vislumbram um caminho de autoformação e desenvolvimento para cidadania (Oliveira; Queiroz, 2016).

Mover-se a partir do pensamento inclusivo é encontrar um lugar onde a igualdade e a diferença são indissociáveis. Por isso, são necessárias especificações dos diferentes contextos em prol das ações que fomentam a equidade na trajetória educacional, esteja ela vinculada à Educação Básica, Técnica, ou ao Ensino Superior (Nogueira, 2015). Neste trabalho, como um reflexo da trajetória dos pesquisadores, nos dispomos a refletir sobre a inclusão de Surdos em uma Instituição Federal de Ensino Superior.

Assim sendo, a beleza e singularidade que marca a existência dos Surdos reside no fato de que, no lugar do som e da produção oral, suas expressões e compreensões acerca do mundo, incluindo as diferentes formas de linguagem¹ se dão pela via gestual-visual. Portanto, pensar sobre a educação de Surdos passa por adotar uma pedagogia visual, que admite como prioridade a necessidade de trabalhar diferentes estímulos relacionados a essa via de percepção (Quadros; Karnopp, 2004; Leão; Sofiato; Oliveira, 2017; Rezende et al., 2023). Com maior precisão, a Pedagogia visual pode ser definida como um conjunto de práticas, métodos e abordagens educativas que utilizam recursos visuais como meios centrais de mediação, aprendizagem e produção de sentido. Ela deve partir do reconhecimento de que imagens, diagramas, gestos, gráficos, esquemas, vídeos e outras formas visuais não são meros adornos ilustrativos, mas artefatos cognitivos legítimos, capazes de estruturar o pensamento e favorecer modos específicos de interação com o conhecimento (Campello, 2008; Hutchins, 1995).

¹ Assume-se ao longo deste trabalho, a partir da teoria semiótica de Peirce (Peirce, 2017) e de uma perspectiva externalista da cognição (Hutchins, 1995), que linguagem designa o processo dinâmico e contínuo de produção de sentido que ocorre no acoplamento entre corpos, mundos e signos, constituindo-se como uma atividade distribuída na qual os significados são sempre coproduzidos por redes de mediações simbólicas e materiais. Por sua vez, a língua pode ser definida como um conjunto historicamente estabilizado de signos que organizam modos coletivos de significação e coordenação da ação; não é um sistema mental interno, mas uma estrutura sociomaterial que emerge, se mantém e se transforma na interação entre sujeitos, artefatos, gestos, textos e ambientes.

A Química, enquanto ciência e disciplina de instrução, constituiu-se por meio de símbolos, fórmulas e modelos que representam estruturas e fenômenos. Por sua complexidade e caráter abstrato, frequentemente requer representações visuais para fundamentar epistemologicamente seus conceitos e sua compreensão. Frente a isso, nessa disciplina, um ensino tradicional, historicamente alicerçado em abordagens verbais e textuais pode ser um obstáculo para estudantes Surdos, cuja principal forma de comunicação ocorre por meio da Língua Brasileira de Sinais (Libras) e por recursos visuais. Dentro dessa perspectiva, para além da presença da Libras como ferramenta em prol do direito linguístico dos Surdos, uma linguagem organizada de forma diagramática nos parece potencialmente valiosa para o ensino de Química.

Na teoria Semiótica de Charles Sanders Peirce (1839-1914), os diagramas são classificados como ícones que compartilham semelhanças com aquilo que representam, porém, o fazem espacialmente através de relações estruturais entre os elementos que compõem seu objeto (Peirce, 2017). Eles enfatizam relações e não apenas semelhanças visuais diretas. Ainda, ao estruturar as informações de forma visual e relacional, os diagramas podem permitir que estudantes e pesquisadores manipulem, analisem e desenvolvam novas compreensões sobre substâncias e fenômenos químicos a partir de experimentos mentais (Vitral; Queiroz, 2021).

O diagrama pode ser analisado segundo diferentes níveis de generalidade, o que permite distingui-lo como tipo (*type*) e *token*. Conforme a distinção apresentada por Peirce entre *type* e *token*, um diagrama-tipo corresponde à forma diagramática geral, isto é, ao padrão relacional que caracteriza um certo arranjo de partes independentemente de suas realizações materiais (Stjernfelt, 2013). Trata-se da estrutura abstrata que funciona como uma lei semiótica, um legissigno icônico² que regula suas possíveis ocorrências. Desse modo, o diagrama-tipo “consiste em duas partes: um diagrama *token* e um conjunto de regras para o entendimento dele como tipo” (Stjernfelt, 2013, p. 61).

Nesse sentido, o diagrama-*token* refere-se a uma instanciação concreta dessa forma geral. São diagramas materializados em suportes variados: um desenho de uma molécula no quadro, um gráfico da energia de ligação em um livro de Química, uma imagem digital de um sistema em equilíbrio químico projetada em aula, ou mesmo uma anotação no caderno de um estudante. Cada *token* atualiza, com maior ou menor abrangência, o conjunto de relações estipuladas pelo diagrama-tipo, funcionando como uma realização sensível de sua estrutura

² É compreendido por Queiroz (2007a, p.190), como “uma lei que é signo, e cujo objeto é uma possibilidade”.

ideal (Stjernfelt, 2013). A distinção entre tipo e *token* é, portanto, fundamental para diferenciar o caráter ontológico e relacional da forma diagramática de suas manifestações empíricas e contingentes.

No contexto da Química, os diagramas podem fundamentar a compreensão de muitos conceitos e estruturas abstratas, através de fórmulas moleculares, reações químicas e modelos atômicos, por exemplo. A linguagem química foi e segue sendo elaborada a partir de variados diagramas-tipo que se materializam em diagramas-*token* com alta frequência em processos educativos e em pesquisas científicas. Nesse sentido, tomamos que parte expressiva da linguagem química se estrutura de forma diagramática e, em diferentes momentos desse trabalho, iremos nos referir a ela e outras expressões como sendo uma linguagem diagramática.

Uma vez que o raciocínio que se dá fundamentado nos diagramas é chamado de diagramático (Leo, 2013), tratamos como diagramática a linguagem constituída por diagramas-tipo que, ao se materializarem em diagramas-*token*, podem estruturar processos cognitivos, enquanto signos diagramáticos em um contexto específico de semiose. Nos referimos a linguagem diagramática como um sistema de representação visual que se estrutura a partir de diagramas-tipo, salientando sua característica icônica, calcada nas relações espaciais e lógicas que permitem, não apenas a compreensão de informações sobre o objeto referido, mas também a produção de inferências a partir de sua manipulação (CP 2.279). Nisso, portanto, reside seu potencial de não apenas auxiliar no ensino do conhecimento químico, mas sim estruturar o raciocínio como uma ferramenta cognitiva, como um artefato que compõe o nicho de artefatos semióticos produzido pela Química ao longo de sua história (Atã; Queiroz, 2021).

Compreendemos que diferentes investigações sobre o ensino de Química já estabeleceram a Semiótica como um dos fundamentos teóricos para suas investigações. Valadão, Araújo Neto e Lopes (2020), por exemplo, discutem sobre as análises conformacionais de moléculas orgânicas no Ensino Superior a partir da teoria semiótica, enquanto Silva e Araújo Neto (2022) tecem reflexões sobre algumas características do mangá e anime ‘Dr. Stone’, vinculadas ao ensino de Química. Ainda, Fernandes, Freitas-Reis e Araújo Neto (2020), olham para o ensino de Química a partir da semiótica, considerando também o contexto da inclusão de Surdos. Entretanto, o trabalho aqui proposto se diferencia dos citados anteriormente ao, na semiótica de Peirce, buscar os conhecimentos específicos sobre os diagramas e utilizá-los para produzir novos apontamentos sobre o ensino de Química, compreendido a partir de uma visão externalista da cognição, no contexto da inclusão de Surdos no Ensino Superior.

Em suma, diante da importância da visualidade na educação de Surdos e o fato de a linguagem química se estruturar fortemente a partir de diferentes modelos, equações e representações visuais que figuram como diagramas (tipo e *token*), faz-se necessária uma melhor compreensão desses, sua presença no ensino de Química e os caminhos possíveis a serem tomados no trabalho educacional a partir do entendimento de suas potencialidades. Partimos, portanto, da hipótese de que a compreensão e utilização de recursos diagramáticos surge como um caminho promissor para aproximar os estudantes Surdos ao conhecimento químico, permitindo-lhes interpretar e construir significados a partir de elementos visuais. Não apenas no sentido de cooperar com os processos de compreensão dos saberes Químicos, mas também para ampliar as possibilidades de interação com os conteúdos, favorecendo o desenvolvimento da autonomia dos estudantes na aprendizagem. Ainda, sugere-se que a linguagem diagramática, como um artefato semiótico, pode compor os processos cognitivos de docentes e discentes, fundamentando a construção dos conhecimentos químicos por parte dos estudantes, além de serem o componente externo, visível, do raciocínio dos próprios professores.

Diante desse contexto, esta pesquisa busca responder à seguinte questão: *quais são as nuances do uso da linguagem diagramática enquanto um artefato semiótico estruturante de estratégias pedagógicas voltadas à inclusão de estudantes Surdos em aulas de Química Geral no Ensino Superior?* Esse questionamento se insere em um campo de investigação que articula diferentes conhecimentos. Inicialmente, cita-se aqueles provenientes da Semiótica, da didática da Química, os conhecimentos teóricos dessa disciplina, além da fundamentação teórica sobre a inclusão de Surdos.

Assim, a realidade que se apresenta nesta pesquisa é, no mínimo, desafiadora e nada ordinária. Todavia, é apenas um reflexo da complexidade que também se apresenta aos docentes cotidianamente em sua atuação como profissionais da educação. Portanto, com o intuito de responder à questão de pesquisa proposta, foi estabelecido o seguinte objetivo geral: *investigar as características e funções da linguagem diagramática, enquanto artefato semiótico, nos materiais, estratégias e ações pedagógicas adotadas por uma Docente em aulas de Química Geral no Ensino Superior, com foco na inclusão de estudantes Surdos.*

Em concordância com o objetivo geral, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- 1- *Identificar e categorizar os diagramas presentes nos materiais, estratégias e na ação docente;*

- 2- *Investigar o papel da linguagem diagramática frente às variáveis que estruturam o cenário educacional observado;*
- 3- *Analizar como a linguagem diagramática se articula com os demais modos semióticos que compõem as ações pedagógicas da Docente;*
- 4- *Examinar as possíveis contribuições da linguagem diagramática para a construção de uma pedagogia visual no ensino de Química para Surdos.*

Em vista dos objetivos propostos, adotou-se uma abordagem metodológica qualitativa, que combinou a construção de dados a partir de registros audiovisuais e entrevistas semiestruturadas; e um conjunto de análises a partir da teoria Semiótica e dos parâmetros para análise de conteúdo propostos por Bardin (2016). A escolha por registros audiovisuais fundamentou-se na necessidade de um corpus de dados que possibilitassem a observação detalhada da linguagem diagramática e suas relações com outros elementos pedagógicos. Além de permitir a observação das ações Docentes em relação à discente Surda, os Intérpretes Educacionais de Libras/Português - IE³ e os demais estudantes.

As gravações foram realizadas ao longo de um semestre letivo, assegurando a captação das interações pedagógicas e dos recursos visuais utilizados pela professora. Essas filmagens foram mapeadas, com o intuito de organizar os registros em categorias que possibilitassem sua análise posterior. Ainda, a fim de aprofundar nossa compreensão sobre o contexto histórico e acadêmico-profissional da Docente, bem como de suas escolhas pedagógicas, foram realizados três encontros nos quais utilizou-se a técnica da Lembrança Estimulada por Vídeo (LEV), em que os registros audiovisuais foram apresentados à Professora para *compor* reflexões sobre suas práticas. Essa abordagem permitiu um olhar analítico sobre o uso da linguagem diagramática, favorecendo a identificação de padrões e estratégias específicas adotadas no ensino da disciplina.

Em seguida, a partir das aulas mapeadas, a análise seguiu um processo de categorização, no qual os diagramas foram estudados com o intuito de caracterizar a sua presença no contexto investigado. Por fim, utilizando o software ELAN, a partir de um episódio significativo foi estudada a interação entre os diagramas e outros recursos semióticos como os gestos e a fala, utilizados pela Docente para o ensino de Química.

³ Nos referimos aqui aos Tradutores e Intérpretes Educacionais de Libras/Português e compreendemos as diferentes nuances que envolvem sua atuação no contexto educacional, como discutimos em Pereira e Freitas-Reis (2023). Ao longo do texto, os trataremos pelos termos ‘Intérpretes Educacionais’ ou sua abreviação ‘IE’.

Identificou-se, em consequência das observações, a presença de diagramas-*token* ao longo de todo semestre. De modo que, a escolha por utilizar esse recurso esteve vinculada às bases epistemológicas que orientavam as ações da Docente. A partir de uma abordagem que valorizava o diálogo e a autonomia, a Docente lançava mão da linguagem diagramática em prol de uma pedagogia visual, mas também para estruturar seus próprios pensamentos frente às questões e demandas dos estudantes. Ainda, identificou-se que, quando se tratava de uma questão posta pela discente Surda, através dos Intérpretes Educacionais, a Docente priorizava a construção de recursos visuais que, em sua maioria, eram diagramáticos.

Em nossas análises, também identificamos que ao lançar mão de uma linguagem diagramática, a ação envolvida e o objetivo pedagógico nunca eram rígidos. Antes, se adaptavam às demandas postas pelo ambiente, na figura das (i) regras que determinavam o raciocínio, (ii) as questões apresentadas pelos estudantes, (iii) a necessidade de fomentar um ambiente inclusivo para a discente Surda e, por fim, (iv) as condições determinadas pelo conhecimento Químico que estava sendo ensinado. Desse modo, a linguagem diagramática se apresentou flexível, assim como o próprio raciocínio, pronta a se reorganizar para abrir caminhos para novas reflexões.

Por fim, a partir da análise do episódio, compreendeu-se que na abordagem pedagógica da Docente o diagrama-*token* estava sempre alinhado a outros recursos semióticos como a produção oral, textual e gestual. Quando o discurso estava direcionado à estudante Surda, a Professora priorizava utilizar os gestos em conjunto com os diagramas-*token*. Porém, ainda que se compreenda as vantagens de fornecer diferentes estímulos visuais, identificou-se a importância da administração do espaço pelos professores e Intérpretes Educacionais para que estejam inseridos no campo de visão da discente e não sejam apresentados de forma a desorientar sua percepção. Estas observações levaram a reforçar que, ainda que um professor se preocupe com o uso da linguagem diagramática, por exemplo, ainda será necessário estar atento a sua colaboração com os Intérpretes Educacionais, os quais também são fundamentais para a formação dos discentes Surdos.

Portanto, a estrutura desta tese está organizada da seguinte forma: no Capítulo 2, são apresentados os fundamentos teóricos que embasam a pesquisa, incluindo alguns aspectos principais da teoria semiótica de Peirce, dos diagramas, e da ideia de artefatos semióticos e nichos de artefatos semióticos, vinculadas a noção de cognição distribuída. Ainda nesse capítulo, foram discutidos aspectos da educação de Surdos, abordando a importância da Libras, da Cultura Surda e os desafios enfrentados no ensino de Química para esses discentes.

No Capítulo 3, foram descritos os caminhos metodológicos adotados nesta investigação, incluindo as etapas de coleta e análise dos dados, bem como os critérios para a seleção dos materiais e episódios observados. Em seguida, no Capítulo 4, apresentou-se os resultados obtidos entrelaçados à análise dos mesmos. Nesse capítulo refletiu-se sobre a trajetória acadêmico-profissional da Professora, bem como sua relação com a disciplina ministrada. Também foram apresentadas as categorias de análise a partir da discussão sobre alguns diagramas identificados a partir do mapeamento.

No Capítulo 5, estendeu-se a discussão sobre os diagramas, porém a partir da análise do primeiro bloco de aulas da disciplina, compreendendo a frequência das categorias e a relação entre as ações docentes com a ideia da pedagogia visual no ensino de Química para Surdos. Por fim, o trabalho foi concluído com as considerações finais no Capítulo 6. Nele, sintetizou-se as partes centrais do trabalho para organizar as conclusões obtidas ao longo da investigação, relacionando-as com os objetivos propostos por esta pesquisa. Após isso, foram elencadas as principais contribuições da pesquisa em relação ao ensino de Química para Surdos, em conjunto com a proposição de algumas questões que surgiram a partir do trabalho e que podem orientar futuros estudos na área.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O que se investiga nesta pesquisa demanda o encontro de diferentes ideias acionadas como uma resposta à complexidade do cenário observado. Entre o Ensino de Química e a Inclusão de Surdos, pela lente dos diagramas em Peirce e do externalismo cognitivo, buscaremos aqui delinear nossas bases epistemológicas para que os conceitos, as reflexões e as proposições que serão postas ao longo do texto não soem deslocadas. Ainda que seja um desafio corresponder às nuances de um contexto que envolve conhecimentos anteriormente muito ou pouco trabalhados por outras pesquisas - no sentido de selecionar criticamente quais referenciais se adequariam mais à pesquisa, frente a um volume expressivo de escritos, ou de estabelecer conexões teóricas sem muitos precedentes -, encontramos uma compensação na ação de propor um tipo de construção que, em seu ineditismo, oferece a possibilidade de oportunizar novos olhares para o Ensino de Química e a inclusão de Surdos.

Portanto, esta pesquisa está esteada em uma concepção externalista e situada da cognição e na teoria semiótica de Peirce. De modo que, inicialmente, com o intuito de prover uma base epistemológica para a compreensão da ideia de aprendizagem e dos processos cognitivos que envolvem a participação de objetos, indivíduos e aspectos que configuram os diferentes ambientes educacionais, discutiu-se tal compreensão de cognição estendida e situada. Posteriormente, para melhor elucidar sutilezas dessa percepção teórica da cognição, apresentaram-se algumas ideias iniciais da teoria semiótica de C. S. Peirce para estabelecer compreensões de pensamento/semiose, signo e o modo como os fenômenos aparecem à nossa mente.

Em seguida, fomentou-se a discussão sobre a Cultura Surda e suas características que se mostram basilares e orientadoras na educação de Surdos, relacionando, ao fim, as ideias de nichos de artefatos semióticos à Libras, ao ensino de Química e à linguagem envolvida nesse processo. Isso conduziu a uma discussão histórica focada no início da sistematização da linguagem química no século XIX, na Química Inorgânica, e sua relação com a formação de um nicho de artefatos semióticos fundamental para o ensino dessa ciência. Para que, por fim, fosse possível definir algumas percepções importantes sobre a ideia de linguagem diagramática, bem como relacioná-la à Química.

2.1 CONIÇÃO EXTENDIDA, NICHOS E ARTEFATOS

O filósofo britânico Andy Clark (1957-), em seu livro ‘*Natural-Born Cyborgs: Minds, Technologies, and the Future of Human Intelligence*’⁴, argumenta que a humanidade utiliza diferentes artefatos cognitivos acoplados que permitem a extensão de suas mentes (Clark, 2004). Para o autor, um artefato seria qualquer ferramenta, objeto, símbolo, tecnologia ou estrutura externa que participe funcionalmente da realização de processos cognitivos, modificando ou ampliando a capacidade do agente de pensar, lembrar, perceber ou raciocinar. Acerca de tais artefatos, em seu livro sobre a criação de conceitos científicos, a professora de Ciências Cognitivas do Instituto de Tecnologia da Geórgia⁵, Nancy Nersessian, afirma que “os artefatos de uma cultura que desempenham funções cognitivas são chamados de “artefatos cognitivos” e determiná-los dentro de um sistema específico é uma parte importante da tarefa analítica para a cognição orientada pelo ambiente”⁶ (Nersessian, 2008, p. 118, tradução nossa).

Ambos, Nersessian (2008) e Clark (2004), se apoiam em uma ideia de que a cognição não está limitada a um espaço biológico definido por nossos cérebros, mas se encontra sitiada em nosso corpo e distribuída pelos artefatos e ambientes que compõem as diferentes culturas em nosso planeta. Como se, à medida em que a humanidade reorganiza a natureza, ela criasse para si um ambiente cognitivo correspondente às demandas e anseios de sua era, ao mesmo tempo em que o mesmo ambiente modela os caminhos de pensamento de suas sociedades em um tipo de acoplamento indivíduo-ambiente.

Para tais reflexões, Clark (2005) e Nersessian (2008) usam, por exemplo, algumas ideias de Edwin Hutchins (1948-), professor do departamento de Ciências Cognitivas da Universidade da Califórnia em San Diego e responsável por trabalhos importantes na discussão sobre a cognição distribuída⁷. A obra ‘Cognition in the Wild’ (Hutchins, 1995), oferece influentes argumentos em favor de uma concepção estendida, distribuída e situada da cognição humana. Em contraste com os modelos internalistas tradicionais que localizam os processos cognitivos exclusivamente ‘dentro’ da mente ou do cérebro, Hutchins (1995) demonstra, a partir de etnografias de sistemas de navegação naval, que a cognição é um fenômeno que emerge das interações coordenadas entre indivíduos, artefatos, práticas culturais e ambientes materiais. Seu argumento centra-se na tese de que os sistemas cognitivos reais excedem as fronteiras da mente

⁴ ‘Ciborgues Natos: Mentes, Tecnologias e o Futuro da Inteligência Humana’ (Tradução livre).

⁵ Georgia Institute of Technology.

⁶ The artifacts of a culture that perform cognitive functions are referred to as “cognitive artifacts,” and determining these within a specific system is a major part of the analytical task for environment-driven cognition.

⁷ Com destaque para seu livro ‘Cognition in the Wild’, publicado em 1995.

individual e incluem componentes externos que participam constitutivamente das operações cognitivas (Hutchins, 1995).

O primeiro ponto fundamental da argumentação de Hutchins (1995) é a noção de cognição distribuída. Ele mostra que muitas tarefas cognitivas complexas como calcular a posição de uma embarcação ou planejar uma trajetória não são realizadas por um único agente portador de toda a informação, mas sim por coletivos funcionalmente acoplados. Cada membro da equipe naval detém apenas parte das informações e executa apenas um segmento de operações; entretanto, o sistema como um todo exibe competências que nenhum indivíduo isoladamente possui. Assim, a inteligência não reside em sujeitos individuais, mas na rede coordenada de ações, artefatos e fluxos comunicacionais que os conectam. Nas palavras do autor, “os seres humanos são sistemas adaptativos que continuamente produzem e exploram um rico mundo de estruturas culturais”⁸ (Hutchins, 1995, p. 288, tradução nossa).

Destaca-se que, em Hutchins (1995), a ideia de cultura amplia noção de conjunto de valores, crenças ou símbolos de um grupo. Para ele, a cultura seria um sistema de práticas sociomateriais, ou seja, um conjunto de práticas, rotinas, instrumentos, modos de coordenação e representações que estruturam a ação; a infraestrutura que torna a cognição humana possível, distribuída e estável. De forma que a cultura não seria aquilo que a humanidade tem como um conteúdo mental, mas sim aquilo que ela realiza a partir de diferentes artefatos, práticas e outros sujeitos. Desse modo, as gerações anteriores, por exemplo, deixam instrumentos projetados, sistemas de notação, procedimentos padronizados e convenções linguísticas. Ao utilizar-se tais recursos em uma ação, pode-se afirmar que o processo cognitivo se daria assente na história que se sedimentou em ferramentas, artefatos da cultura constituída e ativa naquele sistema.

Desse modo, um segundo componente essencial nos argumentos de Hutchings (1995) é o papel de artefatos culturais. Para o autor, objetos como mapas, bússolas, instrumentos de cálculo, registros notacionais e protocolos de comunicação não são meros auxiliares da mente humana; eles são partes integrantes dos processos cognitivos. Esses artefatos incorporam soluções históricas e culturalmente estabilizadas para problemas recorrentes, funcionando como reservatórios de raciocínio já cristalizado. Assim, quando um navegador utiliza um mapa para projetar a rota, ele não está apenas consultando uma ferramenta externa, mas está literalmente pensando com o mapa. Ou seja, a operação cognitiva é distribuída entre cérebro, corpo e artefato.

⁸ Human beings are adaptive systems continually producing and exploiting a rich world of cultural structure.

Clark e Chalmers (1998) – dentre as diversas discussões propostas em seu artigo ‘*The extended mind*’ – exemplificaram seu raciocínio a partir da imagem de dois indivíduos. Uma mulher, Inga, que precisa ir até uma exposição em um museu e possui uma crença a respeito do endereço em que ele está localizado. Ela se dirige até a posição geográfica específica sem ao menos recorrer a sua memória para confirmar que aquele seria o local correto. A segunda cena é construída, por sua vez, com um homem, Otto, que sofre com a doença de Alzheimer e utiliza um caderno que leva consigo por onde vai, guardando informações importantes que aprende ao longo da vida, de modo que tal objeto exerce para ele a função que habitualmente é desempenhada pela memória biológica. Esse homem decide ir, da mesma maneira, à exposição no museu, porém, consulta em seu caderno o endereço do local e em seguida se dirige até ele. Os autores, então, destacam que a informação presente no caderno de Otto funciona exatamente como a crença ordinária de Inga, porém, se encontra para além da pele. Os autores ainda afirmam que “dizer que as crenças desaparecem quando o caderno é guardado parece perder a visão geral da mesma forma que dizer que as crenças de Inga desaparecem assim que ela não está mais consciente delas”⁹ (Clark; Chalmers, 1998, p.13, tradução nossa).

Assim sendo, as fronteiras da mente são, para Hutchins (1995), operacionais e não biológicas. Elas definem-se pelos elementos que participam efetivamente da solução de um problema. Se mapas, instrumentos, outras pessoas e práticas culturais são necessários para que uma tarefa seja executada, então eles fazem parte do sistema cognitivo. Assim, a unidade de análise da cognição não é o cérebro, nem o indivíduo, mas o sistema sociomaterial em funcionamento. Para o autor, “a unidade adequada de análise para discutir a mudança cognitiva inclui o ambiente sociomaterial do pensamento”¹⁰ (Hutchins, 1995, p. 289), de modo que tal sistema sociomaterial seria um conjunto integrado de pessoas, artefatos, ambientes e práticas culturais que, juntos, propiciariam processos cognitivos de forma distribuída e situada.

Essa visão discutida, por exemplo, em Hutchins (1995) e Clark e Chalmers (1998) pode soar incômoda para alguns. Isso pois ela se opõe ao dualismo cartesiano que distingue a mente e o corpo como duas substâncias separadas e de naturezas distintas: a mente é imaterial e essencialmente pensante, enquanto o corpo e o mundo físico são materiais e caracterizados pela extensão no espaço. Retomando o exemplo de Inga e Otto, apresentado por Clark e Chalmers

⁹ To say that the beliefs disappear when the notebook is filed away seems to miss the big picture in just the same way as saying that Inga's beliefs disappear as soon as she is longer conscious of them.

¹⁰The proper unit of analysis for talking about cognitive change includes the socio-material environment of thinking.

(1998), comprehende-se que “em ambos os casos, a informação está confiavelmente lá quando necessária, disponível para a consciência e disponível para guiar a ação, da mesma forma que esperamos que uma crença esteja”¹¹ (p. 13, tradução nossa).

Com base na perspectiva posta, a aprendizagem não é, portanto, assumida como um processo interno e isolado, localizado apenas ‘dentro da pele’ do indivíduo. Ela não se reduz a mudanças mentais internas nem a reestruturações simbólicas puramente cognitivas. Em vez disso, Hutchins (1995) a descreveu como um processo de reorganização adaptativa dentro de um sistema sociomaterial que é parte constitutiva da aprendizagem. Desse modo, aprender seria alterar a forma em que estruturas internas e externas estão coordenadas entre si.

Nesse sentido, o que se chamaria por aprendizagem individual seria na verdade um indivíduo sendo alcançado por certos tipos de organização propagados de uma parte de um sistema complexo para outra parte. Ou seja, Hutchins (1995) rejeita a possibilidade de se compreender tipos de mudanças na organização individual sem observar as estruturas culturais que compõem outras organizações que fazem parte de um sistema mais amplo. Logo, a aprendizagem seria coproduzida entre cérebro, corpo, artefatos, procedimentos e ambiente cultural.

Nesse processo, do qual fazem partes os artefatos, Hutchins (1995) propôs uma reflexão sobre o que muitos tratariam como função mediadora dos artefatos na aprendizagem, afirmando que:

No uso comum, um artefato mediador situa-se entre a pessoa e a tarefa: ele media a relação entre o executor e a tarefa. No entanto, em uma inspeção mais cuidadosa, a situação torna-se mais complexa. Aquilo que “se coloca entre” o executor pode ser delimitado de maneiras diversas. Em vez de focalizar o artefato mediador como algo que “fica entre” sujeito e tarefa, eu o considerarei como um dentre muitos elementos estruturais que são postos em coordenação durante a realização da atividade. Qualquer uma das estruturas que são coordenadas na execução da tarefa pode ser vista como uma estrutura mediadora. Nesse contexto, é difícil dizer o que se interpõe entre o quê, mas é certo que todas essas estruturas participam da organização do comportamento. A questão da aprendizagem individual torna-se agora a questão de como aquilo que está dentro da pessoa pode se modificar ao longo do tempo como consequência de interações repetidas com esses elementos da estrutura cultural.¹² (p. 290, tradução nossa)

¹¹ In both cases the information is reliably there when needed, available to consciousness and available to guide action, in just the way that we expect a belief to be.

¹²In ordinary usage, a mediating artifact stands between the person and the task. It mediates the relationship between the performer and the task. On closer inspection, however, the situation becomes more complex. The stand-between reading of mediation assumes that the task and the performer can be bounded independently. Rather than focus on the mediating artifact as something that “stands between,” I will view it as one of many structural elements that are brought into coordination in the

Compreende-se, assim, que a perspectiva apresentada pelo autor rompe com a visão tradicional de que artefatos apenas se interpõem entre o indivíduo e a tarefa, funcionando como instrumentos neutros que auxiliam um processo cognitivo exclusivamente interno. Para ele, essa concepção é inadequada ao pressupor que o indivíduo, a tarefa e o artefato podem ser separados em unidades independentes. Na observação atenta do funcionamento real da atividade humana, para Hutchins (1995), torna-se evidente que os artefatos não são coisas que simplesmente mediam de fora, mas um elemento estrutural que participa ativamente da organização do comportamento e da própria realização da tarefa.

Pensa-se, portanto, nos cenários educacionais no Brasil, identificando a presença de diferentes artefatos cognitivos nos processos de ensino e de aprendizagem relacionados à Química. Esses artefatos, como discutido até então, poderão ser parte integrante da cognição dos discentes e dos professores, tendo o potencial de estender habilidades, criando novas competências e novos meios para a resolução de problemas (Queiroz; Atã, 2018). Atã e Queiroz (2021, p 219), nos auxiliam a compreender o que são os artefatos para além de uma definição literal e reducionista, ao elucidarem que

Os artefatos materiais, que situam e distribuem os processos de significado e cognição, não são “coisas”, mas processos semióticos, signos-em-ação. Linguagem, instrumentos de observação e medição, mapas e diagramas, notações musicais, modelos científicos e matemáticos, algoritmos e computadores, acoplamentos e extensões corporais como óculos, são signos-em-ação (hábitos emergentes), estabilizados e instanciados em estruturas físicas. Como signos-em ação, eles estão situados em contextos materiais e temporais como produtores de efeitos regulares nestes contextos.

Não podemos tratar os artefatos apenas pela sua constituição ou estrutura isolada, mas sim como signos¹³ instanciados em uma teia temporal-espacial que irá delinear sua posição em uma realidade em que a cognição está distribuída e o ambiente influenciaativamente a mente. Em um artigo conciso, por exemplo, Queiroz (2007b) propôs uma discussão sobre a linguagem como um tipo de artefato semiótico, fazendo dialogar, principalmente, ideias de Clark (2003;

performance of the task. Any of the structures that are brought into coordination in the performance of the task can be seen as a mediating structure. It is difficult in this context to say what stands between what, but they certainly all participate in the organization of behavior. The question of individual learning now becomes the question of how that which is inside a person might change over time as a consequence of repeated interactions with these elements of cultural structure.

¹³ Um signo é definido por Peirce como algo que representa alguma coisa para alguém, de algum modo ou em alguma capacidade.

2006), Hoffmeyer (2006) e Hutchins (1999). Nessa teia de pensamentos construída por Queiroz (2007b), somos apresentados à concepção de Clark (2006) da linguagem como um artefato que provê a seus usuários novas habilidades ou maximiza outras que são inatas. Nesse sentido, Hutchins (1999) posicionou a linguagem como o mais importante artefato cognitivo, sendo fundamental para a constituição do ser humano. Porém, como um artefato, Clark (2006) comprehende que a linguagem seria capaz de estruturar nichos cognitivos nos quais estariam imersos.

Um nicho cognitivo seria um ambiente construído ou modificado pelos seres humanos de forma a potencializar suas capacidades cognitivas, o que inclui o uso de ferramentas, tecnologias, sistemas simbólicos e até mesmo práticas sociais e culturais que *estruturam a* organização do pensamento (Clark, 2006). Hoffmeyer (2006) apresenta outra nomenclatura, elegendo esse ambiente construído por artefatos semióticos como um ‘nicho semiótico’. Já em Atã e Queiroz (2021), temos a semiotização da noção de nicho cognitivo, resultando na ideia de ‘nínhos de artefatos semióticos’ que considera algumas ideias de C. S. Peirce. Isso pois, uma vez que artefatos estão situados em contextos materiais e temporais, ou como escreveu Nercessian (2008), são artefatos cognitivos que fazem parte de uma cultura, somos conduzidos à ideia de Nichos de Artefatos Semióticos. Entretanto, para melhor compreender tal ideia, faz-se necessária a apresentação de algumas noções básicas da teoria semiótica proposta por Peirce.

2.2 PENSAMENTOS INICIAIS DA TEORIA SEMIÓTICA DE C. S. PEIRCE

Charles S. Peirce definiu a Semiótica, ou lógica¹⁴, como a doutrina dos signos, de modo que, nas palavras do autor, em seu artigo *Logic as Semiotic: The Theory of Signs*, um signo “é algo que representa alguma coisa para alguém, de algum modo ou em alguma capacidade. Ele se dirige a alguém, ou seja, cria na mente dessa pessoa um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido”¹⁵ (Peirce, 1955, p. 99, tradução nossa).

Além da classificação dos signos, Peirce argumenta que a lógica como semiótica envolve três ramos principais: gramática especulativa, que analisa a estrutura dos signos e suas possibilidades; crítica lógica, que investiga a validade dos argumentos e raciocínios; e retórica especulativa, que estuda os efeitos dos signos na comunicação e na cognição. Essa divisão

¹⁴ Peirce (1955) reiterou que em sua visão a lógica seria apenas um outro nome para semiótica.

¹⁵ [...] is something which stands to somebody for something in some respect or capacity. It addresses somebody, that is, creates in the mind of that person an equivalent sign, or perhaps a more developed sign.

reflete a ideia de que a semiótica não se limita à análise da linguagem, mas se estende a todos os processos intelectuais (CP 2.229; Queiroz, 2004b).

O polímata norte-americano contribuiu com diversos domínios do conhecimento como a filosofia, a lógica/semiótica, a matemática, as ciências cognitivas e a pragmática. Como um dos principais representantes do pragmatismo¹⁶, sua obra se apoiou na intenção de “entender o que um signo faz, que relações ele produz em sua função ontológica básica, que é a de se referir a alguma outra coisa, de estar para algo que ele não é, de ser a presença de uma ausência constitutiva a que chamamos de realidade” (Léo, 2013, p. 13).

Nesse sentido, as coisas se apresentam à consciência por meio dos signos, ou seja, nada é conhecido diretamente, mas sempre mediado. O autor, como uma apostila filosófica, argumenta que a experiência humana é interpretativa e que a consciência não tem acesso imediato à realidade, mas apenas aos signos que representam essa realidade. Isso significa que nosso conhecimento do mundo é sempre um processo de mediação semiótica (Peirce, 1955).

Dentro desse processo, Peirce afirma que pensar é interpretar signos e que a consciência não é uma entidade isolada, mas parte de um fluxo contínuo de significação (*continuum*). Assim, as coisas estruturam por meio de uma cadeia infinita de signos, em que cada nova interpretação gera outra, em um processo chamado ‘semiose’. Isso implica que o significado nunca é fixo, mas sempre dinâmico, dependendo do contexto, da cultura e da experiência do intérprete. A consciência, portanto, não é um repositório passivo de impressões sensoriais, mas um sistema ativo de signos em constante transformação (Atã; Queiroz, 2019; Queiroz, 2004b).

Portanto, a maneira como as coisas surgem na consciência pode ser explicada a partir de categorias fenomenológicas que “demarcam as condições do que é inteligível e funcionam como uma lista exaustiva de concepções, ou questões, fundamentais, impostas a priori à cognição” (Queiroz, 2004a, p. 272). Inicialmente, Peirce nomeia três categorias como primeiridade, secundidade e terceiridade (CP 8.328) de modo que, nas palavras do autor, a primeiridade seria aquilo que é tal como é, sem referência a qualquer outra coisa; a secundidade seria aquilo que é tal como é, relativamente a um segundo elemento, sem qualquer relação com uma terceira entidade; e a terceiridade seria aquilo que é tal como é, de modo a ser capaz de

¹⁶ O pragmatismo em Peirce, como uma doutrina lógica ou um método, busca esclarecer o significado dos conceitos intelectuais por meio de suas consequências práticas e efeitos concebíveis. Para Peirce, o sentido de uma ideia não está em sua definição abstrata, mas nas ações e experiências que ela pode produzir. Esse princípio estabelece que a compreensão de um conceito deve ser determinada pelas suas implicações reais no pensamento e na conduta, hábitos. Peirce enfatiza que o pragmatismo não é um critério de verdade, mas um caminho para tornar os conceitos mais claros e operacionais dentro do raciocínio lógico e científico (Peirce, 1878; Peirce, 1877; Costa; Silva, 2011; Santaella, 2004).

relacionar uma primeira e uma segunda entidades. Peirce delimita, portanto, a hierarquia existente entre as classificações.

Segundo Queiroz (2004a), em diferentes momentos Peirce apresenta diferentes denominações de primeiridade, secundidade e terceiridade, como: espontaneidade, dependência e mediação (CP 3.422); feeling, reação e hábito (CP 4.157); qualidade, reação e mediação (CP 4.3); qualidade, relação e representação (Peirce, 1868). Tais nomenclaturas nos indicam características do que está posto em cada categoria.

Com base em Santaella (2003), podemos afirmar que a primeiridade refere-se à qualidade pura da experiência imediata, antes de qualquer interpretação, como a sensação de uma cor ou um som. A Secundidade envolve a relação entre dois elementos, como a resistência de um objeto físico ao toque ou a percepção de causa e efeito. Já a Terceiridade é a mediação e a interpretação, ou seja, a forma como um signo remete a outro signo, estabelecendo significado e continuidade na consciência. Sumariamente, Queiroz (2004, p.273) pontua que “primeiridade é a categoria da potencialidade, possibilidade, independência. Secundidade é a categoria da reação, oposição, esforço, resistência, existência. Terceiridade é a categoria da mediação, generalidade, lei, hábito, síntese”.

Para dar um embasamento formal a suas categorias, Peirce “distinguiu relações unisituacionais ou monádicas (por exemplo, “...é vermelho”), di-situacionais ou diádicas (por exemplo, “...é menor que”) e tri-situacionais ou triádicas (por exemplo, “...está entre...e...”)” (Walter-Bense, 2000, p. 3). Ainda, argumentou que a junção de diferentes situações (relações poliádicas) poderiam ser reduzidas a um dos três tipos de relações, mostrando a irredutibilidade das relações triádicas, diádicas e monádicas.

As ideias de primeiridade, secundidade e terceiridade, são utilizadas para orientar outras tríades de classificação, ou de relação entre uma tríade principal, cuja relação consistente, conforme argumentam Atã e Queiroz (2019), irão constituir a semiose. Essa tríade, estabelecida por Peirce, foi contextualizada por De Tienne (2007, p. 70-71) da seguinte maneira:

O primeiro artigo importante que Peirce publicou, 'On a new list of categories' (CP 1.545, EP1: 1-10), em 1867, foi o resultado de dez anos de árdua pesquisa, no qual ele firmemente estabeleceu a estrutura universal da representação em geral. Esta estrutura foi descrita como irredutivelmente triádica. Ela envolvia, primeiro, o isolamento de um elemento que incorporava o fundamento da representação - um elemento que carregava, em si-mesmo, o poder de estar para alguma outra coisa de modo a trazer de volta a sua presença (*o quale*, seja este uma relação monádica, diádica ou triádica); segundo, outro elemento que já tinha sido representado pelo quale-signo anterior, antes de sua realização atual (*o correlato*); e terceiro, um elemento cuja tarefa principal seria reconhecer que a realização corrente pertence à mesma classe da

realização passada, assim como encontra-se representada pelo correlato (*o interpretante*).

Posteriormente, tais ideias foram amadurecidas por Peirce ao refinar a noção do interpretante e integrá-la ao correlato, que passou a ser tratado como o objeto. A tríade peirciana compõe-se, então, de signo, objeto e interpretante (S-O-I). Um signo, para Peirce, é algo que, para alguém, representa outra coisa para além de si mesmo, e assim representa a essa pessoa um segundo objeto (CP 2.228). Esse objeto é compreendido como aquilo que o signo representa, seja como existente, seja como meramente possível, seja como passado, presente ou futuro (CP 2.228). Por fim, o interpretante seria um efeito do signo em uma mente que o interpreta, ou seja, é algo produzido por aquilo que o signo representa, na mente do interpretante, e que, consequentemente, está relacionado com esse objeto (CP 2.228).

Santaella (2000) alerta para o cuidado que se deve ter ao compreender o signo como ‘algo que representa alguma coisa para alguém’, pois para a autora, o foco está no “engendramento lógico que se instaura entre três termos (signo-objeto-interpretante) e que põe em destaque as relações de determinação (do signo pelo objeto e do interpretante pelo signo)” (Santaella, 2000, p.13). Nas palavras de Peirce:

Defino um signo como qualquer coisa que, de um lado, é assim determinada por um Objeto e, de outro, assim determina uma ideia na mente de uma pessoa, esta última determinação, que denomino o Interpretante do signo, é, desse modo, mediatamente determinada por aquele Objeto. Um signo, assim, tem uma relação triádica com seu Objeto e com seu Interpretante. (CP 8.343)

Nos soa como uma armadilha aplicar esforços para apresentar variados exemplos de como esta relação se daria, pois, a semiose, em sua relação S-O-I, assim como cada componente dessa tríade, deve estar instanciada em um contexto espaço-tempo específico. Concordamos que

a semiótica descreve e analisa a estrutura de processos semióticos sem se importar com base em que suporte material tais processos podem acontecer, ou em que escala podem ser observados – no interior de células (citossemiose), entre plantas (fitossemiose), no mundo físico (fisiõessemiose), em comunicação animal (zoossemiose) ou em atividades consideradas tipicamente humanas (produção de notações, metarrepresentações, modelos, etc.). (Queiroz, 2004b, p.20)

Todavia, não é viável definir o que um signo pode ser em relação a seu objeto como se as possibilidades de significação não estivessem conectadas ao interpretante gerado, o qual, quando relativo àquele gerado na mente humana, estará, certamente, vinculado a uma existência

situada espacialmente e temporalmente (Léo, 2013). Peirce afirma que o signo pode ser tomado em um sentido tão amplo “a ponto de seu interpretante não ser um pensamento, mas uma ação ou experiência, ou podemos mesmo alargar tanto o significado de signo a ponto de seu interpretante ser uma mera qualidade de sentimento” (CP 8.332). Desse modo, reiteramos, com base em Santaella (2000), que há inúmeras possibilidades de funcionamento de um signo, uma vez que a tríade é criada no e pelo ato de interpretação. Qualquer coisa, seja ela de que espécie for, ao chegar à mente é imediatamente convertida em signo.

Para além disso, é fulcral a compreensão de que o interpretante de um signo gerado não representa o fim do processo cognitivo, isto pois, como anteriormente dito, a consciência não é uma entidade isolada, mas parte de um fluxo contínuo de significação (*continuum*). A ideia de *continuum* está estritamente relacionada à semiose – processo pelo qual os signos produzem significados – à princípio, por situar o espaço no qual a semiose se dá e, posteriormente, por destacar a fluidez e a interconexão dos significados ao longo desse *continuum* (Zink, 2001). Conforme Peirce (2017) concebe, o continuum é composto por uma infinidade de possibilidades e relações em constante evolução, em um movimento continuado de interpretação e produção de significados. Nesse contexto, o interpretante desempenha um papel fundamental na semiose (De Tienne, 2007), ao estabelecer a conexão entre o signo e o objeto, traduzindo-o em um novo signo interpretativo que, por sua vez, pode gerar novos interpretantes (CP 1.339).

As classificações de Peirce não se esgotam na definição de signo, objeto e interpretante. O autor ainda dialoga sobre o signo em si, assim como o objeto e interpretante, além de, por exemplo, estabelecer tríades que se fundamentam a base da primeiridade, secundidade e terceiridade para propor categorias de relações signo-objeto, signo-interpretante e signo-signo. O Quadro 1 organiza as tríades de cada uma dessas relações.

Quadro 1 - Relações entre signo, objeto e interpretante

1.Signo-Signo	2. Signo-Objeto	3. Signo-Interpretante
Os signos em si mesmos podem ser: 1.1 qualidades; 1.2 fatos; e 1.3 ter a natureza de leis ou hábitos.	Os signos podem estar conectados com seus objetos em virtude de: 2.1 uma similaridade; 2.2 uma conexão de fato, não-cognitiva; e 2.3 hábitos (de uso).	Os signos podem representar seus objetos como: 3.1 sendo qualidades (mera hipótese ou rema); 3.2 sendo fatos (dicentes); 3.3 sendo leis (argumentos);

Fonte: Santaella, 2000.

A primeira tricotomia classifica os signos conforme sua natureza ontológica, ou seja, de acordo com o que são em si mesmos. Essa divisão resulta em três tipos principais de signos: qualisigno, sinsigno e legisigno. O qualisigno trata de uma qualidade que pode funcionar como signo. No entanto, ele só se manifesta efetivamente como signo quando está incorporado em algo material. Por exemplo, uma cor específica pode ser um qualisigno, quando usada para representar algo, como a simples cor vermelha (CP 2.244). O sinsigno é um evento ou objeto singular que funciona como signo. Como ele é algo concreto e único, sua significação depende das qualidades que possui, por exemplo, um trovão pode ser um sinsigno que indica tempestade (CP 2.245). Por fim, o legisigno consiste em uma lei ou convenção que funciona como signo. Normalmente, os legisignos são estabelecidos pela coletividade e funcionam de maneira geral. Por exemplo, palavras escritas podem ser legisignos, ao representarem conceitos por meio de convenções linguísticas (CP 2.246).

A segunda tricotomia classifica os signos de acordo com a relação que estabelecem com o objeto ao qual se referem. Nessa classificação, Peirce (CP 2.247) distingue três tipos de signos: ícones, índices e símbolos. O ícone pode ser considerado um signo que se relaciona com seu objeto por semelhança. A relação entre o signo e o objeto independe da existência real do objeto. Por exemplo, um retrato pode ser considerado um ícone de uma pessoa ao registrar características visuais provenientes dela (CP 2.247). Já o índice é um signo que se relaciona com o objeto por uma conexão causal ou factual. Diferente do ícone, um índice depende da existência do objeto para ter significado. Por exemplo, fumaça pode atuar como um índice de fogo, pois há uma relação direta entre os dois (CP 2.248). O símbolo, por sua vez, é um signo cuja relação com o objeto depende de uma convenção ou lei. A ligação entre o signo e o objeto é arbitrária e aprendida (e.g. palavras, certos sinais de trânsito, símbolos de elementos químicos etc.) (CP 2.249).

A terceira tricotomia classifica os signos conforme sua relação com o interpretante, ou seja, de acordo com o tipo de significado que transmitem ao receptor, resultando em três categorias definidas por Peirce como rema, dicissigno ou dicente, e argumento, de modo que ‘rema’ seria um signo que representa seu objeto como uma possibilidade qualitativa. Ele não faz nenhuma afirmação sobre a realidade, apenas sugere algo. Qualquer rema, potencialmente, pode fornecer alguma informação, mas não será interpretado como quem o faz (CP 2.250). Em segundo, o dicente é um signo que representa seu objeto como um fato real. Os dicissignos fazem afirmações sobre a realidade e podem ser considerados equivalentes a proposições ou declarações (CP 2.251). Por último, o argumento é classificado como um signo que representa

seu objeto por meio de uma regra ou inferência lógica. Os argumentos estabelecem relações lógicas e podem ser usados para justificar ou demonstrar algo (CP 2.252).

As classificações e reflexões até aqui apresentadas nos servem como uma explanação inicial da teoria semiótica para que os conceitos desta tese sejam estabelecidos tendo em conta tais noções. Sobre a obra de Peirce, Coelho Netto (2014, p.52) afirma que “seus manuscritos cobrem cerca de 70.000 páginas – além dos que se perderam – e destas pelo menos 10.000 páginas são consideradas de relevante importância filosófica e fundamentais na obra do autor”. Assim como afirma Coelho Netto (2014), temos consciência de que a pretensão de cobrir todo esse trabalho em algumas páginas pode ser tomado como índice de insanidade. E, assim como o autor, reconhecemos que o que aqui é exposto trata-se da abordagem de centímetros da superfície desse imenso construto teórico deixado por Peirce. Porém, tal abordagem se justifica pelo que esta pesquisa se propõe e o lugar da teoria semiótica em nossas análises.

2.2.1 Nichos de artefatos semióticos

A partir de uma melhor compreensão das ideias de Peirce sobre o signo e a semiose, retoma-se a noção de nicho cognitivo (Clark, 2006), semiotizada por Atã e Queiroz (2021), resultando na ideia de ‘níchos de artefatos semióticos’. Os autores tratam a atividade cognitiva como ação triádica dos signos, ou semiose, considerando as propriedades que a caracterizam. Isso conduz a compreensão da “atividade de agentes cognitivos como o comportamento habitual de artefatos semióticos em uma trajetória de interações” (Atã; Queiroz, 2021, p. 220).

Ainda, Atã e Queiroz (2021, p. 220) especificam que tal comportamento habitual “é dependente de um processo de coevolução entre artefatos e seus ambientes de atuação - construção de nichos de artefatos semióticos - pelo qual artefatos adquirem, desenvolvem, e eventualmente perdem, capacidade de atuar de maneira estável”. A partir disso, é possível compreender que, sendo a semiose situada em um universo composto por signos que evoluí, um nicho de artefatos semióticos seria “um espaço estruturado de condições fundamentais para estabilidade da semiose, como situacionalidade (colocalização) e distribuição temporal entre comunidades de agentes e seus ambientes” (Atã; Queiroz, 2021, p. 221).

Não se objetiva descartar a ideia de que a formação será influenciada por fatores biológicos e intrínsecos aos diferentes arcabouços humanos que caracterizam suas estruturas físicas, emocionais e cognitivas; e que poderão até mesmo determinar a escolha por certos artefatos semióticos, como Otto e seu caderno, no exemplo de Clark e Chalmers (1998). Entretanto, trata-se de uma formação individual situada, em que o desenvolvimento cognitivo

se dá em um sistema híbrido, no acoplamento sujeito-ambiente-artefatos. Ainda que cada estudante seja um ‘outro’ diferente, aquilo que nele se julga interno e particular, seria, na verdade, o produto de um todo¹⁷ material e metafísico que nele permanece, que o compõem e, por isso, é um todo que se altera pela simples experiência de por ele também ser constituído.

Nesse sentido, os ambientes educacionais - à medida em que são espaços projetados para fomentar os processos cognitivos em conjunto com diferentes artefatos - constituiriam nichos de artefatos semióticos. Em uma sala de aula, por exemplo, o quadro, os livros, a linguagem utilizada e os dispositivos tecnológicos não apenas armazenam e/ou organizam informações, mas caracterizam a interação entre alunos e professores, e figura como *lócus* das semioses nesse ambiente. Um outro exemplo estaria no desenvolvimento de uma comunidade química, pois, quando um grupo desenvolve uma sequência de artefatos semióticos, incluindo sua linguagem, técnicas e métodos, cultura, gera-se um nicho de artefatos semióticos no qual o pensamento científico se estabiliza e é possível conhecer o mundo e no mundo a partir de uma perspectiva específica que faça sentido dentro dos limites estabelecidos pelo nicho.

Unindo ambos os exemplos, alcançamos o cenário investigado por esta pesquisa: uma sequência de aulas de Química Geral em uma sala de aula com a presença de uma discente Surda. Poderíamos dizer que o nicho de artefatos semióticos que se estabelece nesse contexto envolve os conhecimentos Químicos organizados a partir da ementa da disciplina e programados para serem ensinados pela docente responsável, mas é também caracterizado pela surdez, pela busca da inclusão. Portanto, iremos em seguida dedicar-nos a busca por uma compreensão dos aspectos que caracterizam a surdez, a fim de estarmos aptos para tecer reflexões que não soam deslocadas da realidade dos indivíduos para os quais estamos pensando o ensino de Química.

2.3 OS SURDOS

Uma compreensão ampla da surdez estará em função da perspectiva que se assume; a título de exemplo, é possível olhar para esses indivíduos por meio de um modelo clínico-terapêutico ou um modelo socioantropológico, em que cada um equivaleria a caminhos realmente distintos (Jesus, 2023). E, ainda que se escolha observar a partir das duas lentes, é razoável perceber que o que se classifica como ‘ser surdo’ é, na verdade, uma definição composta por imagens plurais que representam diferentes possibilidades. Seria, então,

¹⁷ Nos referimos aqui ao contexto no qual um indivíduo se encontra. O ambiente que o cerca.

conflituoso estabelecer um conceito de surdez com o intuito de enquadrar todos os indivíduos, pois iria contra o que apresentamos como argumento inicial.

Ser surdo depende, segundo Damázio e Alves (2016), de fatores biopsicossociais, cognitivos e culturais que estariam concatenados ao modo como a surdez ocorreu, seu nível, o processo de aquisição de linguagem, a escolha pela oralização ou aprendizagem da língua de sinais, o contexto familiar, econômico, dentre outros. Essas variáveis caracterizam possibilidades que, ao tecerem a imagem de uma identidade, irão exprimir a multiplicidade de fatores que existem e tornam existentes os indivíduos surdos. Entretanto, assim como todo grupo social, há alguns indicadores que são mais amplos e representam, em certo nível, a cultura de uma comunidade.

Logo, tratar de questões culturais vinculadas aos surdos pode representar um território de discussão controverso que, para Lopes e Veiga-Neto (2006, p. 82), consiste em “um dos temas mais problematizados no campo dos Estudos Surdos”. Existe uma dualidade na compreensão da existência ou não de uma “cultura surda”. Santana e Bérgamo (2005) postularam que surdos e ouvintes compartilham de um mesmo universo social e que apenas ter uma língua diferente não seria suficiente para classificar uma cultura diferente, sendo então insustentável defender a ideia da existência de uma ‘cultura surda’ e ‘cultura ouvinte’ (Santana, Bérgamo, 2005). Em contrapartida, Sá (2006) afirmou que a cultura se expressa por meio da linguagem, da arte, juízos de valor, motivações, dentre outros. A autora definiu os surdos como um grupo minoritário que luta para a aceitação de sua cultura frente a outra majoritária - ouvintista - determinando em seu texto um sentido de cultura representado por um campo de forças subjetivas que caracteriza um grupo.

Nesse sentido, Lopes e Veiga-Neto (2006, p. 82) argumentaram que “além da língua de sinais, da arte, do teatro e da poesia surda, a noção de luta, a necessidade de viver em grupo e a experiência do olhar são marcadores que nos permitem falar de identidades surdas”, identidades essas que compõem sua cultura específica. Para os autores, a existência da mesma está constantemente associada às marcas históricas de uma predominância ouvinte e a submissão dos surdos, considerados incompletos comparados ao que tal classe dominante determinou como padrão ou estado de completude. Como consequência desse histórico e o estabelecimento do ouvinte como um tipo de “opositor binário” (Lopes; Veiga-Neto, 2006, p. 85), a comunidade foi e tem se constituído mediante sua persistência em fortalecer as lutas e seus posicionamentos. Ou seja, falar de marcadores culturais surdos, significa falar diretamente sobre um empenho aplicado para o reconhecimento de seu grupo social.

Deste modo, concordamos com a existência de uma cultura surda partindo do pressuposto de que, assim como para todos os indivíduos, somos regidos por uma cultura dominante, porém, em uma mesma sociedade, coexistem várias expressões culturais interligadas, configurando o que Sá (2006) e Candau (2008) designaram como multiculturalismo. Um surdo pode também ser negro, indígena, imigrante, dentre outros; exemplificando, assim, a impossibilidade de definir um indivíduo como participante de apenas uma esfera cultural.

Apesar da evidente multiplicidade encontrada no ser surdo, é possível enumerar certos marcadores que representam uma parte considerável do todo. Ainda de acordo com Lopes e Veiga-Neto (2006, p. 96), “podemos decodificar alguns deles; contudo, muitos dos códigos comungados pelo grupo nem sempre são visíveis para aqueles que, mesmo interagindo com a comunidade surda, não partilham de uma forma semelhante de ser e significar os acontecimentos”.

Tratando-se dos mais comuns e perceptíveis, podemos destacar: (i) o uso de uma língua gestual-visual, Língua Brasileira de Sinais - Libras¹⁸ (Ferreira-Brito, 1995; Perlin, 2004); (ii) um maior foco de percepção nos aspectos visuais do ambiente que o cerca (Campello, 2008); (iii) formas diferentes de se expressarem artisticamente – poesia e teatro surdos, dentre outros (Lopes, Barbosa, Oliveira, 2022; Jardin, 2022); (iv) uma relação mais intensa de exaltação de sua própria comunidade, bem como a busca por espaços de convivência e compartilhamento com a mesma (Ruzza, 2022); (v) constante envolvimento com questões políticas, principalmente que demandam luta pelos direitos dos indivíduos surdos (Lopes; Veiga-Neto, 2006).

Nesse processo de reconhecimento de um grupo que traz em sua essência marcas multiculturais (Strobel, 2008), no Brasil a história dos surdos é delineada por importantes movimentos como: (i) a criação do atual Instituto Nacional de Educação de Surdos - INES em 1857, a primeira instituição educacional voltada para o ensino desses discentes; (ii) o surgimento de ideias de comunicação total no final do século XX, 1970, e a educação bilíngue para surdos em 1980 (Santos; Cunha; Magalhães, 2021), regulamentada pela Lei 14.191/21 (Brasil, 2021); (iii) o reconhecimento legal da Língua Brasileira de Sinais - Libras pela Lei nº 10.436/2002 (Brasil, 2002), fruto de uma luta sistemática da comunidade surda (Strobel, 2008); (iv) a inserção da Libras como disciplina nos cursos de Licenciatura, pelo Decreto nº

¹⁸ Esta classificação se aplica apenas a língua utilizada pelos Surdos no Brasil. A Libras não é universal, pois, como uma expressão cultural de seus usuários, cada país possui sua língua de sinais específica.

5.626/2005 (Brasil, 2005), acarretando na contratação de professores surdos e ouvintes para atuarem no ensino de Libras e ampliando o alcance da cultura surda na academia (Santos; Cunha; Magalhães, 2021); dentre outros.

A cada passo histórico, novas conquistas foram estabelecidas, assim como novas lutas (Perlin, 2004). A cultura surda tem sido desenhada à medida que a comunidade batalha para ocupar um espaço na sociedade, sendo parte dela e não sua refém; a projeção de tal ilustração se assemelharia a uma pintura expressionista abstrata do artista norte-americano Jackson Pollock (1912-1956), que enfatizava a expressão espontânea (Figura 1).

Figura 1 - Blue Poles, 1952, por Jackson Pollock



Fonte: Pollock (1952).

Na obra, vê-se diferentes marcas, não necessariamente coesas, formando uma imagem que, majoritariamente, exprime sentido na subjetividade, porém com pontos comuns a todos que a observam, como as cores, as formas e o material. Ou seja, relacionam-se distintos contextos histórico-culturais que expressam a individualidade do ser, diferenciando-os, mas colaborando na composição de um quadro mais amplo, harmônico, no qual os marcadores culturais da comunidade surda, tal como a Libras, são pontos de conexão que identificam e trazem familiaridade ao todo.

Diferentes vivências (e.g. ambientes familiares, educacionais, religiosos etc.) propiciam a instituição de padrões culturais e formas de pensar distintas¹⁹, portanto, seria um reducionismo considerar ser surdo como algo uno, que se aplica a todos os indivíduos. Identificar-se como surdo não é homogeneizar-se - pois ainda entre esses indivíduos observa-se a construção de diferentes identidades surdas (Maia, 2020; Perlin, 1998) - mas sim associar-se a uma cultura que possui marcadores e artefatos, se distanciando da definição clínica em prol da emancipação

¹⁹ Aqui, nos referimos a semiose estabilizada por um nicho de artefatos semióticos específicos, como discute Atã e Queiroz (2021).

por meio do posicionamento em uma comunidade, povo e cultura (Bandeira; Vidon, 2020). Trata-se, portanto, de um povo que progressivamente se organiza na busca pela observância de seus direitos e a compreensão e cultivo de sua cultura (Duarte et al., 2013). Em suma, concordamos com o argumento proposto por Poirier (2005):

[...] propomos manter a noção de cultura surda, permitindo que pessoas surdas se identifiquem com uma comunidade construída em torno de características positivas e objetivos comuns, e situada em uma comunidade maior. Não estamos, portanto, falando de um movimento de pessoas surdas mobilizadas, por exemplo, em torno de uma deficiência, mas de uma comunidade de pertencimento baseada em uma língua e uma história particulares, inscrita em um contexto nacional particular. (p. 64-65, tradução nossa)²⁰

A construção dessa cultura surda, em síntese, apoia-se em aspectos históricos que fortalecem o sentimento comunitário e ressaltam as qualidades do ser Surdo, como sua língua, olhar para o mundo e estilo de vida. Entretanto, estar inserido em um contexto majoritariamente ouvinte, principalmente para aqueles em desenvolvimento inicial (intelectual, cultural e social), pode causar transtornos pessoais, construindo sua identidade de forma fragmentada. Dividido, portanto, entre as duas comunidades, ouvinte e surda (Gesueli, 2006), sua existência é, em si mesma, multicultural (Strobel, 2008). Porém, eles poderão enfrentar desafios significativos caso o acesso a Libras ou a cultura surda aconteça após uma construção de cultura apenas em um meio ouvinte (Cromack, 2004).

Não somente para os indivíduos surdos, mas para muitos brasileiros, a busca por identificação por vezes é permanente. Isso como um sintoma do contexto histórico de formação do país e, atualmente, a falta de incentivo a um olhar atento para nossa riqueza cultural (Oliveira, 2000). Alguns, mesmo vivenciando-a, não conseguem valorizá-la por crerem na soberania do externo e do importado (Silva; Araújo, 2023). De modo semelhante, porém sem distância geográfica, surdos precisam se identificar com sua cultura imersos em um ambiente em que uma maioria os observa com um olhar de falta e de superioridade, pois consideram o ser ouvinte como o correto, o padrão, a completude.

Diante desse confronto, a língua de sinais pode ser vista como um artefato que, para a Comunidade Surda, representa um símbolo de resistência e orgulho de seu direito de existência como um indivíduo Surdo. Por isso, e para irmos um pouco mais fundo na importância dos

²⁰[...] nous proposons de retenir la notion de culture sourde, permettant aux personnes sourdes de s'identifier à une collectivité construite autour de caractéristiques positives et d'objectifs communs, et située dans une collectivité plus large. Nous n'évoquons donc pas un mouvement des personnes sourdes mobilisées, par exemple, autour d'un handicap, mais une communauté d'appartenance fondée sur une langue et une histoire particulières, inscrite dans un contexte national particulier.

aspectos visuais para os processos cognitivos desses educandos, discutiremos um pouco mais sobre a língua de sinais em seguida.

2.3.1 O Artefato Cardinal

Sacks (2010), em seu livro “Vendo Vozes”, afirma que um surdo ao ser alfabetizado em sua língua de sinais se desenvolverá cognitivamente tal qual um indivíduo ouvinte. O autor focaliza a importância da aquisição da linguagem para o pensamento e para o desenvolvimento humano, o que a princípio pode nos levar a pensar: que seja, então, ensinada a língua oral e escrita, uma vez que representa a maioria. Entretanto, diversos estudos reforçam que a aprendizagem das línguas orais (oralização) para os surdos não é um processo natural, podendo ser, na verdade, frustrante e desgastante. Em contrapartida, a aprendizagem da língua de sinais é natural a esses sujeitos (Duarte et al. 2013), devido à sua compatibilidade com os canais de produção (gestual) e recepção (visual) utilizados pelos surdos para percepção do mundo.

Nos deparamos aqui com um primeiro argumento na observância da língua de sinais como importante artefato para o estabelecimento de um indivíduo surdo. No Brasil, o uso da Libras tornou-se não apenas uma questão fisiológica, mas cultural. Para os Surdos, a língua não se qualifica apenas como uma tecnologia para operar, mas primariamente para ser. Porém, nem sempre o cenário geral esteve legalmente favorável para a utilização da língua de sinais no Brasil e ao redor do mundo.

No decorrer do século XIX, diferentes instituições europeias - por exemplo, na França, Espanha e Itália - se dedicavam à educação de jovens surdos, sendo muitas delas vinculadas a fé cristã. Havia entre tais instituições constantes diálogos, trocas de saberes, práticas e debates que penetravam a esfera da linguagem em busca de uma padronização de suas abordagens educativas (Buton, 2008). Com a finalidade, portanto, de organizar os métodos e discursos científicos vigentes sobre a questão dos surdos, importantes congressos, como o de Milão, em 1880, serviram como marcos históricos decisivos.

Nesta época, existia uma tensão entre a aplicação do método oral, frente à utilização dos sinais na educação de surdos. Essa disputa, por um tempo, encontrou sua resolução no congresso supracitado pois, ao fim desse evento, optou-se pela oralização como método padrão para a educação de surdos. Essa decisão influenciou profundamente a história desses indivíduos e o seu desenvolvimento. Nas palavras de Rodrigues et al. (2021, p. 4), “grande parte da narrativa hegemônica sobre a história da educação dos surdos se dá a partir das decisões favoráveis ao método oral puro como o melhor método de ensino da palavra ao surdo”.

O congresso de 1880 se posicionou na região de Milão, especificamente, porque nessa geografia havia mais defensores do método oral puro, bem como o Instituto Real e o Instituto dos Surdos-mudos Pobres de Campanha, que já utilizavam esta metodologia. Na França, por outro lado, utilizava-se amplamente o método misto, que integrava a abordagem oralista e a de sinais, além de educadores que defendiam o uso de sinais. Com estratégias bem definidas,

[...] sediou-se o congresso a fim de que os participantes pudessem ver o funcionamento do “método oral puro” e foram reservados dois dias do evento a fim de que os congressistas pudessem não só visitar, mas também acompanhar exames de alunos surdos-falantes educados nos institutos. (Rodrigues et al., 2021, p. 7)

Eram diversos os argumentos utilizados para posicionar o uso do método oral, principalmente a necessidade de que os surdos fossem devolvidos à sociedade pois, se esta utiliza a fala oral, os surdos também o deveriam fazer para se integrarem a esse sistema. Porém, como base para parte significante dos pensamentos apresentados, recorreu-se ao uso de referências religiosas. “Numa Europa marcadamente católica e que ainda procurava se mostrar potente diante das investidas protestantes, o “Congresso de Milão” é também expressão de uma fundamentação religiosa *versus* o advento da perspectiva científica darwinista” (Rodrigues et al., 2021, p. 15).

Durante todo o evento lançaram mão de passagens bíblicas para fundamentar a importância da palavra falada através de argumentos como: a palavra de Deus que cria o universo; a palavra como uma representação da força divina e dom de Deus aos homens; a fala como distinção entre Adão e os animais aos quais ele nomeava; e a necessidade da palavra para compreender conceitos metafísicos como o próprio Deus (Fornari, 1881).

Outro ponto colocado em questão foi a perspectiva da surdez como falta, doença, tendo como referência os atos milagrosos de Cristo, o qual fez surdos ouvirem e mudos falarem; portanto, não deveriam então os educadores prezarem pela palavra? ‘Fazer surdos falarem’? Ainda, havia nos argumentos um certo “apelo ao carisma missionário” (Rodrigues et al., 2021, p. 16); destacava-se a necessidade de que todos cumprissem o *Id e ensinai*, o qual aparentemente, na perspectiva dos congressistas, seria realizado apenas através da palavra falada; como poderiam os surdos pronunciar o evangelho sem se fazerem entendidos pelos ouvintes? (Fornari, 1881).

Entre tantos argumentos e ideias, o que nos parece evidente é o discurso ideológico que banhou a expressão *Viva la Parola*. Não se tratava apenas de um confronto de métodos, mas um confronto de ideias que correspondiam a culturas específicas. A língua em sua modalidade oral, aqui, representa a hegemonia dos que tecem e defendem os argumentos que determinaram

o futuro dos Surdos por anos (La Rochelle, 1880). Esses (surdos), no entanto, sofreram por não terem ali a defesa dos sinais, ou seja, a defesa de sua cultura, do que os representaria e não o que escolheram para que os definissem.

Nesse cenário, tornava-se evidente que ao imporem sua língua, estariam também transmitindo sua cultura, perpetuando os padrões de comportamento imperialistas e de colonização frente aos diferentes, aos ‘sem cultura’. Isso resultou na submissão dos Surdos a “um passado imerso na obrigação de serem ouvintes e, em função disto, aceitar que os outros fizessem a sua história, os dominassem” (Perlin & Strobel, 2014, p. 20). Tiraram-lhes sua língua, tiraram-lhes então parte expressiva de sua cultura. Indo mais a fundo, foram impedidos de pensar a partir de seu artefato cognitivo cardinal. No congresso de Milão, escolheram não aceitar à visão de que, conforme discorre Peirce (2017), assim como a palavra é um signo simbólico estabelecido pelo acordo entre uma comunidade, o sinal reflete a mesma propriedade, porém, é um signo produzido na modalidade gestual-visual; é como voz para que se escute com os olhos.

Aqui, a reflexão centrada na importância da língua de sinais é uma parte de um todo representado pela via de percepção e expressão dos surdos que irá determinar não apenas sua língua, mas toda dimensão da linguagem que será, por essência, visual. A importância da linguagem visual para os surdos transcende a mera necessidade comunicativa e se enraíza em uma compreensão da fenomenologia da percepção e da própria constituição do ser-no-mundo (Silva, 2024). Enquanto os ouvintes organizam sua cognição a partir da linearidade da linguagem oral-auditiva, os surdos constroem suas relações com o real por meio de uma espacialização do significado, onde os sinais de sua língua, por exemplo, parametrizados pela configuração das mãos, orientação, movimento, locação e a expressão não-manual não apenas substituem palavras, mas instauram um modo específico de habitar o mundo.

Sob a perspectiva da teoria da externalização da mente (Clark; Chalmers, 1998), reafirmamos que a linguagem visual não é apenas um meio de expressão dos surdos, mas uma extensão de seus processos cognitivos. O pensamento se organiza em torno da espacialidade e da iconicidade, o que implica que a cognição surda opera por mecanismos distintos da cognição verbal-auditiva, explorando a visualidade não apenas como meio, mas como substância do pensamento. Dessa forma, reduzir a língua de sinais a uma mera adaptação da linguagem falada é um equívoco epistemológico: ela constitui um sistema autônomo de significação, dotado de uma lógica própria, que reflete e possibilita a complexidade do pensamento surdo (Silva, 2024).

O mundo não lhes aparece de maneira fragmentada ou limitada pela ausência do som, mas sim como um espaço de significação organizado por formas, gestos, expressões faciais,

padrões de movimento e relações espaciais (Silva, 2024). Esse fenômeno se manifesta tanto na comunicação interpessoal quanto na recepção de narrativas, arte, cinema, arquitetura e até mesmo na forma como a tecnologia e a mídia são apropriadas pela comunidade surda. A redundância e a iconicidade da informação visual também são essenciais. Ambientes acessíveis para surdos não dependem apenas da tradução linguística, mas de um design que maximize o potencial informativo da imagem, como no uso de legendas bem estruturadas, pictogramas intuitivos, vídeos instrucionais, interfaces gráficas bem projetadas e narrativas visuais que não apenas complementam, mas substituem o som.

Além disso, a visão periférica e a capacidade de processar múltiplos estímulos simultaneamente são habilidades mais desenvolvidas em indivíduos surdos, o que influencia tanto sua forma de atenção quanto sua maneira de interpretar o espaço e o movimento. Estudos da neurociência sugerem que, na ausência da audição, o córtex auditivo pode ser recrutado para processar estímulos visuais, aumentando a sensibilidade a variações sutis de luz, cor e movimento (Bavelier; Hirshorn, 2010).

A linguagem visual, portanto, desempenha um papel central na experiência perceptiva dos Surdos. O olhar é seu principal canal de recepção do mundo. Diferente dos ouvintes, eles desenvolvem uma relação cognitiva e sensorial baseada na captação e interpretação de estímulos visuais. Assim, a primazia da linguagem visual para os Surdos é um reconhecimento da diversidade dos modos humanos de pensar e perceber. Logo, nos cabe a reflexão de como os ambientes educacionais e os atores que promovem o ensino de Química articulam os aspectos visuais relativos a seus nichos de artefatos semióticos, frente às características ontológicas da Surdez.

2.3.2 Entre Nichos e Artefatos: o Ensino de Química para Surdos

Há uma relação clara entre o ensino de Química e a educação de Surdos, no que diz respeito a confluência entre duas culturas (Pereira; Freitas-Reis, 2024). Esse movimento se expressa, principalmente, na linguagem científica dialogando com os saberes cotidianos incorporados pela língua de sinais. Esse encontro, no tempo presente, caracteriza um desafio educacional que se estende para os docentes, IEs, para os próprios discentes Surdos e para os demais atores do ambiente educacional (Pereira; Freitas-Reis, 2023).

Dada sua relevância, diferentes nuances do ensino de Química para Surdos vem sendo analisado em diversos trabalhos (Bozzi; Catão, 2021; Lynn et al., 2020; Catão; Pereira, 2018; Fernandes; Freitas-Reis, 2017; Oliveira; Benite, 2015; Benite; Benite; Vilela-Ribeiro, 2015),

compreendendo uma busca por garantir o direito linguístico desses discentes diante da especificidade de se comunicarem por meio de uma língua gestual-visual, enquanto os ouvintes utilizam um mecanismo oral-auditivo, ou seja, produção pela via oral e recepção pela audição (Strobel; Fernandes, 1998).

Nos termos de Clark (2008), nesse cenário há uma interação entre diferentes nichos cognitivos, ou nichos semióticos, como discutido por Hoffmeyer (2008). Isto pois, em primeiro lugar, as reflexões e produtos no campo das Ciências da Natureza são historicamente compostas por códigos, representações e modelos padronizados pela comunidade científica, que tencionam descrever os fenômenos e propriedades do mundo e compõem uma linguagem própria (Pereira; Benite; Benite, 2011). A partir de Queiroz (2007b), podemos considerá-la (linguagem) como um artefato que compõe o nicho semiótico da comunidade Química e precisa ser ensinada nos ambientes formais de educação, como em nosso caso, no Ensino Superior, confrontando as concepções pré-estabelecidas pelos educandos para criar novas conexões mentais que suportam essas ideias ou as ressignificam com conhecimentos provenientes da Química²¹.

O impacto cultural causado pela aprendizagem dessa Ciência se aplica a ouvintes e Surdos, porém, é preciso considerar que ambos são comumente formados a partir de alguns nichos semióticos diferentes e, como discutiu Hoffmeyer (2008), cada organismo apreende o mundo de acordo com sua própria realidade sensorial e funcional, o que, nesse caso, implicará em cenários distintos de comunicação e percepção. Seus artefatos cognitivos para estruturação do pensamento, fala, expressões gráficas, dentre outros, são particulares e por isso demandam uma organização do ambiente que viabilize a ação cognitiva. Isto pois, sejam eles cognitivos (Clark, 2006), ou semióticos (Hoffmeyer, 2008), conforme elucidou Queiroz (2007b), tais artefatos estruturam nossos ambientes e, em uma visão externalista do conhecimento, se tornam parte da cognição humana, podendo influenciar as diferentes possibilidades que temos para a reflexão e resolução de problemas.

À vista disso, no âmbito educacional, cabe ao docente administrar esses componentes a partir de seus saberes pedagógicos (Andrade; Silva, 2021). Logo, o ato de ensinar estará imbricado pela disposição em propiciar um ambiente de construção de conhecimentos que em um primeiro momento são mais familiares ao educador e, por isso, o posiciona como representante para viabilizar o ‘choque cultural’ entre os saberes científicos e os conceitos prévios dos estudantes (Pereira; Catão, 2020).

²¹ Podemos citar exemplos de termos que são utilizados no cotidiano e que possuem um sentido diferente na Química, como: sal, ligação, orgânico, fusão etc.

Em uma sala de aula que busca ser inclusiva a surdos, o professor agirá, mormente, por meio de sua produção oral. Nesse cenário, o discente surdo que se comunica por meio da Libras não será contemplado, necessitando da ação dos IEs que, em sua maioria, não têm uma formação específica na área de conhecimento que está sendo ensinada (Pereira; Freitas-Reis, 2023)²². Esse é um ponto central em nossa discussão e nele reside a diferença expressiva em relação ao uso de artefatos em prol da aprendizagem. Os Surdos em um ambiente inclusivo não possuem no professor uma referência cultural precisa²³, ao mesmo tempo que não vêm os artefatos de seu nicho semiótico sendo manipulados por esse profissional. Por causa disso, pensa-se sobre a ação docente e sua formação, com o intuito de compreender as ações necessárias para que, em meio a todos os aspectos de diferença já conhecidos, encontre-se pontos de convergência que criariam um vínculo mútuo de disposição à aprendizagem.

Os movimentos formativos voltados à educação de surdos e educação inclusiva ainda são discretos em cursos de licenciaturas na área de Ciências da Natureza em Instituições de Ensino Superior (Abdalla; Almeida, 2021), sobretudo, devido à alta demanda de conteúdos já existentes em seus currículos. Assim, em muitos casos há apenas o contato promovido pela disciplina obrigatória de Libras - estabelecida pelo Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005 (Brasil, 2005) -, ou por meio da participação de eventos acadêmicos que tratam do tema e, ocasionalmente, em disciplinas que permitam maior flexibilidade do docente para abordar tais discussões, como Estágios Supervisionados, disciplinas de instrumentação para o ensino, dentre outras.

Em determinadas conjunções, o docente apenas irá se movimentar para conhecer mais do contexto da inclusão de surdos ao se deparar com essa demanda em sua prática - caso o mesmo não qualifique essa realidade como algo pelo qual não é responsável. Ainda que se considere o melhor cenário dentre as opções apresentadas, considerando que o professor não tenha o domínio da Libras, ele não compreenderá o mínimo das decisões interpretativas tomadas pelo(a) Intérprete Educacional, além de possivelmente apresentar dificuldade na relação com o(a) discente surdo(a) (Souza; Silveira, 2011).

²²Esta informação é necessária para que se entenda a necessidade do trabalho coletivo entre professor e IE. Como um profissional da área da tradução e interpretação, não caberia uma exigência de formação em todas as áreas sobre as quais produz enunciados em Libras no espaço educacional.

²³Compreendemos que a escola é um local de aprendizagem e, por isso, as imagens formadas para os estudantes não podem ser completamente familiares pois assim não contribuirão em nada com o desenvolvimento dos educandos. Porém, a semiose se dá a partir da reestruturação de estruturas mentais com a formação de novas conexões que formam a teia do nosso pensamento. Para os ouvintes, ainda que esse desconforto aconteça, ele estará sendo feito a partir de sua língua materna, um artefato importante de seu nicho semiótico já formatado para seu padrão de pensamento.

Ainda, é necessário ressaltar a existência de demandas gerais quanto à ação do professor frente o ensino inclusivo a surdos, sendo elas: a necessidade de adaptação do ritmo de fala do docente diante da diferença entre o tempo de produção da língua de sinais e a língua oral (Gile, 2009); o uso de pausas durante as ações didáticas, diante da impossibilidade do discente surdo em realizar anotações simultaneamente à produção do discurso do docente (Catão; Pereira, 2018) e o cuidado com a utilização de representações e modelos pelo docente que, se abordados de forma despreocupada, podem facilmente levar a compreensões errôneas dos fenômenos e conhecimentos científicos (Fernandes; Freitas-Reis; Araújo Neto, 2020).

Como contraponto às dificuldades, observam-se três vias interessantes no que tange à cultura surda em diálogo com o ensino de Química: (i) a atenção ao trabalho coformador do Intérprete Educacional (Pereira, Freitas-Reis, 2023); (ii) a elaboração e/ou incorporação de sinais-termos provenientes de sinalários e glossários direcionados a conceitos das ciências da natureza (Fernandes et al., 2019; Pizano; Catão; Gomes, 2021) e (iii) o uso de uma pedagogia surda (Strobel, 2008).

O primeiro ponto justifica-se na compreensão de que, sendo o professor um representante do conhecimento científico e o IE da comunidade surda, é imprescindível o diálogo entre ambas as partes (Pereira; Catão, 2020; Oliveira; Benite, 2015). Desse modo, o docente se aproxima da cultura surda e colabora para a atuação coformadora do intérprete ao passo que comprehende seu papel e coopera com a construção dos conceitos científicos na língua de sinais.

O segundo ponto refere-se ao uso de sinais-termos que representam os conceitos científicos a partir da Libras - o principal artefato cultural dos indivíduos surdos (Strobel, 2008). Defende-se o uso de sinais-termos adequados a estrutura gramatical da Libras e eficientes em sua composição simbólica, para que se garanta o direito linguístico aos discentes surdos, a fim de que construam o conhecimento a partir de sua língua.

Acerca do terceiro ponto, sendo a pedagogia surda uma estratégia que considera os aspectos fisiológicos, cognitivos e sociais desses educandos (Perlin; Strobel, 2006), torná-la parte da ação docente é uma estratégia perspicaz. Na Química, por exemplo, o docente deve se atentar à significação das representações (reações químicas, modelos atômicos, modelos matemáticos etc.), visto que a perspectiva dos surdos está associada diretamente ao que se observa (Campello, 2008).

Esse último ponto se destaca quando o foco é posto sobre a ação docente. Não é razoável pensar em um tipo de pedagogia Surda que não se preocupe com uma abordagem visual envolvendo a intensificação de estímulos a partir do uso de recursos variados como os gestos,

representações, imagens, vídeos, modelos concretos etc. Isso para que a rede de signos que compõem uma ideia seja mais bem fundamentada e mais coerente na formação de um nicho semiótico do qual os discentes Surdos serão parte ativa (Lopes, 2006; Fernandes; Freitas-Reis, 2017; Pereira; Benite; Benite, 2011).

Nesse âmbito, surdos e ouvintes compartilharão, em parte, da habilidade de perceber os signos que compõem a linguagem química materializados visualmente em fórmulas, modelos, representações e outros mais. Esse se torna, portanto, um ponto de convergência entre os discentes no ensino de Química aos moldes da inclusão, de modo que a pesquisa sobre a linguagem utilizada nas aulas de Química impacta não somente aos discentes surdos, mas também aos ouvintes.

Tendo em conta que muitos “professores, no intuito de ressignificar e reconstituir os esquemas conceituais dos estudantes e promover a substituição das ideias prévias por conhecimento científico, fazem uso de diferentes explicações, modelagens, linguagem e recursos para esclarecer um conteúdo” (Kavalek et al., 2019, p. 415), muitos desses recursos e, principalmente a linguagem química, serão essencialmente diagramáticos. Porém, não deveriam ser posicionados como um entrave, mas sim um mediador orientado para viabilizar a compreensão de fenômenos, materiais e ideias, por intermédio da ação docente orientada pela pedagogia surda e a busca pela intensificação da visualidade.

Entretanto, pode ser comum ver a linguagem química (diagramática ou não) ser apresentada no ambiente educacional sem nenhum vínculo histórico, cultural ou qualquer outra referência, o que dificulta a aprendizagem por parte dos estudantes, das funções e das diferentes possibilidades de reflexões a partir dela (linguagem química). Posto isto, nos deteremos em seguida a dialogar acerca desse conjunto de artefatos sistematizados como um nicho semiótico, principalmente, a partir da segunda metade do século XIX (Bensaude-Vincent; Stengers, 1992), e que vem sendo compartilhados em diferentes espaços formais de ensino. Isso, com o intuito de possibilitar um olhar para o desenvolvimento histórico da linguagem química, assimilando seu contexto e as funções pelas quais os Químicos da época foram motivados para, assim, tecer relações entre as nuances desse processo científico de modelagem e a ação de discentes e docentes ao se apropriarem dessa linguagem no processo dialógico de ensino dos conhecimentos químicos.

2.4 A LINGUAGEM QUÍMICA

Para guiar esta discussão sobre a linguagem química retomaremos a ideia de nichos de artefatos semióticos proposta por Atã e Queiroz (2021). Segundo os autores, entende-se um nicho de artefatos semióticos como “um espaço estruturado de condições fundamentais para estabilidade da semiose, como situacionalidade (colocalização) e distribuição temporal entre comunidades de agentes e seus ambientes” (p. 221). De modo que o termo espaço é amplo em considerar não apenas as nuances físicas, mas também sociais e culturais que transcendem a posição geográfica. Isto, tendo em mente que, a partir da noção de crença e hábito em Peirce (1887), os hábitos, como materialização das crenças, refletem o ambiente cultural no qual tais crenças se apoiam. Nos termos de Atã e Queiroz (2021), os hábitos serão produzidos pela influência dos nichos de artefatos semióticos que promovem condições dinâmicas estáveis para as semioses.

No argumento desenvolvido por Atã e Queiroz (2021), um nicho de artefatos semióticos cria um ambiente estável para o funcionamento - como indica seu próprio nome - de seus artefatos semióticos. Realizar essa classificação se torna importante em nosso trabalho para a compreensão de aspectos que compõem esse nicho - caracterizado pela Química como um domínio de conhecimento - e seus artefatos, incluindo sua linguagem específica. Discutiremos então, em seguida, sobre aspectos vinculados ao desenvolvimento da Química como disciplina de instrução em Universidades e a sistematização da Química Inorgânica no século XIX, como discute Leicester (1971), um momento de expressiva importância na história da Química ao representar um processo de integração entre os saberes para a construção de um conhecimento comunitário e compreendido internacionalmente.

2.4.1 Química como disciplina de instrução

Em 1834 o escritor francês Honoré de Balzac (1799-1850), figura importante para o realismo literário, publicou a obra *La Recherche de l'Absolu*, apresentando a história de um químico, Balthazar Cläes, disposto a encontrar certa fórmula correspondente ao que o personagem chama por ‘substância absoluta’, a qual seria dotada do poder de reproduzir a natureza em qualquer nível; uma ambição símila a da obtenção da pedra filosofal. Nessa obra, o autor estabeleceu a visão de um cientista que afasta tudo e todos a fim de alcançar seu objetivo; narrativa, esta, que situa a Química como uma profissão de loucos, ou que direciona a loucura, a ponto de impactar as esferas: familiar, econômica e social (Balzac, 1976).

Em contrapartida, Balzac apresenta o filho mais velho do personagem principal, Gabriel, o qual adquire riquezas e status a partir do uso de seus conhecimentos científicos.

Conforme aponta Bensaude-Vincent e Stengers (1992), a obra retrata distintas possibilidades de carreiras para o químico, dependendo da função direcionada a mesma. A de Balthazar soa deslocada em uma época pós Revolução Francesa e nas engrenagens da Revolução Industrial na Europa Ocidental, e a de Gabriel espelha com mais eficiência o cenário do período em que se passa a narrativa.

A dualidade apresentada concerta-se com as mudanças sobre as formas de se fazer química e ser químico no final do século XVIII e início do século XIX, conforme afirmam Bensaude-Vincent e Stengers (1992). As autoras apontaram que os principais motores dessa mudança foram a (i) criação de revistas especializadas por toda a Europa, contribuindo para a difusão rápida de informações e fomentar redes de especialistas; (ii) a organização de sociedades de Química e de um congresso internacional de especialistas, em 1860; e sobretudo, (iii) a promoção dessa ciência no Ensino Superior. A Química enquanto área de estudo e profissão teve sua consolidação vinculada em grande parte ao terceiro tópico, ou seja, o crescimento das instituições de Ensino Superior que colaboraram com a propagação dessa ciência em nível disciplinar (Maar, 2004).

Compreende-se que esse processo adquire forte expressão no ensino da Química em cursos da área da Saúde, com destaque nos estudos para a produção de medicamentos – iatroquímica (Leicester, 1971). Porém, em um viés mais independente, a formação em Química ao longo do Séc. XIX se desvinculou aos poucos da relação orientador mestre por uma vida, para dar lugar a um treino cotidiano intenso nas manipulações químicas, o que acontece a partir de escolas de investigação baseadas em um professor-patrono, responsável por indicar as problemáticas a serem discutidas (Leicester, 1971; Bensaude-Vincent; Stengers, 1992).

Esse cenário dialogava com a concepção de Justus von Liebig (1803-1873), um químico alemão pioneiro na área da Química Orgânica, conhecido por sua pesquisa em análise de compostos orgânicos e o desenvolvimento de métodos para a aplicação de fertilizantes na agricultura (Derossi; Freitas-Reis, 2018). Liebig tinha a concepção de que um bom químico “é alguém que sabe ver, sentir, pensar em termos e fenômenos; que sabe guardar na memória as sensações ligadas às experiências e aos produtos que manipulou no passado” (Bensaude-Vincent; Stengers, 1992, p. 142). Liebig tratava da expertise do químico ao lidar com as demandas da profissão, que podem ser desenvolvidas com o auxílio da mediação de um docente (Elliott; Stewart; Lagowski, 2008). Desse modo, a promoção da Química nos cursos do Ensino Superior “encoraja duplamente a profissionalização, não apenas pela formação dispensada, mas também pela criação de empregos” (Bensaude-Vincent; Stengers, 1992, p.142).

Em seu laboratório em Giessen, na Alemanha, Liebig favorecia o olhar para a análise Química com o objetivo de ensinar a pesquisar nessa ciência (Freitas-Reis et.al., 2017). Ao contrário do que já era visto nos laboratórios de ensino em universidades nos séculos XVII e XVIII, nos quais se trabalhava a Química prática com foco nos estudos da Medicina e, precisamente, no preparo de fármacos (Maar, 2006); como afirmaram Derossi e Freitas-Reis (2018, p. 94), “Liebig desejava ampliar e desenvolver os conhecimentos sobre a química, sem que esta continuasse vinculada a outros cursos: ele a queria como uma disciplina independente”. Essa visão se alinha a percepção de Liebig de uma Química que possui uma relevância expressiva para descrever e compreender aspectos da humanidade e do mundo, e não apenas para fins práticos (Derossi, Freitas-Reis, 2019).

O laboratório de Giessen envolvia estudantes que pesquisavam cada um em seu próprio tema, levando-os a sempre discutir conjuntamente suas indagações, proposições e resultados. Por exemplo, “os alunos mais antigos trabalhavam em problemas originais, entregando um relatório todas as manhãs sobre seu progresso no dia anterior. Esses relatórios eram discutidos por Liebig com os vários alunos no planejamento de seu trabalho futuro”²⁴ (Elliott; Stewart; Lagowski, 2008, p. 146, tradução nossa). Este cenário alcançou grande repercussão entre os profissionais da área e acabou por tornar-se uma representação do caminho que o ensino de ciências e o fazer científico tomariam, diante da necessidade do diálogo e colaboração entre pares (Rodriguez, 2012). Para que essa realidade se amplificasse, era necessário que houvesse um alinhamento da linguagem química, ou melhor, a construção de um nicho semiótico que permitiria a interação entre os pares situados em posições geográficas distintas. Nesse sentido, um dos alunos de Liebig, August Kekulé (1829-1896), foi peça importante ao mobilizar o primeiro evento internacional da Química: O Congresso de Karlsruhe (Leicester, 1971).

2.4.2 O Congresso de Karlsruhe

Em 1789, Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) publicou seu *Traité Élémentaire de Chimie*, no qual em suas primeiras páginas estabeleceu uma relação entre a nomenclatura (linguagem) da ciência com a própria ciência. Segundo o autor:

A impossibilidade de isolar a nomenclatura da ciência e a ciência da nomenclatura está relacionada com o fato de que toda ciência física é formada de três coisas: a série de **fatos** que a constituem, as **ideias** que a lembram, as

²⁴ [...] the older students worked on original problems, turning in a report each morning on their progress the day before. These reports were discussed by Liebig with the various students in planning their future work.

palavras que as exprimem. A palavra deve fazer nascer a ideia, a ideia deve representar o fato; fazem-se três impressões de um mesmo selo e, como são as palavras que conservam e transmitem as ideias, disso resulta que não se pode melhorar a linguagem sem aperfeiçoar a ciência, nem a ciência sem a linguagem, e que por mais certos que fossem os fatos, por mais justas que fossem as ideias geradas, elas ainda só transmitiriam impressões falsas, se não tivéssemos expressões exatas para designá-las.²⁵ (Lavoisier, 1789, p. vj-vij, grifo nosso)

Lavoisier (1789) relaciona os fatos que constituem a ciência, as ideias que os recordam e as palavras que as representam, traçando o argumento de que a linguagem e a ciência se aperfeiçoam concomitantemente, coexistindo de forma indissociável em uma dança de transformações, quebras e estabelecimentos de novos paradigmas. A partir dessa ideia, Lavoisier aponta para o entendimento de um desenvolvimento histórico da Química entrelaçado à elaboração e consolidação de um aporte lexical e representacional, a partir do qual tornaria possível compreender fenômenos, a composição da matéria e demais temáticas que essa ciência se proporia a investigar.

No contexto de expansão da Química no século XIX, a aproximação e o diálogo entre químicos de diferentes localidades, a partir da melhora na veiculação de suas pesquisas, cooperou para a promoção de discussões conceituais e técnicas, o que segundo Santin Filho (2023) levou a um passo importante para a consolidação da área. Isto pois a comunicação entre os pesquisadores era limitada e não havia uma integração dos conhecimentos. Em seu livro ‘Lehrbuch der organischen Chemie’, publicado em 1861, August Kekulé ressaltou a existência de ao menos quinze representações distintas para o ácido acético (Figura 2) (Kekulé, 1861).

As diferenças nas expressões simbólicas, conforme ilustrado pela Figura 2, acompanhadas das discrepâncias em valores propostos para os pesos atómicos, eram motivo de confusão entre os químicos daquela época, além da existência de várias definições discordantes em termos da linguagem química (e.g. átomo, molécula, substância) (Oki, 2007). No século XIX a Química se estabelecia como uma profissão e área de estudo, porém, sem uma sistematização sínica adequada que fizessem comunicar cientistas de diferentes localidades – países, cidades ou até mesmo em distintos laboratórios situados em uma mesma região geográfica.

²⁵ L'impossibilité d'isoler la Nomenclature de la science & la science de la Nomenclature, tient à ce que toute science physique est nécessairement formée de trois choses: la série des faits qui constituent la science; les idées qui les rappellent; les mots qui les expriment. Le mot doit faire naître l'idée; l'idée doit peindre le fait: ce sont trois empreintes d'un même cachet; & comme ce sont les mots qui conservent les idées & qui les transmettent, il en résulte qu'on ne peut perfectionner le langage sans perfectionner la science, ni la science sans le langage, & que quelque certains que fussent les faits, quelque justes que fussent les idées qu'ils auroient fait naître, ils ne transmettroient encore que des impressions fausses, si nous n'avions pas des expressions exactes pour les rendre.

Figura 2 - Fórmulas para o Ácido Acético

C ₄ H ₄ O ₄	empirische Formel.
C ₄ H ₃ O ₃ + HO	dualistische Formel.
C ₄ H ₃ O ₄ . H	Wasserstoffsäure-Theorie.
C ₄ H ₄ + O ₄	Kerntheorie.
C ₄ H ₃ O ₂ + HO ₂	Longchamp's Ansicht.
C ₄ H + H ₃ O ₄	Graham's Ansicht.
C ₄ H ₃ O ₂ .O + HO	Radicaltheorie
C ₄ H ₃ . O ₃ + HO	Radicaltheorie.
C ₄ H ₃ O ₂ {O ₂ H}	Gerhardt. Typentheorie.
C ₄ H ₃ {O ₄ H}	Typentheorie(Schischkoff) etc.
C ₂ O ₃ + C ₂ H ₃ + H O	Berzelius' Paarlingstheorie.
H O.(C ₂ H ₃)C ₂ , O ₃	Kolbe's Ansicht.
H O.(C ₂ H ₃)C ₂ , O.O ₂	ditto
C ₂ (C ₂ H ₃)O ₂ {O ₂ H}	Wurtz.
C ₂ H ₃ (C ₂ O ₂) H{O ₂	Mendius.
C ₂ H ₂ .HO{C ₂ O ₂	Geuther.
C ₂ {C ₂ H ₃ } O{O O} + HO	Rochleder.
(C ₂ — CO H ₃) + CO ₂) + HO	Persoz.
C ₂ {C ₂ H ₃ } H{O O} + HO	Buff.

Fonte. (Kekulé, 1861, p.58)

Berzelius, por exemplo, em 1812, sugeriu um sistema de nomenclatura que utilizava os nomes das substâncias em latim e a representação dos elementos por suas letras iniciais, assim como utilizamos nos dias atuais. Ainda, em 1813, com base na Lei volumétrica de Gay-Lussac e na teoria das proporções múltiplas de Dalton, propôs a representação da água como H²O, e o amoníaco como H³N (Gonzalez, 2016). Entretanto, não havia um acordo entre os químicos sobre um conjunto das representações que deveriam ser utilizadas por todos.

Nesse cenário que se prolongou durante a primeira metade do século XIX, “desejando esclarecer esta confusão, Kekulé decidiu que uma reunião de químicos de todos os países deveria ser convocada para tentar encontrar um acordo sobre os pontos em disputa”²⁶ (Leicester, 1971, p. 191, tradução nossa). Portanto, o primeiro congresso internacional de

²⁶ [...] wishing to clear up this confusion, Kekulé decided that a meeting of chemists from all countries should be called to attempt to find agreement on disputed points.

Química foi empreendido por Kekulé e sucedeu-se em Karlsruhe - Alemanha, de 3 a 5 de setembro de 1860. O encontro tinha por objetivo encontrar uma posição consensual em relação à linguagem e às representações utilizadas nesse campo de estudo, apontando para o que, em 1789, Lavoisier já havia tomado como essencial para o desenvolvimento da ciência.

Conforme ata elaborada pelo francês Charles Adolphe Würtz (1817-1884), decano na Faculdade de Medicina de Paris (Anschütz, 1929), estavam presentes 140 profissionais de distintos lugares da Europa, em sua maioria Alemães e Franceses, que, segundo Nye (1996), colocaram suas atenções na:

Definição de noções químicas importantes, como as que são expressas pelas palavras: átomo, molécula, equivalente, atômico, básico; exame da questão dos equivalentes e das fórmulas químicas; estabelecimento de uma notação e de uma nomenclatura uniforme. (p. 633-634)

Identifica-se nos objetivos citados o reconhecimento por parte dos organizadores da necessidade de um ajuste sobre a linguagem para promover a universalização formalização da produção química; diferentemente da postura de isolamento de Balthazar, personagem da obra “Recherche de l’absolut” de Balzac (1834), apresentado no início desta seção, a realidade do século XIX apontava para o fazer coletivo da ciência, ‘falar a mesma língua’ e fortalecer a área.

Apesar desse ensejo, não foi possível que ali alcançassem um nível complexo de sistematização, porém, “ao final das sessões, o único ponto de acordo foi a retenção da nomenclatura de Berzelius²⁷ para as fórmulas químicas, certamente um resultado muito aquém das expectativas de todos os participantes” (Santin Filho, 2023. p. 51). O uso dos símbolos traçados de Berzelius (Berzelius, 1814) considerava os volumes de um componente em uma substância, conforme indicado em seu artigo:

O sinal químico expressa sempre um volume da substância. Quando é necessário indicar vários volumes, isso é feito somando o número de volumes: por exemplo, o *oxidum cuprosum* (protóxido de cobre) é composto por um volume de oxigênio e um volume de metal; portanto, seu sinal é Cu + O. O *oxidum cupricum* (peróxido de cobre) é composto de 1 volume de metal e 2 volumes de oxigênio; portanto, seu sinal é Cu + 2O. Da mesma forma, o sinal para o ácido sulfúrico é S + 3O; para o ácido carbônico, C + 2O; para a água 2H + O.²⁸ (Berzelius, 1814, p.52, tradução nossa)

²⁷Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) foi um químico sueco conhecido que colaborou para o desenvolvimento da notação química e identificou elementos químicos como o silício, selênio e tório.

²⁸The chemical sign expresses always one volume of the substance. When it is necessary to indicate several volumes, it is done by adding the number of volumes: for example, the *oxidum cuprosum* (protoxide of copper) is composed of a volume of oxygen and a volume of metal; therefore its sign is Cu + O. The *oxidum cupricum* (peroxide of copper) is composed of 1 volume of metal and 2 volumes of oxygen; therefore its sign is Cu + 2O. In like manner, the sign for sulphuric acid is S + 3O; for carbonic acid, C + 2O; for water 2H + O.

A aceitação parcial dessas notações foi acompanhada com a sugestão da definição do átomo como a menor massa capaz de existir em combinação, e a molécula como a menor quantidade capaz de existir no estado livre (Bensaude-Vincent; Stengers, 1992). Ainda, por meio de profundas discussões, Stanislao Cannizzaro (1826-1910), naquele momento professor de química na Universidade de Gêneva, apontou a necessidade de certos ajustes nessa notação, a partir da aceitação da hipótese de Avogadro, ressaltando o fato de que Berzelius não os havia levado em conta e, devido a isso, algumas de suas colocações acabavam por ser incoerentes (De Milt, 1951). Cannizzaro também incentivou o uso do Sistema de pesos atômicos de Charles Frédéric Gerhardt (1816-1856), em detrimento das de Berzelius, considerando-as mais adequadas com a aplicação de alguns ajustes (Leicester, 1971; Santin Filho, 2023).

Ainda que não houvessem alcançado um acordo evidente, o Congresso de Karlsruhe representou o aceite à participação de um espaço que, também sendo político, representava um acordo implícito para a formação de uma comunidade internacional. Até àquele momento, muito já havia sido feito na Química, mesmo sem uma sistematização da linguagem. Podemos destacar o desenvolvimento de técnicas importantes como a eletrólise em 1800 por Humphry Davy (1778-1829), que permitia a separação de elementos químicos usando corrente elétrica e foi fundamental para a descoberta de metais como sódio, potássio e cálcio; a síntese da ureia por Friedrich Wöhler (1800-1882) em 1828, provando que compostos orgânicos podiam ser feitos artificialmente; e a técnica de espectroscopia de chama em 1859 por Robert Bunsen (1811-1899) e Gustav Kirchhoff (1824-1887). Ainda, faz-se importante destacar que, até então, diferentes cientistas já haviam identificado, ao todo, 63 elementos químicos (Leicester, 1971).

Não consideramos que a falta da sistematização internacional da linguagem seria um impeditivo para o desenvolvimento da ciência, ao mesmo tempo em que não podemos negar que o movimento iniciado em 1860 potencializou o diálogo entre diferentes comunidades e ampliou a frente de trabalho coletivo na pesquisa química. Um bom exemplo reside no caso de Julius Lothar Meyer (1830-1895) e Dmitri Ivanovitch Mendeleiev (1834-1907), que estavam presentes em Karlsruhe, de modo que as definições de átomo e molécula discutidas no primeiro dia do Congresso, além das informações sobre os elementos até então identificados foram fundamentais para o desenvolvimento à lei periódica (Bensaude-Vincent; Stengers, 1992; Oki, 2009), um dos mais expressivos símbolos atuais da linguagem e cultura Química.

A partir dos pesos atômicos sugeridos por Canizarro, Mendeleiev e Meyer propuseram em épocas parelhas modelos com certas semelhanças, porém, historicamente, reteve-se mais a proposta realizada por Mendeleiev (Vidal, 1986). O Químico listou os elementos pela ordem de seus pesos, ressaltando a periodicidade existente entre os elementos e suas propriedades,

como um tipo de lei natural. Vidal (1986, p.74) descreveu a organização da tabela da seguinte maneira:

O sábio russo dispõe em primeiro lugar as famílias químicas horizontalmente. Mais tarde, classifica-as verticalmente, forma que conservamos nas representações atuais. Mendeleiev ordena então 63 elementos conhecidos segundo a ordem crescente das suas massas atómicas, mudando de linha por forma que aqueles cujo comportamento é semelhante sejam situados sobre uma mesma horizontal (hoje sobre uma vertical). As propriedades químicas, se bem que parecidas, variam assim regularmente no seio de uma mesma família.

Para que esta organização tomasse forma, as definições dos pesos atómicos foram essenciais para Mendeleiev que utilizou os 63 elementos como base, porém não se prendeu aos mesmos a medida em que, ao se deparar com alguma lacuna na distribuição, não questionou a forma de sua tabela, mas indicou a existência de elementos que ainda não haviam sido descobertos (eg. Gálio, Germânio, Escândio etc.) (Leicester, 1971; Vidal, 1986), como é possível perceber a partir da Figura 3, por exemplo, nos pesos atómicos 45, 68 e 70.

Figura 3- Tabela proposta por Mendeleiev em 1989.

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.			
ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВЪСЪ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.			
	Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
	V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
	Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
	Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.
	Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.
H = 1	Ni = Co = 59	Pl = 106,8	O = 199.
	Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.
Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112
B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116
C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118
N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122
O = 16	S = 32	Se = 79,4	Bi = 210?
F = 19	Cl = 35,6	Br = 80	I = 127
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4
		Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6
		Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92
		?Er = 56	La = 94
		?Y = 60	Di = 95
		?In = 75,6	Th = 118?

Д. Менделеевъ

Fonte: <https://goo.su/c4S9Uf>. Acesso em março de 2025.

Ainda que a primeira versão proposta em 1869 tenha sido por diversas vezes atualizadas, a periodicidade indicada, mais fortemente, por Mendeleiev é um princípio que fundamentou a estruturação da tabela dos elementos que é, ainda hoje, um recurso presente na realidade do Químico, seja em um laboratório de pesquisa, indústria ou em uma sala de aula. No campo das discussões sobre a formação de nichos de artefatos semióticos, não podemos negar, ao

observamos os movimentos gerados pelo Congresso de Karlsruhe, os impactos no avanço de uma ciência empreendida por químicos que optaram pela saída do isolamento para o desenvolvimento progressivo de uma comunidade internacional. Movimento esse que os conduziu, historicamente, a outros congressos da mesma natureza, por exemplo, em “Paris (1867), Moscou (1872), Viena (1873), Filadélfia (1876), Paris (1878) e Dusseldorf (1880)”, como listado por Santin Filho (2023, p.53), além da formação, em 1919, de uma união internacional.

2.3.3 Sistematização e Ensino

Em suma, ao longo do século XIX, a linguagem química esteve vinculada a nomenclatura dos compostos; símbolos pictóricos; símbolos dos elementos químicos; fórmulas empíricas, mínimas, moleculares e estruturais; e equações químicas. Esses tópicos foram e são fundamentais para o avanço da Química, principalmente no que tange a sua complexidade e estruturação sínica (Bensaude-Vincent; Stengers, 1992; Vidal, 1986; Leiscester, 1971). No início do século XX, as discussões sobre o estabelecimento de um léxico químico tomaram forma com a criação da International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), sediada em Zurique, Suíça. Segundo Fauque (2019, p. 2, tradução nossa),

Em Paris, no dia 14 de abril de 1919, 49 químicos vindos desses cinco países aprovaram a criação de uma confederação interaliada para Química pura e aplicada. Eles estabeleceram os princípios para os estatutos, e uma comissão especial presidida por Charles Moureu (1863-1929) foi criada para escrevê-los.²⁹

Desde sua criação, a IUPAC, seus estatutos e objetivos foram submetidos a diferentes revisões e reelaborações em consequência de tensões políticas existentes, como o histórico delicado das relações entre químicos franceses e alemães, o qual careceu de uma resolução adequada para a efetivação de uma união, de fato, internacional.

A IUPAC “é a autoridade mundial em nomenclatura e terminologia química, incluindo a nomeação de novos elementos na tabela periódica; métodos padronizados de medição; pesos atômicos e muitos outros dados avaliados criticamente”³⁰ (IUPAC, 2023). Ela é composta por oito divisões que incluem: *Physical and Biophysical Chemistry; Inorganic Chemistry; Organic*

²⁹ In Paris, on 14 April 1919, 49 chemists coming from these five countries approved the creation of an interallied confederation for pure and applied chemistry. They stated the principles for the statutes, and a special commission chaired by Charles Moureu (1863-1929), was set-up to write them.

³⁰ is the world authority on chemical nomenclature and terminology, including the naming of new elements in the periodic table; on standardized methods for measurement; and on atomic weights, and many other critically-evaluated data.

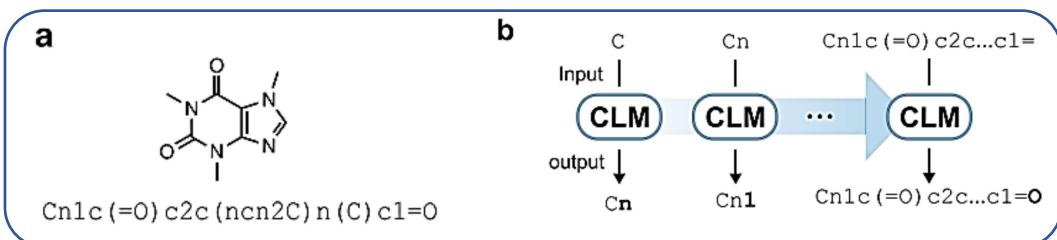
and Biomolecular Chemistry; Polymer; Analytical Chemistry; Chemistry and the Environment; Chemistry and Human Health; Chemical Nomenclature and Structure Representation. Essas divisões atuam no intuito de

[...] servir como catalisador para o intercâmbio científico, facilitando a discussão e a colaboração internacional para abordar problemas e desenvolver recomendações sobre nomenclatura, símbolos, unidades, terminologia e convenções no campo científico pelo qual são especificamente responsáveis.³¹ (IUPAC, 2023, tradução nossa)

A existência e efetividade de uma união internacional responsável pelas ações supracitadas figuram como uma resolução para as demandas que vinham sendo levantadas desde o final do século XVIII, por Lavoisier, e durante o século XIX, por Berzelius, Kekulé e outros mais. Isso conferiu a Química do século XX e XXI um *status* de suma formalização e sistematização de seus fundamentos teórico-práticos produzidos historicamente. De modo que, a partir dessa base estabelecida a linguagem química progrediu para níveis mais elaborados no que tange à sua complexidade, a fim de corresponder a progressiva especificação do conhecimento científico, como indicado por Lavoisier (1789).

Como um breve exemplo de tal mudança em relação a linguagem química, citamos o *Simplified Molecular-Input Line-Entry System*- SMILES, introduzido inicialmente por David Weininger (1942-2016), enquanto se encontrava afiliado no Pomona College em Claremont – Califórnia, no final dos anos 1980. Esse sistema configura-se como uma linguagem simbólica para descrever a estrutura de moléculas químicas na forma de pequenas cadeias de caracteres American Standard Code for Information Interchange - ASCII, como apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Chemical language models (CLMs).



Fonte : Moret et al. (2022, p.1200).

³¹ serve as the catalyst for scientific exchange, facilitating international discussion and collaboration in order to address problems and develop recommendations on nomenclature, symbols, units, terminology, and conventions in the scientific field for which they are specifically responsible

As SMILES possuem uma estrutura representacional simplificada que pode ser importada, por exemplo, para editores de estrutura molecular com a finalidade de serem convertidas de volta para uma representação 2D ou um modelo 3D, permitindo construir bancos de dados de computador (relativamente) de forma simples. Nas palavras de Weininger (1988),

SMILES é uma linguagem de notação química projetada especificamente para uso em computadores por químicos. É facilmente acessível aos químicos, mas flexível o suficiente para permitir a interpretação e a geração da notação química independentemente do sistema de computador específico em uso. Semelhante à notação química convencional, ela melhora os métodos de software convencionais com maior velocidade e melhor uso da capacidade do computador. As estruturas moleculares são especificadas de forma única e precisa e podem ser usadas com bancos de dados químicos.³² (p. 32)

As vantagens residentes no uso dessa linguagem não se resumem à possibilidade de simplificar processos e reduzir demandas de processamento em computadores; para além disso, Schwaller et al. (2019) apresentam o uso da SMILES concatenado a um modelo de transformação calibrado para prever com alta precisão os produtos de reações orgânicas a partir de uma base de dados fornecida. Seus resultados podem auxiliar no planejamento de sínteses, sugerindo moléculas que compõem as reações estudadas. De semelhante modo, Ukak et al. (2022) utilizam SMILES em retrossínteses para, a partir de um produto pré-estabelecido, preverem possíveis reagentes para sua obtenção.

Para além de seu desenvolvimento no campo da pesquisa científica, em diferentes espaços formais de ensino a linguagem química é compartilhada com o intuito de perpetuar uma cultura, visando a formação de novos profissionais da área, ou cidadãos dotados da consciência trazida a partir de uma melhor compreensão da natureza e dos processos que nos cercam. Os docentes em instituições de ensino básico e superior, sejam elas públicas ou privadas, utilizam a linguagem química para estabelecer suas dinâmicas de ensino, inicialmente, por serem familiares a eles devido a sua formação, sendo parte integrada de seu pensamento químico, além da busca por corresponder às orientações nacionais curriculares que indicam o ensino da Química e, consequentemente, sua linguagem.

A compreensão desse artefato para seu uso não é trivial, pois muitas vezes de distanciam completamente dos pré-conceitos carregados pelos estudantes, que precisam de distanciar de

³² SMILES is a chemical notation language specifically designed for computer use by chemists. It is easily accessible to chemists, yet flexible enough to allow interpretation and generation of chemical notation independent of the specific computer system in use. Similar to conventional chemical notation, it improves on conventional software methods by greater speed and better use of computer capacity. Molecular structures are uniquely and accurately specified and can be used with chemical databases.

algumas concepções cotidianas para compreender o mundo a partir dos códigos da Química. Além de exigir, por vezes, um alto nível de abstração para compreensão dos fenômenos ou propriedades descritas (Lima; Silva, 2021). Ainda, cabe destacar que, com o progressivo desenvolvimento da linguagem química, seu conteúdo simbólico pode ser complexificado, de modo que para um signo, estejam acordados uma variedade de sentidos. Zhilin (2013), a título de exemplo, estudou em seu artigo a quantidade de informações que estão presentes em uma reação química, destacando a complexidade e volume de conceitos envolvidos nessa representação.

Nesse sentido, apoiados em Rees, Kind & Newton (2018), acerca das barreiras existentes vinculadas ao uso e compreensão da linguagem Química no Ensino Superior, reiteramos que comumente os entraves se conectam ao teor prescritivo de apresentação dos símbolos no ensino de Química que, consequentemente, não posiciona a importância da linguagem para compreensão de seus objetos, como representantes de fenômenos e materiais de nosso universo (Lima; Silva, 2021). Logo, é necessária a reflexão sobre as ações de ensino no compartilhamento da linguagem química para nova(o)s aprendizes. A expressão cultural contida na linguagem é o que, quando aprendida, faz do seu receptor uma parte dessa comunidade, desse nicho de artefatos semióticos. Este poderá, não apenas compreender o mundo de uma forma diferente, mas também propagar tais conhecimentos a outros que também poderão dar sequência a essa engrenagem de eventos.

2.5 O DIAGRAMA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Fazendo um movimento inverso, aquele que exprime a terceiridade, o símbolo, é tomado como “um signo que se refere ao Objeto que denota em virtude de uma lei, normalmente uma associação de ideias gerais que opera no sentido de fazer com que o Símbolo seja interpretado como se referindo àquele Objeto” (Peirce, 2017, p.53) (CP 3.249). O índice, segundo, é definido como “um signo que se refere ao Objeto que denota em virtude de ser realmente afetado por esse Objeto” (Peirce, 2017, p. 52) (CP 3.248, 1933), segundo Santaella (2003, p. 66), “o índice, como seu próprio nome diz, é um signo que como tal funciona porque indica uma outra coisa com a qual ele está factualmente ligado”, exemplificado pela autora através do girassol que se direciona e indica a localização do sol no céu.

Por fim, na ordem da primeiridade, o ícone seria “um signo que se refere ao Objeto que denota apenas em virtude de seus caracteres próprios, caracteres que ele igualmente possui quer um tal Objeto realmente exista ou não” (Peirce, 2017, p.52) (CP 2.247), e é exatamente aqui

onde encontramos a ideia de diagrama. O conceito de ícone ainda pode ser fragmentado em três outras categorias que são as imagens, diagramas e metáforas. As imagens seriam os hipoícones “que participam das qualidades simples, ou primeira primeiridade” (Peirce, 2017, p. 64) (CP 2.277); seguidamente, os diagramas são definidos como os “que representam as relações [...] das partes de uma coisa através de relações análogas em suas próprias partes” (Peirce, 2017, p. 64) (CP 2.277); e a metáfora é tomada como os “que representam o caráter representativo de um representâmem através de sua representação de um paralelismo com alguma outra coisa” (Peirce, 2017, p. 64) (CP 2.277).

Pelo trabalho de Góis e Giordan (2007), é possível identificar a forte presença de signos icônicos nas representações do conhecimento, especialmente relacionadas ao nível submicroscópico. O que corresponde com a hipótese inicial deste trabalho que se apoia na ideia de que o diagrama, por priorizar as relações que caracterizam seu objeto e não a sua representação direta, apresenta um grande potencial ao tratar de materiais e fenômenos submicroscópicos que, em muitos casos, não se apresentam a nós como imagens, restando apenas indicações de sua constituição, assim como o diagrama corresponde ao nível de secundididade da iconicidade.

O diagrama, portanto, está inserido na definição de ícone apresentada por Peirce e, por vezes, é citado como seu sinônimo ou exemplo (e.g. CP 1.369, 1931; CP 3.362, 1934). Entretanto, a definição de diagrama encontra maior profundidade em outros escritos do autor (Farias, 2008; Farias; Queiroz, 2017). Inicialmente, na tríade interna ao ícone, formada por imagem, diagrama e metáfora, Peirce conceitua os diagramas como hipoícones de relações, melhor dizendo, “aqueles que representam as relações, principalmente diádicas, ou assim consideradas, entre as partes de uma coisa por meio de relações análogas em suas próprias partes”³³ (CP 2.277, 1932).

O ícone seria, de forma ampla, “um signo que representa algo apenas porque se assemelha a isso”³⁴ (CP 3.362, 1933). Por vezes, essa representação do ícone se apoia em suas qualidades e na similaridade entre elas e o objeto (Peirce, 2017), porém, o diagrama não necessariamente precisa se assemelhar em aparência ao que ele representa (Franco; Borges, 2017). Conforme afirma Farias (2008, p. 4), se “ícones são relações de ‘semelhança’, um ‘diagrama’ é um ícone instanciado das relações entre as partes de seu objeto”. Nas palavras de Santade (2020, p. 4)

³³ [...] those which represent the relations, mainly dyadic, or so regarded, of the parts of one thing by analogous relations in their own parts.

³⁴ [...] a sign which stands for something merely because it resembles it.

Um diagrama é uma representação visual estruturada e simplificada de um determinado conceito, ideia, etc. Um diagrama (ou gráfico) é um ícone (símbolo) de grupo de objetos racionalmente relacionados. Um diagrama é uma imagem esboçada incorporando o significado de um predicado geral (universal), e a partir da observação deste ícone podemos construir um novo predicado geral (universal). Um diagrama é uma representação que é predominantemente um ícone de relações e é apoiado a ser assim por convenções.

Através de Santade (2020), observam-se pontos importantes sobre o diagrama em Peirce: os diagramas são representações de relações em/entre seu(s) objeto(s) (e.g. abstratos, materiais, existentes, futuros, passados, imaginários, fantasiosos); o diagrama incorpora um predicado geral e permite a construção de novos predicados gerais; e o diagrama pode ser observado a partir de convenções/regras pré-estabelecidas (CP 4.347, 1933). Conforme escreve Peirce (CP 2.279, 1932)

Assim, todo diagrama é um ícone, mesmo que não haja nenhuma semelhança sensorial entre ele e seu objeto, mas apenas uma analogia entre as relações entre suas partes. Merecem especial atenção os ícones cuja semelhança é reforçada por regras convencionais. Assim, uma fórmula algébrica é um ícone, transformada pelas regras de comutação, associação e distribuição dos símbolos. À primeira vista, pode parecer uma classificação arbitrária chamar uma expressão algébrica de ícone, podendo-se argumentar que seria mais apropriado considerá-la um signo convencional composto. No entanto, não é o caso. Uma característica essencial do ícone é que, por meio de sua observação direta, podem ser descobertas outras verdades sobre seu objeto além daquelas que bastam para determinar sua construção. Assim, por meio de duas fotografias, pode-se desenhar um mapa, por exemplo. Dado um signo convencional ou qualquer outro signo geral de um objeto, para deduzir qualquer verdade além daquela que ele expressa explicitamente, é sempre necessário substituir esse signo por um ícone. Essa capacidade de revelar verdades inesperadas é precisamente o que constitui a utilidade das fórmulas algébricas, de modo que o caráter icônico predomina nelas.³⁵

As formulas algébricas, usadas como exemplo por Peirce, expressam uma dualidade que constitui os diagramas; eles são signos icônicos de relações, entretanto podem conter em si aspectos convencionais estabelecidos pela comunidade científica, como as letras e símbolos

³⁵ So is every diagram, even although there be no sensuous resemblance between it and its object, but only an analogy between the relations of the parts of each. Particularly deserving of notice are icons in which the likeness is aided by conventional rules. Thus, an algebraic formula is an icon, rendered such by the rules of commutation, association, and distribution of the symbols. It may seem at first glance that it is an arbitrary classification to call an algebraic expression an icon; that it might as well, or better, be regarded as a compound conventional sign. But it is not so. For a great distinguishing property of the icon is that by the direct observation of it other truths concerning its object can be discovered than those which suffice to determine its construction. Thus, by means of two photographs a map can be drawn, etc. Given a conventional or other general sign of an object, to deduce any other truth than that which it explicitly signifies, it is necessary, in all cases, to replace that sign by an icon. This capacity of revealing unexpected truth is precisely that wherein the utility of algebraical formulae consists, so that the iconic character is the prevailing one.

que compõe certas expressões algébricas. O caráter icônico e diagramático estará no que as relações estabelecidas entre tais símbolos podem produzir em termos de novos conhecimentos, por exemplo, o ‘x’ da questão. Para isso, quem manipula tais equações precisará compreender, e.g., suas propriedades fundamentais, as regras de transformações algébricas, como manipular igualdades ou desigualdades, e a realização de operações básicas.

Para Fabbrichesi (2013, p. 36) os “diagramas são ícones das coisas que representam, pois, estas últimas tornam-se comprehensíveis e singularmente reais no espaço das notações ideogramáticas”. O diagrama se ocupa de tornar evidente hábitos já inerentes ao símbolo através de sua estruturação inicial e suas variadas possibilidades de manipulação (Fabbrichesi, 2013). Nesse sentido, o diagrama busca ser consistente, confirmando a legitimidade do que se propõe relacionar, visto que não basta apenas agrupar qualidades aleatórias. Como sua concepção se apoia na lógica, um diagrama “pode exibir entidades não-existentes, mas não entidades logicamente inconsistentes. Seu objeto é necessariamente possível – em contraste com o objeto de uma mera expressão simbólica” (Fabbrichesi, 2013, p.60).

Como Peirce também exemplifica em sua obra (CP 4.419, 1933), as fórmulas químicas podem ser consideradas diagramas pois são compostas por signos já estabelecidos pela comunidade química e a sua representação nos permite obter conclusões sobre diferentes características do objeto expresso por ela. Por exemplo, usamos como representação da água o diagrama H_2O , que pode ainda ser acompanhado dos índices $(s)(l)(g)$, dependendo de seu estado físico. Compreende-se que podem ser feitas manipulações nesse diagrama no intuito de inferir verdades sobre o que ela representa, olhando através de bases teóricas da Química que nos permitem compreender aspectos dos átomos que formam essa molécula, a proporção estabelecida, a ligação envolvida, sua polaridade, massa molecular, dentre outros. Logo, sendo as fórmulas químicas um tipo de diagrama, não seria coerente propor compostos que não são factíveis segundo a teoria Química e não existem natural ou sinteticamente, reforçando a ideia da indispensabilidade de uma consistência lógica nos diagramas.

Ainda, diagramas geométricos, mapas, gráficos, modelos e outros elementos visuais também são exemplos dessa representação diagramática (CP 2.216, 1932; CP 3.419, 1933; CP 4.419, 1933). Peirce (1933), por exemplo, afirma que “um gráfico é um diagrama superficial composto pela folha na qual é escrito ou desenhado, por pontos ou seus equivalentes, por linhas de conexão e (se necessário) por anexos”³⁶ (CP 4.419).

³⁶ [...] a graph is a superficial diagram composed of the sheet upon which it is written or drawn, of spots or their equivalents, of lines of connection, and (if need be) of enclosures.

Sua função também é discutida por Peirce (CP 3.419, 1933), como visto na afirmação de que

Diagramas e figuras diagramáticas são destinados a serem aplicados para uma melhor compreensão dos estados das coisas, sejam eles experimentados, lidos ou imaginados. Tal figura não pode, no entanto, mostrar a que é que se destina a ser aplicada; nem qualquer outro diagrama pode servir para esse propósito. O onde e o quando da experiência particular, ou a ocasião ou outra circunstância identificadora da ficção particular à qual o diagrama deve ser aplicado, são coisas não capazes de serem exibidas de forma diagramática.³⁷

Tal elucidação apresenta reflexões importantes quando se concebe o diagrama em um contexto de aprendizagem, no qual comumente os caminhos são bem estabelecidos por um docente responsável, sem espaço para elaborações e manipulações dos diversos diagramas existentes. Peirce (1933) estabelece que o diagrama possui o intento de cooperar com uma melhor compreensão do(s) objeto(s) desse signo, todavia, ressalta que não se pode controlar certamente a experiência particular de um indivíduo com o diagrama, visto que é relativo ao discente o domínio, ou não, das bases necessárias para promover compreensões do diagrama (CP 3.419, 1993).

Espera-se que o diagrama apresente relações evidentes que podem ser vistas e contempladas (CP 4.430). Ainda, suas conexões devem ser espacialmente construídas a partir de uma lógica adequada para permitir sua significação por quem o observa, ou ao menos sua manipulação a partir dos signos que o compõe (CP 4.347). Machado (2015, p.64) destaca que “o diagrama articula uma variedade de signos não necessariamente linguísticos e se presta à configuração topológica que funciona como uma alternativa ao algoritmo que une significante e significado de modo a constituir o ato de pensar que se manifesta como ‘signo-pensamento’”. Nesse sentido, para Peirce (CP 5.162, 1934),

Todo raciocínio necessário, sem exceção, é diagramático. Ou seja, construímos um ícone do nosso estado hipotético de coisas e procedemos à sua observação. Essa observação nos leva a suspeitar que algo é verdadeiro, o

³⁷ Diagrams and diagrammatoidal figures are intended to be applied to the better understanding of states of things, whether experienced, or read of, or imagined. Such a figure cannot, however, show what it is to which it is intended to be applied; nor can any other diagram avail for that purpose. The where and the when of the particular experience, or the occasion or other identifying circumstance of the particular fiction to which the diagram is to be applied, are things not capable of being diagrammatically exhibited.

que podemos ou não ser capazes de formular com precisão, e procedemos à investigação se é verdadeiro ou não.³⁸

Para o autor, todo raciocínio necessário é diagramático e a reflexão seria um ato de manipulação das estruturas diagramáticas estabelecidas em nossa mente (CP 3.363, 1933). As relações diagramáticas, por se estabelecerem a partir de relações, se darão também no pensamento através de signos, signos estes que são construídos em diferentes momentos e processos de aprendizagem, e compõem nossas estruturas mentais. Fabbrichesi (2013, p. 24) afirma que

para Peirce, o conhecimento deve proceder através de estágios: construção de um ícone ou diagrama que apresenta uma analogia formal com o objeto do raciocínio, observação e experimentação com o diagrama na imaginação, e observação profunda dos novos aspectos revelados por meio da experimentação.

Fica claro, a partir de tal compreensão, que os diagramas na filosofia de Peirce são peças fundamentais nos processos de construção de conhecimento, que se constituem de processos infinitos – semioses – de reestruturação das relações existentes em nossa mente, bem como a inserção de novos sentidos e compreensões. Machado (2015, p. 64) reforça essa ideia ao escrever que “é como topologia que o diagrama cria modelos de representação do pensamento, do mundo, enfim, do movimento das ideias em cuja trama o raciocínio se manifesta numa variedade semiótica”. Essa reflexão aprofunda-se em Gambarato (2005), através de sua discussão sobre o caráter tácito, abdutivo e dedutivo de todo diagrama. A autora analisa a afirmação de Peirce (CP 5.162, 1934), classificando a presença do caráter dedutivo na sentença: “todo pensamento necessário”; o caráter abdutivo em: “construímos um ícone do nosso estado hipotético de coisas”; e o caráter tácito em: “Essa observação nos leva a suspeitar que algo é verdadeiro, o que podemos ou não ser capazes de formular com precisão” (Gambarato, 2005).

O conhecimento tácito, para Polanyi (2009), é definido como aquele que não é facilmente expresso ou formalizado em palavras ou regras explícitas. É um tipo de conhecimento implícito e pessoal que é adquirido por meio da experiência prática, da intuição e da imersão em determinado domínio. Esse seria referente às impressões que temos sobre os diagramas, porém, não conseguimos formular argumentos sólidos sobre as mesmas (CP 5.162, 1934). Já os conceitos de abdução e dedução são apresentados por Peirce (CP 5.171, 1934) do seguinte modo: “Abdução é o processo de formação de uma hipótese explicativa. É a única

³⁸ All necessary reasoning without exception is diagrammatic. That is, we construct an icon of our hypothetical state of things and proceed to observe it. This observation leads us to suspect that something is true, which we may or may not be able to formulate with precision, and we proceed to inquire whether it is true or not.

operação lógica que introduz qualquer ideia nova; pois a indução não faz nada além de determinar um valor, e a dedução apenas desenvolve as consequências necessárias de uma hipótese pura”³⁹. O autor ainda afirma que “todas as ideias da ciência chegam a ela pelo caminho da abdução. A abdução consiste em estudar fatos e elaborar uma teoria para explicá-los. Sua única justificativa é que, se quisermos entender as coisas, deve ser dessa maneira.”⁴⁰ (CP 5.145). Diante de tais classificações, Machado (2015, p.74), elucida que

o diagrama circula em diferentes esferas da produção sínica de modo a produzir modelos de pensamento, de conhecimento, de mundo. Com isso, constrói uma diagramática cuja lógica de relações se funda em processos topológicos de largo alcance. O principal traço de seu funcionamento é a capacidade de transformação semiótica para elaborações mentais não constituídas visualmente.

Entretanto, para a efetividade dessa função, é necessário tanto a abdução quanto a dedução, de modo que o pensamento e a aquisição de conhecimento se darão, como afirma Gambarato (2005, p. 119), por se tratar de uma representação visual,

os diagramas trazem aos nossos olhos a possibilidade de observar as relações neles contidas. Disto decorre que o diagrama comporta tanto a abdução quanto a dedução. [...]. A Lógica Crítica se vale dos estudos fornecidos pela Gramática Especulativa de Peirce para investigar as condições pelas quais os signos são conformados, as relações entre os vários tipos de raciocínio. Ressaltamos que a abdução é uma possibilidade lógica que pode, ou não, ser verdadeira. É o processo de formulação de hipóteses, de novas teorias, sem a estrita preocupação de confirmá-las. Esta confirmação somente será alcançada com a aplicação da etapa dedutiva do raciocínio científico. O argumento dedutivo é aquele necessário.

Portanto, o diagrama e seus signos devem ser observados a fim de conceber relações coerentes e adequadas para que atue como uma ferramenta para a organização conceitual e cognitiva acerca de um objeto específico ou vários conhecimentos relacionáveis, em processos dedutivos e/ou abdutivos. Ao comporem, em suas categorias de generalidade, a estrutura de muitas linguagens presentes no processo educacional, transferem para elas suas possibilidades, como acontece na linguagem química. Diríamos, desse modo, que tal linguagem é diagramática, ou possui características icônicas diagramáticas. E sobre isso, discutiremos melhor na próxima seção.

³⁹ Abduction is the process of forming an explanatory hypothesis. It is the only logical operation which introduces any new idea; for induction does nothing but determine a value, and deduction merely evolves the necessary consequences of a pure hypothesis.

⁴⁰ All the ideas of science come to it by the way of Abduction. Abduction consists in studying facts and devising a theory to explain them. Its only justification is that if we are ever to understand things at all, it must be in that way.

2.5.1 A Linguagem Diagramática

Em princípio, refirma-se que a linguagem pode ser entendida como toda e qualquer forma de expressão e comunicação em diferentes modos semióticos (verbal, visual, sonora, gestual etc.)⁴¹. Nesse sentido, para Santaella (2003, p.11) a linguagem seria “uma gama incrivelmente intrincada de formas sociais de comunicação e de significação” que compreende todos os sistemas de produção de sentido. A partir dessa definição a autora afirmou, portanto, que “a Semiótica é a ciência que tem por objeto de investigação todas as linguagens possíveis, ou seja, que tem por objetivo o exame dos modos de constituição de todo e qualquer fenômeno como fenômeno de produção de significado e de sentido” (Santaella, 2003, p. 13).

Destacamos que a linguagem, incluindo os diagramas, não é vista aqui apenas como um instrumento de comunicação, mas como constituinte do pensamento humano, um tipo de artefato cognitivo, como definiu Clark (2003), ou semiótico, segundo Queiroz (2007b). Peirce, por exemplo, afirmou que “todo raciocínio necessário é, sem exceção, diagramático” (CP 5.162), ou, como diz o autor em outro momento, “todo raciocínio válido e necessário é, de fato, diagramático” (CP 1.54). Acerca disso, Leo (2013) argumentou que para Peirce esse raciocínio se dá por estágios e envolve, em primeiro lugar, a construção de um diagrama - tendo em conta os princípios que o governam -, em seguida, sua observação e experimentação⁴² para, por fim, compreender os aspectos revelados a partir desse processo.

Assente nas ideias discutidas por Atã e Queiroz (2021), Nersessian (2008), Clark (2003), Hutchins (1995), dentre outros, afirmamos que tal raciocínio por diagramas ou por experimentação, como denominado por Peirce (CP 4.74), não estará limitado ao campo da imaginação, do pensamento internalizado com a influência de signos externos, mas também estará localizado no ambiente, na figura de diagramas externos instanciados materialmente.

Assim como o raciocínio que se dá fundamentado nos diagramas é chamado de diagramático (Leo, 2013), tratamos como diagramática a linguagem que se constitui a partir de diagramas. Ou seja, refere-se a linguagem diagramática como um sistema de representação visual que se estrutura a partir de diagramas, salientando a característica icônica calcada nas relações espaciais, lógicas que permitem, não apenas a compreensão de informações sobre o

⁴¹ Tal como foi indicado na introdução.

⁴² A experimentação de um diagrama, para Peirce, refere-se ao processo no qual um intérprete manipula um diagrama para produzir inferências a partir das relações existentes ou apontando novas relações lógicas. Esse conceito está intimamente ligado ao raciocínio diagramático, pelo qual se explora as relações que compõem o diagrama ao interagir com ele (CP 1.66; CP 2.279; Stjernfelt, 2022).

objeto referido, mas também a produção de inferências a partir de sua manipulação (CP 2.279). Por esse motivo nos ocupamos de pensar sobre a relação entre o diagrama e a linguagem química que nos parece ser fundamentalmente diagramática.

Ainda que Peirce em diferentes momentos tenha apresentado a palavra ‘diagrama’ como um sinônimo⁴³ de ‘ícone’ (CP 1.369) é importante ressaltar que o que investigamos aqui são considerados, mais precisamente, como hipoícones (CP. 2.276), uma vez que ícones puros não existiriam. Esses seriam apenas uma possibilidade lógica, sem qualquer mediação interpretativa. Segundo Leo (2013, p.18), “a iconicidade é uma característica categórica, não ôntica” e, ainda que, antes de figurar para algo com um efeito de similaridade, o ícone exista como um Primeiro, ele será apenas uma possibilidade de prestar-se como sendo um representamen. Nas palavras de Leo (2013, p. 19):

Peirce nos diz que não existe o similar e aquilo a que ele se assemelha. Existe apenas uma abertura, um espaço de possibilidade delimitando o lugar onde duas coisas relacionadas, ‘que não são distinguidas’, se reúnem e encontram a identificação de assimilação (‘Qualquer Coisa é ideal para ser um Substituto’).

A partir disso, reiteramos que as proposições que serão feitas em nossas análises não buscam posicionar os diagramas como sendo algum tipo de ícone puro, mas sim, representações que assumem um caráter icônico em um sistema específico. Isso pois, o ícone apenas sairá desse lugar de possibilidades quando instanciado em relações sínlicas existentes, ou como afirma Peirce (CP 2.276), “se um substantivo for requerido, um representamen icônico pode ser definido como hipoícone”⁴⁴. Em concordância com esta reflexão, Franco e Borges (2017, p.46-47) organizaram bem essas ideias ao afirmarem que

Enquanto o ícone puro é um signo cujo objeto é não existente, por isso ele é um signo de possibilidade, os hipoícones são signos existentes e degenerados em segundo grau, pois não levam em conta a relação de terceiridade genuína, mas apenas a relação entre signo e objeto, desconsiderando qualquer relação com o interpretante. (Franco; Borges, 2017, p. 46-47)

A partir disso podemos entender que os hipoícones não dependem necessariamente de um terceiro (interpretante) para serem considerados como tal. Rememorando que, quando discutimos sobre os hipoícones estamos nos referindo à imagem, diagrama e metáfora (CP

⁴³Farias e Queiroz (2017) escolheram afirmar que o termo diagrama e ícone em algumas passagens parecem se sobrepor, e em outros momentos o diagrama é apresentado como exemplo de ícone e vice-versa. Utilizamos a palavra ‘sinônimo’ para expressar o fenômeno semântico de dois termos que assumem sentidos parecidos (sinonímia).

⁴⁴If a substantive be wanted, an iconic representamen may be termed a hypoicon.

2.277). Entretanto, como já delimitado anteriormente, interessa-nos, nesta tese, trabalhar o conceito de diagrama.

Pensando no contexto interpretativo dessa pesquisa e tendo em mente a definição de Peirce para semiose como sendo “uma ação, ou influência, que é, ou envolve, uma cooperação de três sujeitos, tais como um signo, um objeto e seu interpretante, sendo esta influência tri-relativa impossível de ser resolvida em ações entre pares”⁴⁵ (CP 5.484), compreendemos que os hipoícones, enquanto participantes das semioses, poderão gerar diferentes tipos de interpretantes a partir de suas relações com seus objetos. Nesse sentido, por mais que os hipoícones sejam signos degenerados em segundo grau, fez-se necessário observá-los em um processo no qual os interpretantes foram considerados. Para isso, podemos indicar algumas especificações que Peirce dá aos objetos e interpretantes:

[...] devemos distinguir o **Objeto Imediato**, que é o Objeto tal como o Signo o representa e cujo ser depende, portanto, da Representação dele no Signo, do **Objeto Dinâmico**, que é a Realidade que, de alguma forma, consegue determinar o Signo à sua Representação. No que diz respeito ao Interpretante, devemos distinguir, em primeiro lugar, o **Interpretante Imediato**, que é o interpretante tal como se revela na correta compreensão do próprio Signo e que normalmente é chamado de significado do signo. Em segundo lugar, devemos observar o **Interpretante Dinâmico**, que é o efeito real que o Signo, enquanto Signo, de fato determina. Por fim, há o que provisoriamente denomino de **Interpretante Final**, que se refere à maneira como o Signo tende a representar sua relação com seu Objeto. Confesso que minha própria concepção desse terceiro interpretante ainda não está completamente livre de ambiguidades.⁴⁶ (CP 4.536, grifo nosso)

Com base nessas classificações, podemos trazer alguns entendimentos sobre a análise que buscamos empreender, a qual se apoiou na investigação dos aspectos diagramáticos das representações e estruturas postas pela Docente durante as aulas de Química. Esses diagramas foram mapeados a partir da observação feita pelos pesquisadores. Inicialmente, fez-se a distinção de que a linguagem química utilizada pela Professora, enquanto diagramática, faz

⁴⁵ [...] an action, or influence, which is, or involves, a cooperation of three subjects, such as a sign, its object, and its interpretant, this tri-relative influence not being in any way resolvable into actions between pairs.

⁴⁶ [...] we have to distinguish the Immediate Object, which is the Object as the Sign itself represents it, and whose Being is thus dependent upon the Representation of it in the Sign, from the Dynamical Object, which is the Reality which by some means contrives to determine the Sign to its Representation. In regard to the Interpretant we have equally to distinguish, in the first place, the Immediate Interpretant, which is the interpretant as it is revealed in the right understanding of the Sign itself, and is ordinarily called the meaning of the sign; while in the second place, we have to take note of the Dynamical Interpretant which is the actual effect which the Sign, as a Sign, really determines. Finally there is what I provisionally term the Final Interpretant, which refers to the manner in which the Sign tends to represent itself to be related to its Object. I confess that my own conception of this third interpretant is not yet quite free from mist.

referência aos objetos dinâmicos, na figura dos fenômenos, propriedades e entidades materiais por ela representados. Porém, não podemos ignorar a existência dos objetos imediatos que se revelam sujeitos às limitações dos diagramas como signos de seus objetos dinâmicos.

Essa ação de representação foi identificada a partir das observações, tendo em conta que “‘Representar’, para Peirce, é uma relação de referência, não uma relação de significação, então a ideia de que o Objeto Imediato é o Objeto como ‘representado pelo signo’ poderia ser parafraseada como o Objeto como ‘referido pelo signo’”⁴⁷ (Stjernfelt, 2022, p. 255). No caso dos diagramas, ainda, especifica-se que seus objetos imediatos são construídos não por uma semelhança em aparência, mas sim pelas relações. Portanto, mais ainda, poderá haver a demanda da ‘observação colateral’ que, para Peirce é a experiência prévia que um intérprete deve ter com o objeto de um signo, ou o que o signo denota, para compreendê-lo adequadamente (CP 8.179). Stjernfelt (2022, p. 258), por exemplo, trouxe a noção de observação colateral aplicada a compreensão de proposições⁴⁸:

[...] Peirce torna explícita sua importante noção de "observação colateral": o intérprete de uma proposição deve ter algum tipo de experiência prévia, direta ou indireta, com o objeto do sujeito da proposição - caso contrário, ele não saberia de forma alguma sobre o que se está falando, e a interpretação efetivamente se reduziria a um rema não saturado ou, no máximo, a uma proposição vaga.⁴⁹ (2022, p. 258)

De modo semelhante o conceito pode ser aplicado a compreensão dos diagramas, de modo que o interpretante dinâmico poderá ser determinado em diferentes níveis dependendo do conhecimento prévio do intérprete sobre o objeto dinâmico ao qual o diagrama busca representar. Uma vez que Peirce (2017, p.61) definiu ‘representar’ como “estar em lugar de, isto é, estar numa tal relação com um outro que, para certos propósitos, é considerado por alguma mente como se fosse o outro”; não podemos ignorar a cena montada pelo autor: o efeito de algo (representamem) se colocar no lugar de um outro (seu objeto) passa pela decisão de ‘alguma mente’ o ‘considerar’ para assumir tal posição.

⁴⁷“‘Represent’ in Peirce is a reference relation, not a signification relation, so the idea that the Immediate Object is the Object as “represented by the sign” could be paraphrased as the Object as “referred to by the sign” [...].

⁴⁸Em Peirce, uma proposição (Dicisigno ou Dicisign) é um tipo de signo que afirma algo sobre um objeto e pode ser considerado verdadeiro ou falso (CP 2.250; CP 2.252).

⁴⁹It is also in those papers that Peirce makes explicit his important notion of “collateral observation”: the interpreter of a proposition must have some sort of previous experience, directly or indirectly, with the object of the proposition’s subject—otherwise the interpreter would not know at all what is talked about, and the interpretation effectively shrinks to an unsaturated rheme or, at best, a vague proposition.

Deste modo, compreendemos que as proposições que foram feitas em nossas análises sobre os diagramas não podem ser vistas como signos Interpretantes que se encontram em um nível de primeiridade, ou seja, são imediatos. Pois, ainda que discutamos sobre as possibilidades de interpretação de um diagrama, já estamos refletindo sobre os mesmos, o que os classificariam como interpretantes dinâmicos formados por uma compreensão do objeto imediato dos diagramas que se apoia de nossa observação colateral.

Entretanto, as compreensões apresentadas por nós poderão ser mais diversificadas e robustas, uma vez que os objetos representados pelos diagramas fazem parte da formação dos pesquisadores e, por isso, nos permite pensar em diferentes possibilidades e caminhos de compreensão. Peirce, por exemplo, diante da sua formação e proximidade com a Química, em diversas passagens (CP 3.421; CP 4.530; CP 4.561; CP 6.525) evoca fórmulas químicas, classificações de elementos, conceitos de átomos, moléculas, ligações, valência e outros mais, como fundamentos para construir argumentos sobre, por exemplo, diferentes tipos de inferências, propriedades dos diagramas, compreensões de significado, além de algumas definições dos signos. Sugestionamos, então, que, assim como para o autor, algumas proposições feitas aqui sobre os fenômenos registrados apenas puderam ser concebidas quando os observamos através das lentes da expertise advinda da formação e da trajetória acadêmico-profissional dos pesquisadores.

Todavia, o foco deste trabalho não está em compreender o que os diagramas podem representar para os pesquisadores, mas sim em como eles se situam em relação à Docente e aos discentes, com destaque para a estudante Surda. À vista disso, tendo em conta as definições propostas por Stjernfelt (2022, p.256): “o interpretante inicial⁵⁰ é como o próprio signo exige ser interpretado, o interpretante dinâmico é como ele é efetivamente interpretado em uma situação”⁵¹, buscamos considerar os aspectos culturais e cognitivos que dizem sobre esses atores do ambiente educacional. Esses, serão elucidados na seção seguinte.

Para consolidar essa reflexão, destaca-se ainda que o diagrama pode ser analisado segundo diferentes níveis de generalidade, o que permite distingui-lo como tipo (*type*) e *token*. Conforme a distinção apresentada por Peirce entre *type* e *token*, um diagrama-tipo corresponde à forma diagramática geral, isto é, ao padrão relacional que caracteriza um certo arranjo de partes independentemente de suas realizações materiais (Stjernfelt, 2013). Trata-se da estrutura

⁵⁰ Aqui o autor se refere ao Interpretante Imediato.

⁵¹ [...] the initial interpretant is how the sign itself demands to be interpreted, the dynamic interpretant is how it is actually interpreted in a situation [...].

abstrata que funciona como uma lei semiótica, um legissigno icônico⁵² que regula suas possíveis ocorrências. Desse modo, o diagrama-tipo “consiste em duas partes: um diagrama *token* e um conjunto de regras para o entendimento dele como tipo” (Stjernfelt, 2013, p. 61).

Nesse sentido, o diagrama-*token* refere-se a uma instanciação concreta dessa forma geral. São diagramas materializados em suportes variados: um desenho de uma molécula no quadro, um gráfico da energia de ligação em um livro de Química, uma imagem digital de um sistema em equilíbrio químico projetada em aula, ou mesmo uma anotação no caderno de um estudante. Cada *token* atualiza, com maior ou menor abrangência, o conjunto de relações estipuladas pelo diagrama-tipo, funcionando como uma realização sensível de sua estrutura ideal (Stjernfelt, 2013). A distinção entre tipo e *token* é, portanto, fundamental para diferenciar o caráter ontológico e relacional da forma diagramática de suas manifestações empíricas e contingentes.

Especifica-se, portanto, a definição anteriormente apresentada, reafirmando: uma vez que o raciocínio que se dá fundamentado nos diagramas é chamado de diagramático (Leo, 2013), trata-se como diagramática a linguagem constituída por diagramas-tipo que, ao se materializarem em diagramas-*token*, podem estruturar processos cognitivos, enquanto signos diagramáticos em um contexto específico de semiose. Refere-se a linguagem diagramática como um sistema de representação visual que se estrutura a partir de diagramas-tipo, salientando sua característica icônica, calcada nas relações espaciais e lógicas que permitem, não apenas a compreensão de informações sobre o objeto referido, mas também a produção de inferências a partir de sua manipulação (CP 2.279).

Nisso, portanto, reside seu potencial de não apenas auxiliar no ensino do conhecimento químico, mas sim estruturar o raciocínio como uma ferramenta cognitiva, como um artefato que compõe o nicho de artefatos semióticos produzido pela Química ao longo de sua história (Atã; Queiroz, 2021). Assim sendo, nesta investigação, ao tratar-se de diagramas presentes no processo educacional, faz-se uma referência aos diagramas materializados, diagramas-*token*. E ao discutir-se sobre um tipo de linguagem diagramática, trata-se de uma categoria geral baseada em diagramas-tipos que se instanciam nas representações químicas.

⁵² É compreendido por Queiroz (2007a, p.190), como “uma lei que é signo, e cujo objeto é uma possibilidade”.

2 CAMINHOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa se apresenta como um caminho para a fixação de novas crenças guiadas pelos objetivos da investigação, visando alcançar as hipóteses pré-determinadas, confrontando-as ou as fortalecendo (Peirce, 1878; Gil, 2008). Esta via para a apreensão da verdade ocorreu de maneira fundamentada através do fazer científico, no qual, o método, como um diagrama em si, apresenta-se importante para explicitar aos pares as condições de análises postas (Peirce, 1878; Moraes, 2020). Deste modo, esforça-se para que o conhecimento que se busca construir não seja firmado como verdade inquestionável e individualizada, mas como parte de uma empreitada coletiva esteada no diálogo crítico comunitário.

Buscamos fundamentar a pesquisa em uma escolha de análise que melhor se adequem às questões que as orientam, a fim de esboçarmos com clareza as ações metodológicas. Apenas isso nos parece suficiente para compreender que, frente ao mesmo conjunto de dados, algum leitor poderia delimitar diferentes abordagens, percepções e novas questões. Principalmente, por se tratar de uma pesquisa, cuja temática vincula-se à Química - uma ciência exata - e às Ciências Humanas em suas bases epistemológicas, abrindo margem para distintos caminhos ao lidar com a complexidade humana na composição de seres culturais e socialmente posicionados (Gatti, 2012).

A partir disso, entende-se que a busca aqui empreendida não está livre da pessoalidade, isso pois, compreender algo sob um ponto de vista é colocar-se no lugar de quem se estuda, invadindo-o para fazer emergir sua percepção, a fim de obter uma análise comprometida com os sujeitos. Sendo assim, toda análise qualitativa passa pelo viés do observador, das pessoas observadas e das bases teóricas eleitas (Bogdan; Biklen, 1994).

Deste modo, delineamos o caminho metodológico, expondo as engrenagens que sustentaram a pesquisa e as respostas obtidas durante o processo, para aproximar os que optam por navegar nesta investigação como leitores. Ainda que costurada por fios das individualidades que dialogaram no ato de tecer este estudo, trabalhamos para a descrição dos detalhes passíveis de serem postos em palavras, imagens ou qualquer outro recurso na elaboração desta tese. Assim, as perspectivas adotadas podem ser confrontadas, limitando os enviesamentos, visto que sua eliminação não é possível (Bogdan; Biklen, 1994). Tendo isso em mente, o Quadro 2 contém, em ordem temporal de desenvolvimento, algumas etapas desta investigação.

Quadro 2 - Caminho metodológico.

ETAPAS
1. Construção do Referencial Teórico;
2. Acompanhamento e filmagem das aulas em uma disciplina de Química do Ensino Superior;
3. Mapeamento dos vídeos/Pré-análise;
4. Encontros com Docente para entrevista e observação dos episódios;
5. Análise das categorias.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Cada etapa foi pensada para a produção de experiências que delimitariam a realidade desta pesquisa, realidade essa que se deu a conhecer pelo contato. Não buscamos apresentar argumentos sobre o que não foi percebido, vivenciado. Isso nos é prescindível, pois, compreendemos que a experiência é o que progressivamente exclui as falsas ideias para que nos reste uma concepção mais aproximada da verdade sobre determinado aspecto (CP 5.50). Deter-nos sobre especulações seria produzir reflexões injustificadas que em nada contribuiriam com o desenvolvimento do trabalho. Aceitamos as limitações desta investigação não para enfraquecê-la, ao contrário, para fortalecer suas reflexões ao estabelecer os contornos necessários.

Logo, trabalhamos a partir do seguinte contexto: (i) aulas de uma disciplina de ‘Química Geral’⁵³, em um contexto de Ensino Superior em uma Universidade Federal no estado de Minas Gerais; (ii) em uma classe de educandos que, em sua maioria, eram do primeiro período do curso de Ciências Exatas⁵⁴; (iii) dentre esses estudantes, havia a presença de uma estudante Surda, sendo essa nossa motivação central para o acompanhamento dessa turma; e, por fim, (iv) havia sempre a presença de dois Intérpretes Educacionais que se revezavam durante a aula. Destaca-se que a discente surda optou por cursar a Licenciatura em Química, o que acentuou a

⁵³ A ementa desta disciplina prevê o ensino de conteúdos vinculados aos seguintes temas: estrutura atômica, classificação periódica dos elementos, ligações químicas, interações intermoleculares, equilíbrio químico e, por fim, ácidos e bases.

⁵⁴ Na universidade em questão, parte considerável das vagas se destina ao curso de Ciências Exatas, que tem duração de três anos ou seis períodos e é a porta de entrada. Após concluir o primeiro ciclo de formação do bacharelado, o aluno poderá continuar um dos cursos específicos (segundo ciclo) em mais um a três anos, dependendo da opção escolhida. Entre as opções estão formações em Ciência da Computação, Engenharia Computacional, Elétrica ou Mecânica, Estatística, Matemática, Química ou Física. Os três últimos possuem a modalidade de bacharelado e licenciatura.

relevância da disciplina para sua formação profissional e, consequentemente, fortaleceu as justificativas para a valia desta pesquisa.

A Estudante, tendo surdez profunda, utilizava a Libras como primeira língua (L1) e o Português escrito como segunda língua (L2), portanto, durante todas as aulas havia dois IEs, alternando-se em um intervalo fixo de aproximadamente 20 minutos, como orientado pela Lei Nº 14.704 em casos de trabalhos de interpretação superiores a uma hora (Brasil, 2023).

A conjuntura investigada foi regida por uma docente vinculada à área de Educação do Departamento de Química da Universidade em que o estudo se desenvolveu, cuja formação se deu no campo da Química e da Biologia. Para obter em detalhes as informações referentes à atuação da educadora nos parâmetros estabelecidos pela investigação, a primeira ação foi o acompanhamento e filmagem das aulas de Química Geral, seguindo tendências de pesquisas qualitativas na educação como discute Belei et al. (2008). Como as imagens criadas pelos elementos gráficos e as ações no ambiente educacional são caras para discussão da linguagem diagramática, o registro audiovisual apresentou-se como opção viável. Gravações com abordagem semelhante também ocorreram na etapa 3, durante a entrevista com a docente, na qual as filmagens das aulas foram expostas e discutidas, acessando a técnica da Lembrança Estimulada por Vídeo (LEV).

Em uma sequência lógica, sendo os vídeos o nosso material de análise, seu mapeamento (Etapa 2) foi crucial para a organização dos conteúdos e sua posterior discussão como resultado da investigação (Etapa 4). Passemos, então, ao detalhamento das etapas, fundamentos da metodologia e vínculos com os objetivos.

3.1 ETAPA 1

As abordagens delimitadas por uma pesquisa científica devem ser congruentes com o problema inicial que orienta os objetivos (Severino, 2017). À vista disso, sendo essa uma investigação que tem em foco os Surdos e sua cultura, é pulsante a necessidade da construção de um corpus de dados visuais para destacar essa dimensão da linguagem, cujo aprimoramento e intensificação se objetivam em razão de sua importância no processo educativo desses discentes.

Para viabilizar a reflexão sobre os diagramas junto aos fundamentos semióticos de Peirce, fez-se necessário o registro audiovisual do ambiente educacional selecionado e das ações docentes. Para isso, foram seguidas as exigências éticas da Universidade⁵⁵, com a

⁵⁵ CAAE: 58852822.7.0000.5147.

elaboração dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, solicitando a autorização de participação da professora, IEs e discentes. O termo foi apresentado no primeiro encontro com os atores da pesquisa que tiveram um tempo adequado para leitura, de modo que, caso concordassem, assinariam o documento.

O consentimento dos participantes foi fundamental, pois, embora apenas a imagem da docente tenha sido utilizada, a conjuntura estudada somente encontrava sua integralidade com a participação de todos os sujeitos, vinculando-os indiretamente aos dados (Lüdke; André, 2013). Após a obtenção da autorização, registrou-se a ação da professora durante um semestre (quatro meses) por meio da filmadora Sony Handycam HDR-PJ230. Como critério de inclusão, foram gravadas apenas as aulas em que a estudante surda se encontrava e, como critério de exclusão, aulas compostas por revisões ou exercícios avaliativos não foram registradas.

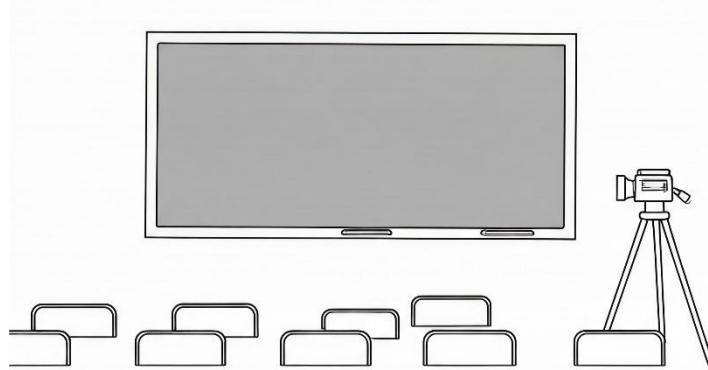
O conjunto de dados elaborado nesta primeira etapa nos propiciou signos para o estudo de outros signos, nomeados por Santaella (2005), em uma descrição semiótica moderna, como meta-signos. Seria tarefa quase impossível, enquanto vivenciávamos em tempo real as ações pedagógicas da professora e IEs, a observação concomitante à análise do pesquisador (Loizos, 2008). O que restou, então, foi a compreensão da realidade que se apresentou encapsulada em uma gravação, como um signo indicial em relação às diferentes conjunturas de tempo e espaço (Peirce, 2017).

Em Garcez, Duarte e Eisenberg (2011) comprehende-se a importância da produção de materiais empíricos válidos, o que se intensifica diante da dependência dos mesmos para a análise dos casos. Frente a isso, as aulas que contemplavam os critérios de inclusão e exclusão foram filmadas do início ao fim, tendo a docente e suas representações como foco. Foram, ao todo, 14 aulas com uma duração média de duas horas (120 minutos/cada). O posicionamento da filmadora buscava favorecer a mobilidade de acompanhar a docente em todos os espaços da sala (Figura 1). Com o uso de um tripé, a movimentação da câmera em torno de um eixo fixo era facilitada, além de fornecer mais estabilidade para a captação das imagens (Belei et al., 2008; Garcez; Duarte; Eisenberg, 2011)

Esta investigação não se debruçou sobre a atuação dos IEs, em razão dos objetivos pré-estabelecidos. Sendo assim, eles foram enquadrados em alguns momentos pois se posicionavam próximo a docente, entretanto, na maior parte do tempo eles estão ausentes das filmagens. Ainda que sua atuação seja fulcral para a educação de surdos, como discutido em trabalhos anteriores (Pereira; Freitas-Reis, 2023; Pereira, 2018), nos atemos a questão de pesquisa para manter a coerência da investigação.

Para além do vídeo, a captação do áudio foi realizada por meio da própria filmadora, uma vez que a câmera se encontrava em uma posição que permitia a obtenção da produção oral da professora e dos estudantes com uma qualidade adequada para compreensão.

Figura 5 - Posicionamento da filmadora.



Fonte: Imagem gerada com *Gemini* (2025).

Nas imagens captadas há um retrato do contexto histórico vivenciado, pois, em alguns momentos a professora utiliza máscara de proteção por se tratar do primeiro semestre presencial pós-pandemia, no qual algumas medidas de segurança ainda estavam postas. Notoriamente, algumas nuances de suas expressões faciais foram escondidas, além da impossibilidade de leitura labial pela discente Surda que tinha habilidades para tal. Todavia, foi possível registrar expressões vinculadas a parte superior da face, envolvendo os olhos e sobrancelhas.

Como pesquisador, durante as filmagens não se estabeleceram interações com a docente ou estudantes ou alguma influência na estruturação do curso (abordagens pedagógicas e avaliação). Neste processo priorizou-se o olhar atento ao ambiente na configuração que Lüdke e André (2013) chamam de observação participante, uma vez que as intenções do pesquisador que vos escreve foram reveladas ao grupo de participantes no início das aulas, além de manter uma presença evidente.

Em concordância com Belei et al. (2008), a presença da filmadora poderia influenciar o comportamento dos participantes, porém, observou-se que, ainda no primeiro encontro, os discentes não se ocupavam da estada do observador; não insistindo em interações ou mesmo direcionando olhares para o equipamento. Esta postura se repetiu durante o restante do semestre. Por fim, com a conclusão das filmagens iniciou-se o processo de mapeamento/pré-análise.

3.2 ETAPA 2: MAPEAMENTO/ PRÉ-ANÁLISE

A Análise de Conteúdo (AC) discutida por Bauer (2008) ou, principalmente, por Bardin (2016), nos auxiliou na organização de um conjunto de dados para essa etapa da pesquisa. Ainda que o método se destine majoritariamente para o estudo de textos, é possível estabelecer algumas aproximações para a investigação com arquivos audiovisuais. Alguns trabalhos no campo da educação, de diferentes naturezas, tendem a transformar vídeos em texto transscrito, todavia, certas nuances se perdem com a redução da comunicação multimodal ao registro da expressão oral (Garcez; Duarte; Eisenberg, 2011). O que não exclui a possibilidade de uso do texto como material de apoio, porém, não ignorando o que é independente ou concomitante à fala.

O que se faz nesta segunda etapa é definido pela AC como pré-análise, sendo esse um movimento de volta ao mesmo tipo de análise *à priori* que orientou a elaboração do projeto da pesquisa. Se em um momento inicial seguimos as instruções de ‘leitura flutuante’, ‘escolha dos documentos’ e ‘formulação de hipóteses e objetivos’, a partir de textos teóricos sobre o tema aqui abordado, na repetição desse ciclo, partimos de tais hipóteses e objetivos previamente determinados para escolher os eventos a serem analisados dentro dos vídeos (Bardin, 2016).

Em outras palavras, o que Bardin (2016) considera como ação de compreender os objetivos para selecionar um corpus adequado, na pesquisa científica já está estabelecido a partir da questão orientadora e dos objetivos geral e específicos. Sendo assim, inicia-se o estudo dentro dos limites das filmagens obtidas na etapa anterior, pois elas compõem a realidade a ser conhecida, sendo para nós, signos de outros signos (Peirce, 2010).

Para este contexto, a ‘leitura flutuante’ tomou forma através da observação dos vídeos, naturalmente codificados por aulas e blocos temáticos que determinavam os exames do semestre. O estudo atento dos vídeos pautou-se pelo filtro do conceito de linguagem diagramática a partir de Peirce (1931-58), precisando os momentos em que o discurso da professora, na figura de suas produções orais, gestuais ou gráficas, vinculam-se à temática delimitada.

A construção de um mapa de diagramas para organização dos momentos relevantes para esta investigação pautou-se na ideia de mapa de eventos elucidada por Amaral e Mortimer (2006) e Martins (2006). Nas palavras de Valadão (2021, p.95), o uso do mapa de eventos pode auxiliar na percepção de “(i) como o tempo é gasto no decorrer de uma aula; (ii) quais temas e conceitos que se destacam durante as atividades”, ainda, a autora ressalta que através de seu uso é possível “(iii) marcar de forma abrangente os tipos de ferramenta em uso nas atividades;

e (iv) organizar os tipos de conteúdo curriculares que são contemplados nas aulas” (Valadão, 2021, p. 95).

Optou-se, logo, por compreender a base do conceito de mapa de eventos estabelecida por Amaral e Mortimer (2006) e Martins (2006), e utilizada em Araújo Neto (2009) e Valadão (2021), e adaptá-la tendo em conta a necessidade de organizar os momentos em que a linguagem diagramática é utilizada pela Docente para expressão do conhecimento químico e/ou seu ensino. Portanto, para manter a coerência, consideramos que a abordagem adotada produziu um mapa de diagramas e não um mapa de eventos convencional. Foram descritos, portanto, a data, seguido do tempo de início e fim, uma classificação do evento/diagrama, além da descrição vinculado ao signo diagramático (Quadro 3).

Quadro 3 - Mapa de Diagramas.

Aula	I. E. ⁵⁶	T. E. ⁵⁷	Evento/Diagrama	Descrição
09/05 (014)	10:23	11:17	Diagrama do Átomo	O diagrama é desenhado no quadro para exemplificar o que são os números 1, 2, 3 no diagrama de energia.
-	11:45	13:15	Fórmula $c = \lambda \cdot v$	A docente manipula a fórmula para explicar a proporcionalidade entre as variáveis e a constante.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Não estabelecemos como objetivo, neste momento inicial (durante a elaboração do mapa), a busca por correlações entre os diagramas através de classificações ou tópicos relacionados às ações pedagógicas que os circundam, como proposto por Araújo Neto (2009). Isto, pois, em um primeiro nível, preocupamos apenas com a natureza do diagrama, em termos de sua forma e conteúdo compreendidos; já em um segundo nível, que será descrito na etapa 5, observamos sua função pedagógica junto às condições de produção nos aspectos gráficos, orais e gestuais.

A organização dos diagramas realizada pelos mapas, como exposto no Quadro 3, foi necessária para que, a partir da técnica de Análise de Conteúdo, categorias *à posteriori* emergissem, a fim de reagrupá-los (Etapa 5), incialmente, não vinculando-os a uma rede de espaço tempo específica, mas, pelos fundamentos da Semiótica, ponderando aspectos de sua constituição. Após isso, em um segundo momento voltou-se o olhar para o contexto de cada diagrama, no intuito de investigar as ações pedagógicas e dialogar sobre as potencialidades que residem no uso da linguagem diagramática no ensino de química no contexto da inclusão de

⁵⁶ Início do Evento

⁵⁷ Término do Evento

surdos, como estabelece o objetivo desta pesquisa. Para isto, foi necessária a delimitação de episódios, com seus critérios específicos, que serão discutidos a seguir.

3.2.1 Critérios para seleção dos episódios

Os episódios foram delimitados pela observação das unidades de sentidos presentes nas aulas gravadas, podendo estar contidos em um tópico representado no mapa de diagramas ou envolver mais de um diagrama em sua extensão temporal. Os critérios que guiaram a seleção dos episódios durante a observação refletem os objetivos do trabalho e, portanto, priorizam o uso da linguagem diagramática em um cenário explicativo e/ou de interação pedagógica. À vista disso, os momentos organizativos⁵⁸ ou aplicação de exames não foram priorizados como objetos de análise.

Diferenciando-se dos intervalos do mapa de diagramas, os episódios estão imersos por um contexto que permite a investigação da função pedagógica e conceitual de um diagrama, bem como sua ação concomitante a outros recursos de linguagem utilizados em sala. Para além disso, dentro das diversas possibilidades de episódios, foram selecionados aqueles considerados mais representativos para serem apresentados à Docente na Etapa 3 e analisados na Etapa 5.

Consideramos como representativos os episódios nos quais se encontrou o uso pronunciado de um recurso ou abordagem relacionada à temática da pesquisa, ou uma estrutura formada pela junção de características centrais identificadas de modo isolado em outros episódios. Definimos tais critérios para que as nuances das potencialidades do uso da linguagem diagramática não se percam na subjetividade das escolhas do pesquisador. Sobretudo, assim como afirma Araújo Neto (2009), não se julga, aqui, o mérito das interações e/ou escolhas pedagógicas da Professora e sua adequação para diferentes momentos e finalidades, antes, trabalhamos objetivamente para reconhecer as formas de desenvolvimento e uso dos diagramas a partir delas.

Com base nos episódios escolhidos, pela necessidade de especificação, delimitamos as sequências discursivas (SDisc) e, posteriormente, os turnos de fala. Admitimos, neste trabalho, um episódio como uma unidade maior que engloba uma série de interações (Gago, 2002), uma sequência discursiva como uma unidade intermediária que representa um segmento coeso de fala(s) (Schegloff, 2007), e um turno como a menor unidade de fala de cada participante em

⁵⁸ De acordo com Araújo Neto (2009, p. 126), os eventos organizativos são aqueles que visam “a administração das atividades do curso, pedidos de silêncio, comunicados, negociação da agenda do curso, e outras intervenções necessárias”.

uma conversa. Essas unidades são importantes na análise da conversação e podem ser usadas para entender a estrutura das interações verbais entre os participantes (Gago, 2002).

Para organização sequencial dessas informações, a partir da apropriação e adaptação das formas de representação utilizadas por Giordan, Silva-Neto e Aizawa (2015) e Aizawa, Giordan e Silva-Neto (2017), foram concebidos os modelos expostos nos Quadros 4 e 5, de forma que o primeiro situa a aula em que o episódio está contido, o nome do episódio e sua duração, enquanto o segundo informa as SDisc que compõem o episódio, junto de sua transcrição compostas por turnos de fala.

Quadro 4 - Modelo para organização de episódios.

AULA	EPISÓDIO	DURAÇÃO
-	-	-

Fonte: Aizawa, Giordan e Neto (2017) (adaptado).

Quadro 5 - Modelo quadro de transcrição dos episódios em sequências discursivas.

Nome do Episódio:		Episódio X
Sequência discursiva	Tempo Inicial-Tempo Final	TÍTULO/TRANSCRIÇÃO

Fonte: Aizawa, Giordan e Neto (2017) (adaptado).

As transcrições foram feitas, inicialmente, como um texto simples e, conforme se mostrou necessário para as análises de turnos ou sequências específicas, recorreu-se a um modelo de transcrição mais detalhado, baseado em Jefferson (2004), com os seguintes parâmetros (Quadro 6):

Quadro 6 - Regras de Transcrição.

CONVENÇÃO	EXEMPLO
SOBREPOSIÇÕES	/eu acho que (...) talvez a gente possa ir ao cinema hoje/
PAUSAS	Eu acho que (...) talvez a gente possa ir ao cinema hoje.
PROLONGAMENTOS	eeeeuu acho que podemos fazer isso.
ÊNFASE E	Eu não disse que <i>não</i> queria ir.
ENTONAÇÃO	
RISOS E SUSPIROS	Eu estava tão cansado (riso) quando cheguei em casa.
INTERRUPÇÕES	Eu acho que devemos con- (interrupção) Participante B: Desculpe, eu concordo.

COMENTÁRIOS	Eu [André] estava tão cansado.
AUTOR	

Fonte: Jefferson (2004) (adaptado).

Os critérios de organização definidos com base nos trabalhos supracitados - e.g. Gago (2002), Schegloff (2007), Giordan, Silva-Neto e Aizawa (2015) - podem ser interpretados a partir da Análise de Conteúdo de Bardin (2016), consoante com as categorias definidas. Em um cenário específico, pode-se identificar uma unidade de registro⁵⁹ em um turno de fala, consequentemente, sua unidade de contexto⁶⁰ estará em uma ou mais SDisc. Por outro lado, quando uma SDisc é definida como unidade de registro de uma categoria, sua unidade de contexto será, possivelmente, o episódio no qual tal SDisc está contida. Essas ideias foram importantes para a compreensão precisa das categorias adequadas para a análise dos vídeos discutida na Etapa 5, uma vez que se busca assegurar o caráter científico da pesquisa, fortalecendo sua confiabilidade através de uma abordagem metodológica que desenha os caminhos adotados para produção fundamentada dos conhecimentos.

3.3 ETAPA 3: ENCONTROS COM A DOCENTE

Diante do papel essencial que o professor tem nos processos educativos, o estudo da linguagem diagramática no contexto desta investigação não poderia ocorrer sem a devida atenção ao trabalho empreendido pela Docente. Logo, sendo ela, aqui, uma figura central para as reflexões, após as filmagens das aulas, iniciou-se a Etapa 3, que consistiu em duas partes: (i) entrevista semiestruturada para tecer o perfil da docente, e o (ii) uso da técnica da Lembrança Estimulada por Vídeo (LEV) para discussão dos episódios selecionados.

3.3.1 Entrevista com a Docente

Nos estudos qualitativos em educação, trabalha-se com indivíduos marcados por diferentes aspectos de sua trajetória, que podem determinar suas ações e compreensões da vida. Nesse sentido, as reflexões, que tomarão forma nas análises a partir do capítulo 4, foram

⁵⁹ Uma unidade de registro é definida por Bardin (2016, p. 134) como uma “unidade de significação codificada e correspondente ao segmento de conteúdo considerado unidade base, visando a categorização e contagem frequencial”.

⁶⁰ Para Bardin (2016), uma unidade de contexto possui dimensões superiores às das unidades de registro para que se compreenda exatamente o sentido da unidade de registro, evitando interpretações descontextualizadas.

construídas a partir da experiência de observação do pesquisador somada à experiência de atuação da Docente. Qualquer tipo de indução aqui realizada, se deu a partir de premissas calcadas em um sujeito histórico, cuja existência é única.

Conhecer os sujeitos da pesquisa é necessário para que o processo abdutivo se apoie em informações concretas, aumentando a precisão de suas explicações produzidas a partir do diagrama que a própria pesquisa esculpe. O processo abdutivo, para Peirce (CP 2.96), requer a apresentação de fatos ou, como afirmam Franco e Borges (2017, p.48), “nossas ideias sobre coisas reais” para a sugestão de conclusões. Ao descrever a realidade percebida diante do exposto, faz-se necessário incluir aquela que é formada pela Docente que, em sua subjetividade, cria e gera os eventos investigados. Para tal, realizamos uma entrevista semiestruturada com a Professora, a partir da qual foi delineado seu perfil docente.

Sabemos que a entrevista semiestruturada caracteriza uma abordagem metodológica utilizada quando se deseja ter mais flexibilidade nas respostas, porém mantendo uma estrutura temática para guiar os questionamentos (Bell, 2010). Nesse caso, o pesquisador inicia partindo de questões previamente estabelecidas, mas, ao mesmo tempo, se permite orientar o diálogo na direção de outras coordenadas quando identifica a necessidade, tendo em mente os objetivos da entrevista e a base epistemológica da pesquisa.

Objetivamos, a partir disso, obter dados que colaborariam com a compreensão do perfil da participante, abarcando sua formação e contexto sociocultural que, em algum grau, poderiam auxiliar na compreensão das ações desenvolvidas no espaço educacional. As questões postas à Docente abordavam sua trajetória acadêmica e relação com a Química, sua compreensão e contato com a educação de surdos, além de sua percepção sobre a experiência na disciplina que registramos.

A entrevista foi gravada em áudio e vídeo para análise posterior e, por se tratar de um volume menor de informações, foi transcrita seguindo os mesmos padrões expressados no Quadro 6, para que fosse utilizada no início das análises (Capítulo 4) e ao longo da discussão acerca das abordagens pedagógicas que englobam o uso da linguagem diagramática.

3.3.2 A LEV e a discussão dos episódios

Ainda como forma de obtenção de dados relativos à Etapa 3, três encontros entre o pesquisador e a Docente - registrados em vídeo - foram articulados para discutir acerca da linguagem diagramática utilizada no ambiente educacional. A estrutura dos encontros foi determinada a partir da Lembrança Estimulada (*Stimulated Recall*), um recurso que vem sendo

utilizado em diferentes temáticas da pesquisa em educação como uma abordagem de retrospecção (Zhai et al., 2024), que permite aos participantes analisarem eventos passados e refletirem a partir dos estímulos que podem ser fornecidos em diferentes modalidades como áudio, texto, vídeo e/ou imagem. Como uma especificação, Aizawa, Giordan e Silva-Neto (2017) utilizam a nomenclatura ‘Lembrança Estimulada por Vídeo’ (LEV) para representar a técnica⁶¹ que estritamente lança mão do recurso audiovisual como fonte de estímulo.

A nomenclatura selecionada por Aizawa, Giordan e Silva-Neto (2017) aparece como *Video Stimulated Recall* anteriormente em diversos artigos, como estudam Gazdag, Nagy e Szivák (2019) através de uma revisão sistemática. A técnica permite reavivar as memórias dos participantes da pesquisa, para pensar sobre as ações realizadas nas aulas (Shubert; Meredith, 2015). Precisa ser organizada de modo a obter os registros audiovisuais, selecioná-los conforme sua adequação à investigação, apresentá-lo a(aos) indivíduo(s) participante(s), fornecendo um tempo para reflexão e um ambiente para reações entrelaçadas às perguntas do pesquisador, que pode conduzir uma entrevista com fins definidos. Para uma melhor compreensão, a Figura 6 que intenta organizar visualmente o fluxo da técnica de LEV.

Figura 6 - Fluxo de desenvolvimento da LEV.



Fonte: Adaptada de Zhai et al. (2024, p.2).

A partir da Figura 6, percebemos que a entrevista é também parte representativa da técnica, pois auxilia no direcionamento da atenção da pessoa entrevistada. Dempsey (2010), ao descrever características da entrevista dentro da Lembrança Estimulada, defende sua concepção a partir da visão de um processo flexível e de alta interatividade. Para o autor, é necessário ter

⁶¹ Compreende-se que há uma clara diferença entre técnica, método e abordagem, porém, diferentes autores utilizam terminologias distintas ao tratarem da LEV, deste modo, optou-se por apresentar os argumentos dos autores em conjunto com a classificação que escolheram. Nas discussões posteriores, será utilizado o termo ‘técnica’, visto que não se trata de uma pesquisa plenamente calcada no método da lembrança estimulada, mas uma investigação com uma metodologia mais ampla, na qual, a LEV é utilizada como uma técnica para aumentar a confiabilidade das reflexões do pesquisador a partir da visão da docente sobre os episódios.

abertura para visualizar as passagens de vídeo, pensar, dialogar e reassistir, se necessário, sem uma rigidez excessiva que limita o pesquisador.

Diante disso, os encontros com a Docente tiveram como base os episódios anteriormente selecionados, nos quais ela utiliza, cria ou interage com uma representação diagramática. Esses foram exibidos com o aporte de um projetor para a aplicação da técnica de LEV, com o intuito de obter suas perspectivas sobre os acontecimentos desenvolvidos no espaço educacional, assim como repensar alguns recursos diagramáticos utilizados nas aulas (Aizawa; Giordan; Silva-Neto, 2017).

Durante as reuniões, o pesquisador não vivencia mudanças expressivas em sua posição em comparação aos momentos em que as aulas foram registradas. Entretanto, para a Docente há uma alteração significativa. Ela se reencontra consigo, suas imagens, suas ações, porém, como observadora. Para além do constrangimento natural proveniente de um autojulgamento, a inversão que a LEV propicia a docente viabiliza a observação de suas ações e dos demais indivíduos em um ambiente livre das pressões e demandas cognitivas enfrentadas enquanto professora regente na rede de tempo e espaço replicada pelos vídeos.

As reflexões e respostas da Docente nesta etapa foram mapeadas e transcritas, organizando o tempo dos eventos e as temáticas contidas neles, para que a análise dos diagramas, em termos estruturais e pedagógicos, pudesse ser vinculada às reflexões da docente, como meio para tornar as conclusões abdutivas mais criteriosas e fiéis ao corpus empírico desta pesquisa.

3.4 ETAPA 4: A ANÁLISE DAS CATEGORIAS

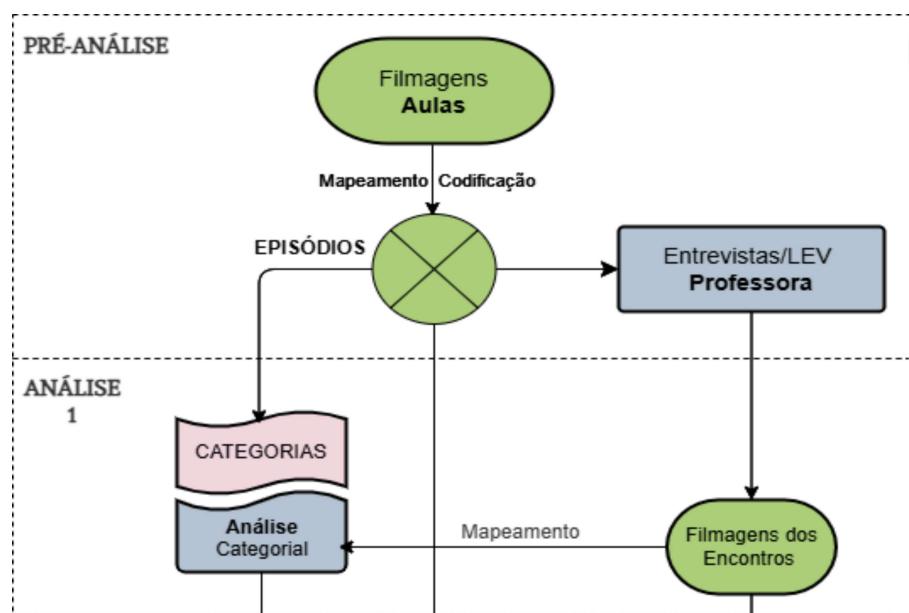
Registros audiovisuais das aulas de Química Geral, informações sobre o perfil docente e as gravações em vídeo dos encontros com a Docente são o que compõe o *corpus* de dados desta pesquisa. Logo, a análise em diferentes níveis se relaciona com tais fontes informacionais que, como já dito, estabelecem a noção de realidade com a qual se trabalha para tecer as reflexões do processo abdutivo.

Delinear a análise é essencial para que os critérios de inferência estejam evidentes, fomentando um caminho viável até as conclusões propostas. Bardin (2016) em seu livro ‘Análise de Conteúdo’, discute sobre o método que envolve a pré-análise, codificação, categorização e inferência. Não obstante, também se dedica a apresentar técnicas de análise para interpretação do conteúdo organizado a partir do método.

Neste sistema, considera-se como análise a elaboração de categorias e os processos de inferência. Para o primeiro, utiliza-se os fundamentos discutidos por Bardin (2016), enquanto para o segundo, os estudos de C. S. Peirce⁶² foram tomados como referência na operação das análises semióticas. O processo de categorização foi tomado como parte integrada da análise pois, a partir dele, torna-se possível visualizar facetas antes não percebidas, mudando a compreensão dos dados. Já a inferência está conectada a análise propriamente dita, antecedida pela discussão de aspectos mais evidentes que dão lugar a reflexões mais aprofundadas a partir de fundamentos teóricos pré-determinados (Bardin, 2016).

Quanto a esse processo, faz-se necessário apresentá-lo visualmente para que as relações se tornem mais evidentes frente às diferentes nuances da análise (Figura 7). Em um primeiro nível, mais amplo, nos preocupamos com a categorização das características que compõem os diagramas, a partir do estudo dos episódios anteriormente selecionados. Em um segundo nível, mais específico - a partir do conhecimento das categorias que definem a figura do diagrama no cenário estudado e de episódios representativos - a análise focalizou-se no diagrama como um signo diagramático em um contexto de atuação pedagógica, considerando a interação do diagrama com a produção oral e gestual da Professora.

Figura 7 - Etapas de análise.



⁶² Para esta pesquisa foram essenciais alguns escritos de Peirce como *The Collected Papers of Charles S. Peirce*, em 8 volumes, publicados entre 1931 e 1958; o livro ‘Semiótica’ (Peirce, 2017) da editora Perspectiva, que organiza uma obra traduzida, baseada nos arquivos do *Collected Papers*; além de outros artigos relevantes de Peirce, por exemplo, ‘How to make our ideas clear’ de 1878, ou ‘The Fixation of Belief’ de 1877. Ainda, utilizou-se diferentes autores que discutem temáticas específicas a partir das ideias de Peirce, entre os principais, destacam-se as diversas obras de Lucia Santaella, João Queiroz, Nancy J. Nersessian, dentre outros.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.5.1 A elaboração e análise das categorias

Em Bardin (2016, p. 149), para o cenário em que as categorias não estão pré-estabelecidas, entende-se que “as categorias terminais provêm do reagrupamento progressivo de categorias com uma generalidade mais fraca”. Aqui, generalidade se refere a capacidade de abarcar diferentes elementos a partir de suas características em comum.

Ainda, segundo Bardin (2016), uma boa categoria é aquela que (i) bem descreve seus elementos, fugindo de ambiguidades (exclusão múltipla); (ii) que preza pela homogeneidade em seus grupos de elementos, possibilitando, inclusive, a separação dos elementos em diferentes níveis, caso necessário; (iii) que é pertinente em relação ao quadro teórico estabelecido; (iv) que é formada a partir do princípio de objetividade e fidelidade, os quais prezam por processos de categorização com codificadores e índices, ou seja, critérios de classificação bem definidos e, por fim, uma boa categoria deve ser (v) produtiva, pragmática, com resultados férteis e coerentes com os objetivos.

Portanto, as categorias foram desenvolvidas a partir da observação dos episódios, tendo em conta as definições dos diagramas de C. S. Peirce, de modo que uma primeira análise decorreu em prol da definição de unidades de registro, criando classificações sem a preocupação de serem boas categorias. Após o estudo de todos os episódios, as classificações iniciais foram comparadas, a fim de agrupá-las novamente para desenvolver categorias de generalidade forte. O processo em questão será apresentado com o devido detalhamento no Capítulo 4.

Com as categorias definidas, foi possível tecer uma reflexão sobre os aspectos qualitativos dos diagramas presentes nas aulas em conjunto com as discussões realizadas juntamente com a Docente (Análise 1 - Figura 7). Isso permitiu que o pesquisador construísse ideias, não apenas a partir de sua experiência, mas conjuntamente com a Professora⁶³, tornando a análise, em certo nível, colaborativa.

⁶³ Optou-se pelo uso da entrevista a partir da LEV, pois, como se trata de uma docente que atua em uma instituição federal de ensino superior, sua percepção do trabalho educativo também é obtida por meio do desenvolvimento de pesquisas científicas no campo da educação, com a qual a Docente já estava habituada. Sendo assim, suas considerações durante os encontros partiram de um lugar de maturidade e experiência até mesmo mais abrangente que às do próprio pesquisador, colaborando para elaboração de uma análise ainda mais criteriosa.

Para a análise categorial, foi necessário ter em conta precisamente o que seria o diagrama, a linguagem diagramática e o signo diagramático, para que as categorias fossem coerentes com o objetivo de analisar o objeto em si: o diagrama. Esta análise auxiliou a construção de uma base robusta, com as categorias figurando como tópicos que apontam para o objetivo de refletir sobre as potencialidades do uso da linguagem diagramática.

Não se apresenta, então, os dados com o objetivo de produzir uma justificativa sobre o quanto a linguagem diagramática deveria estar, ou não, presente nas aulas de Química inclusivas a Surdos no Ensino Superior. Não teríamos fundamentos suficientes para produzir tal tipo de generalização. Antes, nos disporemos dessa conjuntura para construir argumentos sobre como a linguagem diagramática compõe as ações didáticas em resposta ao ambiente, mas, também, como o ambiente é determinado por ela. Para que, no fim, o produto da nossa investigação não seja um modelo a ser seguido, mas o aprofundamento da compreensão das possibilidades e características desse artefato, vinculado ao ensino de Química e a Inclusão de Surdos.

4 ENTRETECENDO FIOS: A CARACTERIZAÇÃO DOS DIAGRAMAS

Os resultados e análises apresentados neste capítulo estão relacionados aos objetivos propostos e foram delineados com a finalidade de apresentar fatores que determinaram a caracterização dos diagramas. Desse modo, esta seção é composta por duas partes centrais, sendo elas: a elaboração de um histórico acadêmico-profissional da Docente participante da pesquisa, para a composição de seu perfil; e a apresentação das categorias relacionadas aos diagramas em função das ações e objetivos pedagógicos.

4.1 REFLEXÕES SOBRE A TRAJETÓRIA ACADÊMICO-PROFISSIONAL DA DOCENTE

As informações que se seguem são oriundas das falas e percepções promovidas durante a entrevista, que se sucedeu no primeiro encontro com a Docente⁶⁴. A discussão iniciou-se a partir do seguinte questionamento feito pelo pesquisador:

Professora, primeiro, gostaria de saber um pouco sobre sua trajetória acadêmica, mas também profissional. De modo amplo. Quase como um memorial de como foi sua formação, mas também, desde que você entrou na Universidade como docente, quais disciplinas a Sr^a. normalmente leciona, com quais a Sr^a tem mais afinidade, ou não; e como sua atuação, hoje, dialoga com a sua formação? (Pesquisador, Encontro 1)

Ainda que inicialmente as questões foram apresentadas de forma conjunta, e o produto disso poderia ser a perda de foco em relação às respostas, para que tal efeito fosse evitado, a entrevista manteve durante todo o tempo um tom de diálogo, no qual o pesquisador retomava as questões ao longo do depoimento da professora sobre sua trajetória profissional.

A Docente licenciou-se em Biologia em uma Universidade Estadual, entre 1983 e 1986, e suas intenções desde o início desse processo pautavam-se em criar possibilidades para atuar como docente. A escolha pela Biologia, segundo ela, teve influência significativa de sua admiração pelas ações pedagógicas de seu professor dessa mesma disciplina no Ensino Médio. A Docente, inclusive, enumerou algumas características que se destacavam na postura daquele profissional: ele era extrovertido, sabia explicar, apresentava um conhecimento expressivo do conteúdo, além de promover uma aula leve e prazerosa. Nas palavras da Docente:

⁶⁴ Como esta se trata de uma pesquisa que discute sobre a ação docente, para não criar confusões quando forem utilizados os termos professor, educador etc. A partir daqui, portanto, iremos sempre nos referir à professora participante desta pesquisa de forma capitalizada, ou seja, com a inicial maiúscula (eg. Docente, Professora, Educadora).

A Biologia veio por uma **admiração que eu tinha por um professor da escola**, mas poderia ser... pensei em Letras, pensei em História, pensei em várias disciplinas, mas a Biologia foi... quando a gente olha e... **Eu quero ser aquele professor!** Por que? Qual era a característica que ele tinha? **Extrovertido, sabia explicar, todo mundo da turma entendia** muito da Biologia que ele explicava e era **uma aula muito leve**, muito gostosa, que todo mundo gostava. [...] Então eu queria ser aquela professora, aquele professor, daquele jeito. (Docente, Encontro 1, grifo nosso)

A partir da definição feita pela Docente em relação a seu professor do Ensino Médio é possível sugerir que, enquanto estudante da Educação Básica, ela já tinha para si uma concepção das características que qualificam um ‘bom professor’. A docência, como uma profissão que se diferencia ao ter seus serviços vivenciados pela maioria dos cidadãos durante mais de uma década, é experienciada pelos discentes que, segundo Maldaner (2020), acabam sendo formados pelo próprio ambiente (formação ambiental). Eles constroem o que Carvalho e Gil-Perez (2011) nomearam como ‘pensamento docente espontâneo’. Esse seria um tipo de conhecimento tácito da profissão constituído pelas ideias, atitudes e comportamentos sobre o ensino, formados pelos estudantes no decorrer de suas vivências em diferentes espaços educacionais.

Em seu livro ‘Formação Inicial e Continuada de Professores de Química’ (Maldaner, 2020), dentre as muitas discussões apresentadas, o professor Otávio Maldaner teceu reflexões sobre a concepção construída culturalmente do que é ser um professor e destaca que essa imagem pode impactar estudantes em suas escolhas profissionais, influenciando-os a seguirem, ou não, a profissão docente. A partir de seus julgamentos, é comum que os discentes precisem ideias sobre o que consideram, ou não, como positivo nas ações de um professor, porém, muitas vezes não instituem uma separação entre o educador e a disciplina pela qual está responsável. Assim como a Docente participante dessa pesquisa e o próprio pesquisador que vos escreve, por vezes, um estudante cria um vínculo com uma área do conhecimento motivado pela experiência aprazível, em sua concepção, com um professor.

Um cenário antagônico ao que foi exposto pela Docente é também considerado por Carvalho e Gil-Perez (2011) ao afirmarem que, em muitos casos, um modelo de aulas descontextualizadas, rígidas, que endossam uma postura passiva e são demasiadamente expositivas, serve negativamente como um *input* para o comportamento de futuros professores. Isso pois, cooperam para a construção de um pensamento docente espontâneo marcado por ações assentes na visão de um ensino que não busca ser transformador, colaborando para a reprodução de estruturas sociais autoritárias que inibem a criticidade, curiosidade e inventividade que, como discutiu Freire (2021a), conduziriam os discentes à autonomia.

Toda essa discussão, a partir da percepção da Docente, se torna relevante ao compreendermos que ser professor perpassa por desenvolver o que Tardif (2002) chamou de saberes docentes. O autor explica que os *saberes disciplinares*, que são aqueles gerados pelos diversos campos do conhecimento (Química, Física, História, etc.), integrados nos espaços formais de ensino sob a forma de disciplinas, cujos saberes “emergem da tradição cultural e dos grupos sociais produtores de saberes” (Tardif, 2002, p.38). Já os *saberes curriculares*, para Tardif (2002, p. 38), “correspondem aos discursos, objetivos, conteúdos e métodos a partir dos quais a instituição escolar categoriza e apresenta os saberes sociais por ela definidos e selecionados como modelo da cultura erudita e de formação”. Esses podem ser compreendidos pelos *saberes profissionais*, caracterizado como aqueles transmitidos pelas instituições de formação de professores, às quais irão também contribuir para o desenvolvimento dos *saberes pedagógicos*, definidos pelo autor como as “doutrinas ou concepções provenientes de reflexões sobre a prática educativa no sentido amplo do termo, reflexões racionais e normativas que conduzem a sistemas mais ou menos coerentes de representação e orientação da atividade educativa” (Tardif, 2002, p.37).

Por fim, os *saberes experienciais* são aqueles que mais dialogam com a discussão aqui empreendida. Para Tardif (2002), eles são desenvolvidos pelos professores no exercício de suas funções e na prática de sua profissão, baseados no trabalho cotidiano e no conhecimento de seu meio. Todavia, Silva Júnior e Lopes (2015) discutiram que, para além da atuação como docente, os saberes experienciais também são gerados enquanto discentes, concordando com a ideia supracitada sobre a formação de um pensamento docente espontâneo a partir da formação ambiental. Para os autores, o pensamento docente espontâneo seria um tipo de internalização acrítica de práticas e saberes advindos da observação de antigos professores e, nesse sentido, não deveria pautar, por si só, a prática docente (Silva Júnior; Lopes, 2015). Antes, seria necessário refletir sobre tais saberes advindos da experiência, a partir da compreensão de sua existência, de modo que “a tomada de consciência acerca dos saberes docentes da experiência deve passar pelas etapas: conhecer, questionar e reelaborar” (Silva Júnior; Lopes, 2015, p. 57).

Compreendemos que a fala da Docente sobre seu professor pode tomar forma a partir de uma nostalgia gerada pela memória da experiência, mas também não deixa de lado seu conhecimento sobre educação e formação de professores gerado ao longo dos anos que funciona como um filtro para suas lembranças, podendo conduzi-la a reconfigurar sua opinião sobre o docente de Biologia, ou apresentar algum comentário sobre a alteração de sua percepção a respeito das aulas. Entretanto, a resposta da Docente não segue esses caminhos e, ainda com o filtro supracitado, ela ainda teria para si as qualidades daquele professor como sendo adequadas,

reforçando a boa experiência vivenciada em sua formação básica. Em consequência disso, essas características poderiam compor, ainda hoje, parte dos parâmetros utilizados por ela para orientar sua própria atuação, o que reforça a importância da formação que se dá pelo ambiente, como discute Maldaner (2020).

No momento seguinte da entrevista, a Professora salientou que enfrentou dificuldades para conseguir um emprego adequado após se formar, e isso levou-a a ingressar em um programa de pós-graduação em um Museu - em Zoologia, temática com a qual trabalhava desde a graduação. Entretanto, teve uma relação delicada com o mestrado e a pesquisa que desenvolveu, pois seu interesse permanecia no ensino, como se pode perceber na seguinte passagem:

Eu prestei o processo seletivo no Museu Nacional e fui pro mestrado em Zoologia, mas não contente e não feliz, porque ainda estava frustrada, porque queria dar aula. (Professora, Encontro 1)

A partir de uma formação *stricto sensu* em uma temática que não é necessariamente voltada para a Educação, com o mestrado cursado pela Docente, também é possível desenvolver, por exemplo, saberes disciplinares e profissionais que, como sabemos, são importantes para a prática de um professor (Tardif, 2002). Somado a isso, Maldaner (2020) defende a tese de que a ação docente está intimamente relacionada a visão de Ciência que ele possui. Portanto, vivenciar esse contexto de pesquisa, como feito pela Docente, na visão dos autores, contribuiu para a construção de sua percepção acerca de como o conhecimento é gerado no fazer científico, impactando também sua identidade como professora⁶⁵. Entretanto, a partir da fala da Docente, entendemos que não era essa a compreensão que a regia, mas sim um sentimento dúvida em relação a sua participação no mestrado.

Felizmente, algumas oportunidades surgiram e a Docente, no segundo ano do mestrado, conseguiu uma vaga como professora substituta/temporária em uma cidade distinta da que vivia naquele momento, e se deslocava mensalmente para honrar ambos os compromissos que tinha. A Docente ministrava aulas de diferentes disciplinas (e.g. matemática, sociologia, dentre outras), em resposta às demandas que a escola apresentava. Apenas a partir do segundo ano, conseguiu assumir disciplinas mais relacionadas a sua área, como Biologia e Ciências, por exemplo. Após dois anos nessa conjuntura, já tendo defendido sua dissertação, em 2002, ela foi aprovada em um concurso da prefeitura na mesma cidade em que atuava como docente para a área de Ciências, na qual permaneceu durante sete anos.

⁶⁵ Não conseguimos precisar se, no caso da Docente, se esse impacto foi positivo ou não - o que não nos impede de ressaltar a sua existência.

Essa necessidade de atuar como professora dialoga com o que foi dito anteriormente pela Educadora: “a Biologia veio por uma admiração que eu tinha por um professor da escola, mas poderia ser... pensei em Letras, pensei em História, pensei em várias disciplinas [...]. Somado ao fato de ela se dispor a ministrar aulas de diferentes áreas em sua experiência profissional, para além das demandas financeiras, isso nos dá uma base para inferir que seu foco maior estava na figura docente e não na disciplina em si, e o entendimento desse sentimento é importante para a compreensão de um dos aspectos que tangenciaram sua decisão de, posteriormente, se mudar para a Química.

Enquanto professora na Educação Básica, a Docente desenvolveu-se, construindo saberes específicos, se vendo na posição que focalizava suas intenções desde a escolha de seu caminho profissional inicial. Entretanto, a escola em que ela trabalhava tinha uma relação estreita com uma Universidade Federal na mesma cidade e, por isso, recebiam frequentemente estagiários da licenciatura e alunos do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência - Pibid, no qual a docente atuou como coordenadora desde o início de sua trajetória no colégio. Em consequência disso, sentiu-se motivada novamente a retomar sua formação acadêmica através do doutorado. Nas palavras da Docente:

Participando do PIBID, veio uma vontade muito grande de estudar de novo. Eu falei: - Poxa, é hora de voltar pra Universidade [...] E eu já tinha a ideia, que era o papel do professor da educação básica, só que a minha ideia, à princípio, era: como ele recebe o estagiário? Qual é o meu papel? (Professora, Encontro 1)

O seu envolvimento com os discentes colaborou com a elaboração de seu projeto e, um dos fatores principais: ressaltou o seu prazer no ato de orientar. Tendo sido reprovada em sua primeira tentativa, inicialmente para trabalhar com Biologia, em um momento posterior, influenciada por sua aproximação de uma professora supervisora da área de Química através do PIBID, a Docente decidiu adaptar seu projeto e migrar para essa área, sendo então aprovada no processo seletivo. Foi, portanto, dessa maneira que a Química entrou sua trajetória; em um cenário que, novamente, aponta para um vínculo principal com a Educação, seus processos formativos e não, exclusivamente, com uma área específica do conhecimento.

Aprovada no doutorado, compreendendo que agora trabalharia mormente com a Química, a Docente ingressou em um curso de Licenciatura em Química - à distância -, pois compreendia a necessidade da formação acadêmico-profissional, conforme estabelecido por Diniz-Pereira (2008). Ter tal formação em seu currículo seria importante para fundamentar os conceitos básicos e refletir sobre o Ensino de Química, além de criar as condições necessárias para prestar concursos para essa área.

Para além da Licenciatura em Química, em seu doutorado cursou disciplinas como Inorgânica Avançada, Química Inorgânica Medicinal, Química Analítica Avançada, Química Ambiental, e outras duas na área da educação, não especificadas pela Docente durante a entrevista. Nessa etapa de formação, diferentemente do mestrado, agora com um projeto na área da educação, a Docente afirmou que se sentia confortável e tinha uma relação mais agradável com sua pesquisa, contudo, isso não excluía a dificuldade em cursar as disciplinas e realizar as investigações. Compreendemos que, ainda que toda a relação construída pela Docente com a educação seja de extrema importância, o fato de ela não ter inicialmente cursado a Química representou um desafio para a sua inserção em ambientes tão avançados de conhecimento químico, como o Doutorado.

Nesse sentido, algumas experiências em sua formação no doutorado foram marcantes. Como exemplo, a Docente citou uma professora de Inorgânica Avançada que utilizava constantemente o quadro como um recurso didático, realizando frequentemente anotações, forçando-a a decidir se copiava ou tentava compreender.

Ela era muito boa professora, mas era aquela professora que ia para o quadro e escreve, escreve, escreve, escreve, apaga e escreve, escreve... Aí eu pensava assim: ou eu copio ou eu presto atenção. Minha solução: vou copiar porque pelo menos eu tenho algo pra procurar e saber o que procurar também.
(Professora, Encontro 1)

Esta fala é interessante, pois nos permite estabelecer um paralelo com o contexto dos Surdos que, muitas vezes, pela natureza de sua interação com o mundo a partir da visão, não encontram respiros nas aulas para realizar anotações, uma vez que precisam estar atentos aos IEs enquanto fazem a interpretação do discurso dos professores. Os Surdos não dispõem da opção de realizar anotações enquanto escutam a produção oral dos professores, assim como fazem os ouvintes. Espera-se que tal percepção gere nos docentes uma sensibilidade de incluir as pausas em seu plano de aula, considerando esse aspecto cultural dos Surdos.

A docente também cita um exemplo que vai na direção oposta do anterior, envolvendo um professor de Química Analítica Avançada que, pelo contrário, apresentava a resolução dos cálculos no quadro sem explicar os passos de modo detalhado, supondo que alguns processos estavam explícitos para os discentes. Todavia, isso se tornou um desafio para a Docente enquanto aluna que, em uma das avaliações desta disciplina, não obteve um desempenho inicialmente satisfatório e acerca disso relatou:

Eu fiz a prova e ele [professor] me chamou em sua sala. Ele disse assim: - Nossa! Eu quero entender a sua nota. Eu falei: - Professor, eu sou da Biologia. E ele disse: - Menina, por que você não me falou? Nossa! Não, pelo amor de

Deus, vem aqui que eu te explico. Então, toda vez na aula eu ia procurar. Toda semana a gente se encontrava. (Docente, Encontro 1) [comentário dos autores]

Em sua fala, a Docente afirmou que a postura do professor foi importante para que ela conseguisse passar pela disciplina, pois, a partir disso, ela pôde desfrutar de uma experiência mais agradável no curso de Analítica Avançada. Esse episódio será discutido posteriormente em nossas análises, pois se relaciona com padrões de ação observados durante as aulas de Química Geral ministradas pela Docente, que, como discute Maldaner (2020), apontam para sua formação ambiental durante seu processo de doutoramento. Compreendemos que essa situação vivenciada pela Docente não trouxe apenas implicações para suas abordagens pedagógicas, mas também propiciou a formação de um tipo de pensamento docente espontâneo que motiva um posicionamento de sensibilização frente às demandas de seus alunos.

É importante ainda considerar que uma postura atenta e flexível, como a apresentada pelo docente, se relaciona muito bem à ideia de Inclusão, como discutido por Nogueira (2015), que parte do princípio de garantir a todos o direito à educação, de modo que, ao utilizar a palavra ‘todos’, torna-se incoerente o fomento de ambientes educacionais exclusivos. Nesse sentido, entendemos inclusão não apenas para o contexto da Educação Especial, mas em ações ordinárias do trabalho docente que estão imbebidas em uma base epistemológica que valoriza a perspectiva inclusiva.

Após finalizar o doutorado, a Docente voltou de sua licença em seu concurso na prefeitura da cidade em que residia, contudo, diante de sua conjuntura econômica, buscou organizar-se para prestar concursos em nível superior. Algum tempo depois, sendo aprovada, tornou-se professora no departamento de Química da Universidade Federal em que esta pesquisa foi desenvolvida, dentro da subárea de educação Química, coerente com sua formação no doutorado e sua segunda licenciatura.

A Docente ressaltou que no início de sua atuação como professora do Ensino Superior, durante os três primeiros anos, ministrou aulas para turmas de Química Geral – curiosamente a mesma disciplina acompanhada para a construção dos dados desta pesquisa. A disciplina aqui investigada e ministrada pela Docente possui, segundo o plano departamental do semestre 2024.3, a seguinte ementa: estequiometria; estrutura atômica; classificação periódica dos elementos; ligações químicas; interações intermoleculares; equilíbrio químico; ácidos e bases. De modo que a partir dela são previstos os seguintes conteúdos:

Quadro 7 - Conteúdos da disciplina de Química Geral (QUI-GER).

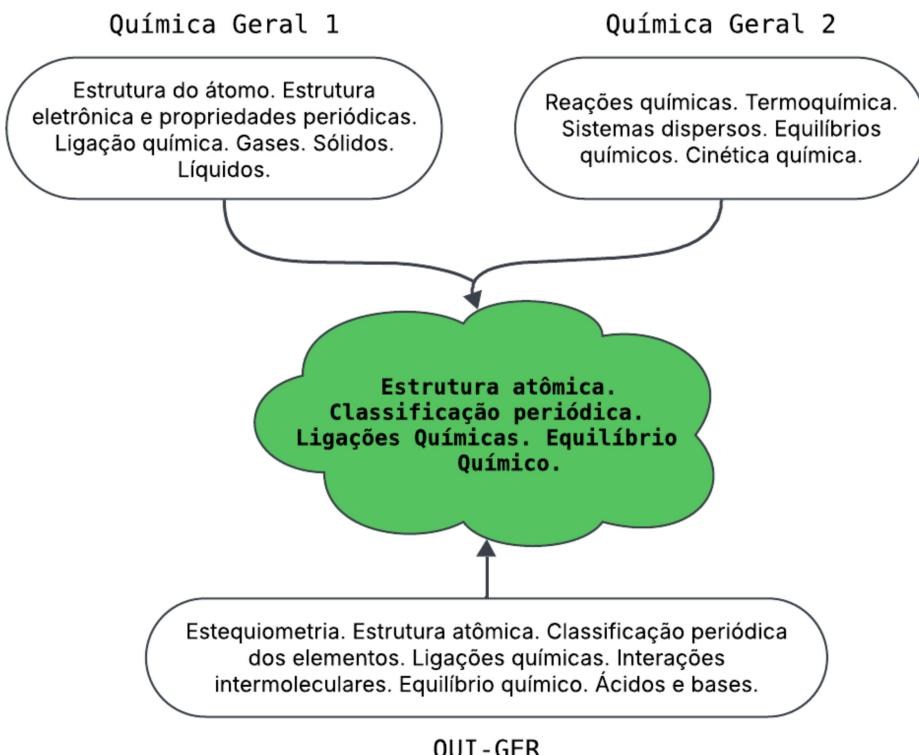
1. Estequiometria	Fórmulas químicas; equações químicas e balanceamento; massas atômicas e moleculares; o mol; análise elementar a partir de fórmulas; fórmulas a partir de análise elementar; estequiometria de reações; reagentes limitantes; rendimentos teóricos.
2. Estrutura atômica	Natureza elétrica da matéria; estrutura do átomo: teoria de Thomson e Rutherford; origem da teoria dos quanta: efeito fotoelétrico; mecânica quântica do átomo de hidrogênio: dualidade partícula-onda, princípio da incerteza, funções de onda para o átomo de hidrogênio, probabilidade; átomos polieletônicos.
3. Classificação periódica dos elementos químicos	A tabela periódica; propriedades periódicas: raios atômico, covalente e iônico, energia de ionização, afinidade eletrônica, carga nuclear efetiva.
4. Ligações químicas	Eletronegatividade e polaridade de ligações; ligação iônica: ocorrência, energia reticular, ciclo de Born-Haber, geometria do retículo cristalino; ligação covalente: ocorrência, estrutura de Lewis, carga formal, hibridação e geometria dos compostos moleculares, ligações múltiplas e ressonância, polaridade de moléculas, orbitais moleculares.
5. Interações intermoleculares	Origem das interações intermoleculares, relação entre propriedades físicas e interações intermoleculares.
6. Equilíbrio químico	Conceito de equilíbrio; a constante de equilíbrio: cálculos e aplicações; equilíbrio heterogêneo; princípio de Le Châtelier.
7. Ácidos e Bases	Conceitos de Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis; força relativa de ácidos e bases, constantes de acidez e basicidade, escala de pH.

Fonte: Adaptado de UFJF – Departamento de Química (2025)⁶⁶

Trata-se de um conjunto de conteúdos fundamentais da Química direcionados para estudantes de diferentes cursos do Instituto de Ciências Exatas da Universidade em questão, além das Engenharias, por exemplo. São conteúdos compreendidos pela Química Inorgânica, Analítica e Físico-Química, principalmente, e que não se distanciam expressivamente dos citados por Silva, Botomé e Souza (1986). Os autores, ao escreverem um relato de experiência pautado em uma reflexão sobre quais deveriam ser os objetivos e os conteúdos dessa disciplina, apresentam a ementa das disciplinas Química Geral 1 e 2 do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos em 1979, as quais compreendem as temáticas apresentadas na Figura 8.

⁶⁶Disponível em: <https://www2.ufjf.br/quimica/disciplinas/plano-departamental/?page=plano-de-ensino&codDisciplina=QUI125>. Acesso em: março de 2025.

Figura 8 - Ementa das disciplinas Química Geral 1 e 2.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Inicialmente, nos chamou atenção o fato de se tratar de duas disciplinas e, por isso, abrangerem outros conhecimentos. Porém, como também mostra a Figura 8, comparando-as com a ementa da QUI-GER e considerando a Química Geral 1 e 2 como um curso, é possível encontrar algumas interseções. Para além das que são evidentes, destacadas no centro do esquema, encontra-se outras relações mais discretas, por exemplo: a temática de Interações Intermoleculares abordada na disciplina QUI-GER inclui algumas discussões sobre certas propriedades dos gases, sólidos e líquidos, fazendo uma correspondência à ementa da Química Geral 1.

A partir dessas semelhanças, vemos que o conteúdo selecionado para essa introdução ao conhecimento químico no Ensino Superior não apresentou variações significativas nos últimos anos, desenhando um cenário no qual um volume considerável de conceitos deve ser ensinado à discentes que estão ainda compreendendo o contexto universitário, além de carregarem consigo algumas ideias sobre a figura dos professores, dinâmicas de ensino, estudo e aprendizagem que dizem mais sobre a Educação Básica e um sistema que, muitas vezes, está

mais voltado para a obtenção de um bom desempenho em exames e processos seletivos (Silva; Botomé; Souza, 1986).

Para além das semelhanças percebidas entre a ementa das disciplinas, algumas percepções apresentadas no relato de Silva, Botomé e Souza (1986) dialogam com o contexto vivido pela Docente. Sobre o desempenho do professor na disciplina de Química Geral, os autores afirmaram que

O tamanho das turmas, o processo de seleção, o tempo de duração de cada sessão de trabalho com o aluno, a quantidade de disciplinas em que cada aluno está inscrito, a quantidade e o tipo de solicitações feitas pelos docentes dessas disciplinas, o repertório e a disponibilidade dos demais docentes envolvidos com o ensino da disciplina, etc. influem no grau do que se consegue fazer em relação ao que se sabe que deveria ser feito com o ensino de uma disciplina. Essas são, também, variáveis que interferem com o desenvolvimento de qualquer disciplina e com o desenvolvimento de pesquisa sobre o ensino delas. (Silva; Botomé; Souza, 1986, p.88)

Observamos que muitas são as variáveis que influenciam o ensino nesse contexto e, por isso, a atuação docente não pode ser considerada como uma tarefa trivial. A partir de uma consciência análoga, ao falar sobre sua experiência que, segundo a Docente foi inicialmente marcada por uma quebra de expectativa, ao se ver ministrando uma disciplina que não era da educação, a Professora fez as seguintes observações:

O primeiro ano de fundamental [Química Geral] para mim **foi terrível**. Porque, imagina, eu me **senti insegura**. Eu fiz um curso à distância. É diferente de um curso presencial. Ainda mais Química, laboratório, apesar de que essa parte do laboratório nós tínhamos presencial. Mas é diferente. Então, a minha formação em Química, para dar uma aula de Química fundamental... Eu fiquei muito, assim, **apavorada**. Ainda mais para engenharia. Eu peguei as turmas de engenharia que na primeira FAE [Ficha de Aproveitamento Escolar] tinha 110 alunos matriculados. Então, aquela multidão, algo que você não se sente seguro; para mim foi bem complicado. [...] E aí eu me senti lá naquela época que eu fazia disciplina de Química no doutorado; **eu virava noites estudando, super preocupada** de ter uma pergunta... (Professora, Encontro 1, grifo nosso) [comentários dos autores]

Inicialmente, observamos em sua fala a exposição de uma preocupação com sua performance frente àquele contexto na figura de uma insegurança em relação a ensinar sobre o conteúdo Química, principalmente para os estudantes da Engenharia. Ainda que ela compreendesse, como uma especialista na área da Educação Química, a necessidade de não priorizar um entendimento sobre o educador como detentor de todo o conhecimento, mas sim como um ser inacabado e, por isso, vivo, como refletiu Freire (2021a), a Docente afirmou que, na época, prevalecia uma visão de que, no trabalho de um professor, não havia espaço para erros, ou para a falta de algum conhecimento diante do questionamento de um estudante.

Para além disso, é necessário considerar que, a partir dessa visão, a Docente poderia, de certo modo, estar expondo aspectos de sua formação ambiental, seja na Educação Básica, ou até mesmo em seu doutorado - no contato com as disciplinas teóricas da Química (Maldaner, 2020). Se não ignorarmos a influência do ambiente na intensificação de crenças e seus hábitos, podemos ver esta percepção da Docente não apenas como uma escolha individual, mas também como se, em algum nível, ela se sentisse conduzida a se submeter aos padrões atuais e os antes vivenciados, para julgar sua prática a partir deles.

Todavia, ainda que naquele momento o ponto de partida para sua preocupação pudesse estar relacionado ao ambiente, a uma valorização dos saberes disciplinares e a uma insegurança em relação aos saberes profissionais até ali desenvolvidos no campo da Química (Tardif, 2002), a ação de “virar noites”, ou seja, sua resposta frente ao que considerou como um desafio, poderia ser entendido como a expressão de suas crenças acerca da educação e da figura docente, a partir das quais ela se via como responsável por garantir um ensino de qualidade para seus estudantes. O que nos leva ao momento desta pesquisa, no qual, diante da presença da discente Surda e dos IEs, foi possível perceber a Docente tomando decisões relacionadas à didática e avaliação que demonstraram sua postura sensível e disposta a cooperar para fomentar um ensino de qualidade, no contexto da inclusão de Surdos ou diversos outros.

Por fim, com a observação das aulas de QUI-GER foi possível captar uma cena ampla que se assemelhou à experiência vivenciada pela Docente no início da sua atuação no Ensino Superior, não apenas pela equivalência da disciplina, mas também pelos alunos matriculados. Assim como no início, a turma que acompanhamos era composta, em sua maioria, por estudantes da Engenharia, o que criou um quadro interessante para as discussões sobre a linguagem diagramática frente ao contexto do ensino de Química para surdos. Mormente, por possibilitar que alguns episódios fossem mais bem compreendidos a partir de aproximações entre as ações observadas pelos pesquisadores e o que foi relatado pela Docente sobre suas experiências iniciais, como um tipo de processo abdutivo fundamentado na manipulação de um diagrama desenhado por relações entre ações e vivências do passado e presente, levando-nos a compreensões importantes sobre a Docente e, consequentemente, suas escolhas pedagógicas.

4.2 CARACTERIZANDO OS DIAGRAMAS

A partir das quatorze aulas registradas, as quais juntas somaram mais de vinte horas de arquivo em vídeo, organizamos em um mapa de diagramas os momentos nos quais identificamos a presença da linguagem diagramática. Esse documento foi elaborado em blocos

delimitados pelas aulas e por seus arquivos de vídeo⁶⁷, com o objetivo de auxiliar na localização de cada evento⁶⁸ em relação as filmagens, quando necessário. Em cada bloco, os diferentes momentos foram ordenados em uma sequência temporal, contendo informações sobre sua minutagem de início e fim (tendo como referência o arquivo); um título para identificação; uma breve descrição para caracterização; uma imagem como um referente do momento descrito e, por fim, a sinalização da ocorrência, ou não, de algum tipo de interação com a ES⁶⁹.

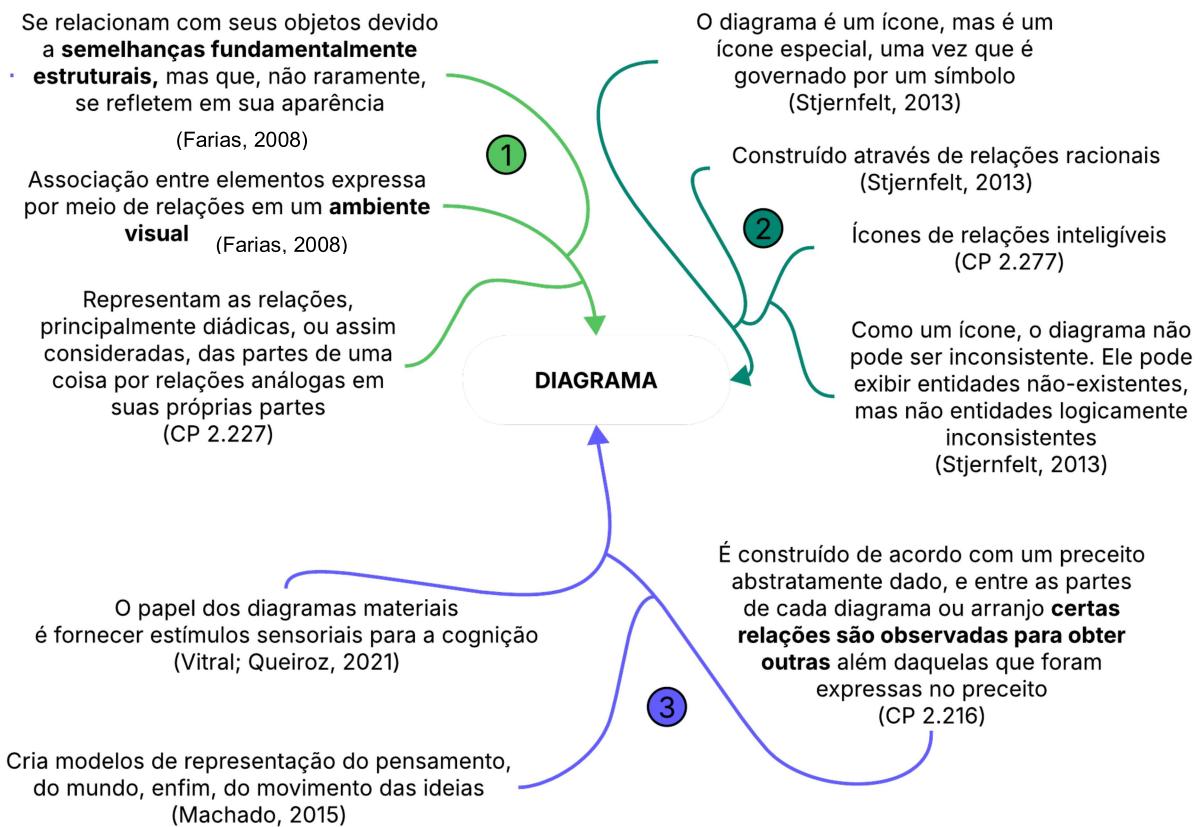
À medida que os diagramas foram sendo descritos no processo de mapeamento, buscamos classificá-los, inicialmente, sem a necessidade de estabelecer categorias de alta capacidade de generalização (Bardin, 2016). Priorizamos, dessa maneira, uma identificação preliminar de como a linguagem diagramática se situou em cada evento discriminado. Para tal, nossa observação se baseou nas concepções teóricas sobre o diagrama expostas na Seção 2.5 deste trabalho, de modo que os eventos apenas foram considerados no mapa se estivessem de acordo com o referencial estabelecido. A Figura 9, por exemplo, organiza algumas ideias principais para salientar o que foi compreendido como diagrama em nossas análises, incluindo, então, definições de Peirce, juntamente com as compreensões de autores como Farias (2008), Stjernfelt (2013), Machado (2015) e Vitral e Queiroz (2021). As afirmações foram organizadas para destacar o caráter relacional (1) e lógico (2) dos diagramas, além de seu vínculo com os processos cognitivos (3).

⁶⁷A câmera utilizada para as gravações automaticamente separava os arquivos em partes com uma média de, no máximo, 53 minutos.

⁶⁸Ainda que tenhamos optado por considerar o documento como um ‘mapa de diagramas’ em detrimento da definição como ‘mapa de eventos’, iremos nos referir às passagens referidas pelos registros como eventos, pois, embora estejam organizados pela presença dos diagramas, não deixam de ser eventos, ou seja, acontecimentos observáveis, fenômenos.

⁶⁹Os eventos nos quais a ES esteve diretamente envolvida foram marcados com asteriscos (***)�.

Figura 9 - Conceitos fundamentais sobre o diagrama.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Por conseguinte, as categorias iniciais foram propostas com a flexibilidade de serem alteradas à medida em que, ao percebermos novos padrões e relações, fosse necessário renomeá-las para aumentar seu potencial de generalização e sua coerência com as demais categorias. Para sua identificação no mapa de diagramas, cada categoria foi vinculada a uma cor, com a qual a linha do evento foi preenchida. Desse modo, foi possível contabilizar a frequência de ocorrência das categorias em cada aula. A Figura 10⁷⁰ mostra uma visão geral do mapa de diagramas com todas as informações descritas.

⁷⁰É importante destacar que a Docente participante autorizou o uso de sua imagem para as análises diante da compreensão do caráter construtivo da pesquisa e a importância de suas ações para o entendimento e descrição dos fenômenos.

Figura 10 - Visão geral do mapa de diagramas.

MAPEAMENTO – AULAS P1				
Quadro 1: Acompanhamento dos diagramas em aulas relativas ao primeiro ciclo da disciplina.				
Aula	I.E. ¹	T.E. ²	Evento/ Diagrama	Descrição
09/05 (01/4)	10:42	11:17	Diagrama do Atomo	O diagrama é desenhado no quadro para exemplificar o que são os números 1, 2, 3 no diagrama de energia.
	11:22	11:32	Camadas Diagrama Níveis de Energia	Demonstrar a distância entre os níveis 1 e 2 no diagrama.
-	12:10	13:15	Fórmula $c = \lambda \nu$	A docente manipula a fórmula para explicar a proporcionalidade entre as variáveis e a constante.
	13:22	13:36	Transições	Uso do diagrama de níveis de energia para mostrar as transições.
-	13:36	14:53	Transformação Diagrama Atomo	A docente questiona se existem outras transições; a docente surda responde; a docente manipula o diagrama para explicar.
-	15:10	15:25	Explicação com Diagrama	A professora usa o diagrama para mostrar a emissão de uma camada mais externa para outra mais interna com gestos.
-	15:30	16:00	Diagrama de Linhas de transição	A professora desenha linhas para mostrar a diferença energética das transições.
-	16:25	19:25	E=h.v	Escrita e manipulação da fórmula para compreender as relações entre as grandezas.
-	19:26	20:15	Incrementação do Diagrama de Linhas	Adiciona informações ao diagrama de linhas para relacionar ao exercício.
-	25:50	26:40	E= h.f	Explicação da fórmula e suas constantes e variáveis
-	30:08	30:30	Indicação das fórmulas	A professora utiliza as fórmulas do quadro para explicar uma nova relação.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A partir do estudo dos eventos, identificamos uma interessante tendência na delimitação das categorias sobre a linguagem diagramática. Enquanto artefato situado em um ambiente de formação, sua classificação envolveu uma ação de um sujeito e uma especificação dessa ação relativa a um objetivo pedagógico. Consideramos que esse padrão se estabeleceu, pois a presença dos diagramas foi determinada previamente pelas escolhas didáticas da Docente em seu planejamento de ensino, ou, durante as aulas como uma resposta às demandas situacionais que emergiram do contexto inclusivo a Surdos, ou pelo diálogo com os próprios estudantes. À vista disso, inferimos que a presença da linguagem diagramática e as ações exercidas pela Docente estão associadas às bases epistemológicas que orientaram sua atuação. Portanto, antes de discutirmos a elaboração das categorias e suas características, iremos refletir sobre algumas escolhas da Docente em relação ao uso de diagramas, a fim de caracterizar um pouco mais as variáveis que definiram os dados dessa pesquisa.

4.2.1 A Docente e os Diagramas

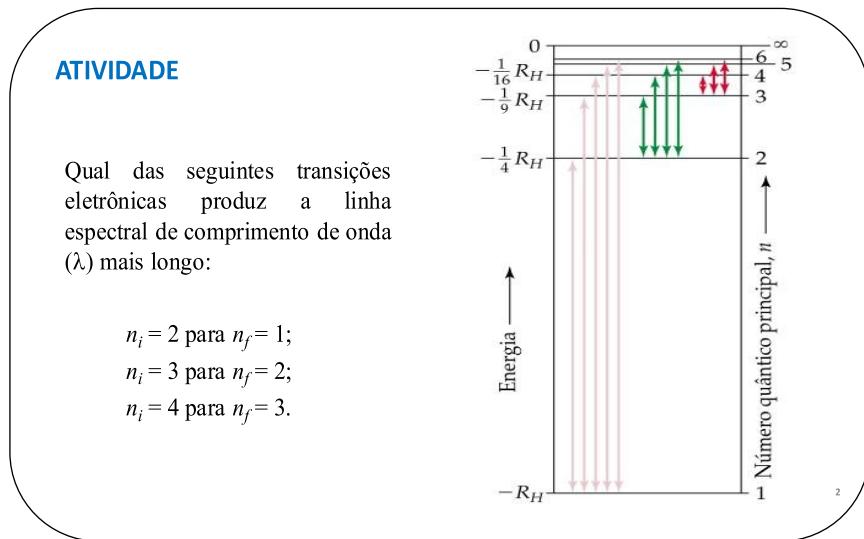
Os processos educativos no Ensino Superior, por vezes, são estruturados com certa rigidez, de modo que os professores e alunos são submetidos a padrões didáticos e de avaliação que podem limitar sua criatividade e autonomia (Cunha, 2006). Entretanto, a Docente

apresentou uma abordagem mais dialógica ao longo da disciplina (Freire, 2021b) e, ainda que estivesse em algum nível respondendo às determinações curriculares e padrões culturais do curso, buscou articular nas aulas de Química Geral um ambiente em que os estudantes puderam encontrar espaço para orientar as ações educacionais a partir de suas dúvidas, reflexões etc.

A postura adotada pela Docente privilegiou as ações de reflexão como um ato político (Zeichner, 2003) em prol da promoção de um ambiente mais inclusivo. A partir da constante reorientação de sua ação em uma mesma aula ou em encontros posteriores, a Docente buscou superar os diferentes desafios identificados por suas próprias percepções de sua prática, e responder as demandas postas pela ES, por exemplo, e os demais alunos. Essa postura atenta e flexível possui um caráter dialógico que, como descreveu Freire (2021b), não ignora o potencial dos estudantes e entende o professor como um ser inacabado que, por causa disso, se sujeita a aprender enquanto ensina; um educador-educando (Freire, 2021b, p.115). Os diagramas aparecem, portanto, na forma de diferentes ações como uma resposta da Docente nesse processo dialógico, com o intuito de propiciar caminhos mais efetivos para a construção do conhecimento químico.

Para uma melhor compreensão dessas asserções, propomos a observação de um episódio concernente à primeira aula de Química Geral registrada (A1), cujos objetivos eram discutir a quantização de energia, efeito fotoelétrico, comportamento ondulatório da matéria (Hipótese de De Broglie) e o princípio da incerteza de Heisenberg. O episódio está situado no início da aula, quando a Docente projeta no *slide* um exercício (Figura 11) alusivo à aula anterior, em que se discutiu a estrutura eletrônica dos átomos e o modelo atômico de Bohr, incluindo o estudo do espectro de linhas e os níveis de energia do átomo de hidrogênio.

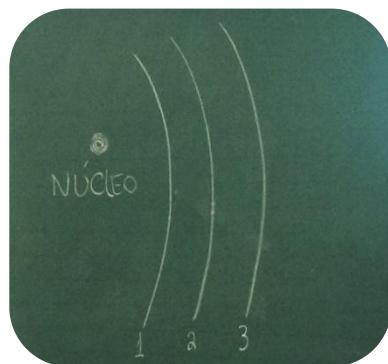
Figura 11 - Atividade inicial.



Fonte: Elaborado pela Docente (2022).

A atividade visava exercitar a habilidade de relacionar as informações sobre as transições eletrônicas e energia, dispostas no diagrama da Figura S, com comprimento de onda dessas transições. Após apresentar o exercício e utilizar o próprio diagrama de energia, a Docente opta por traçar no quadro um outro diagrama (Figura 12) baseado no modelo atômico de Bohr para melhor indicar o que seriam os níveis de energia descritos no primeiro diagrama (Figura 11).

Figura 12 - Diagrama para o átomo de Bohr.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No Quadro 8⁷¹ estão dispostas as transcrições das produções orais nesse momento inicial. Observando as duas SDisc podemos notar que a Docente faz um movimento de mostrar

⁷¹ A fala da Professora está identificada pela letra P.

a partir do diagrama os componentes do átomo, segundo Bohr, que seriam importantes no entendimento das transições eletrônicas discutidas pela atividade (Figura 11).

Quadro 8 - Transcrição do Episódio ‘Diagramas de Transições Eletrônicas’.

Nome do Episódio:		Diagramas de Transições Eletrônicas
Sequência discursiva	Ti-Tfl	Transcrição
01	10:25 – 10:43	Revisão do Diagrama de Linhas: <i>P: Lembram-se desse diagrama? Vamos retomar o diagrama? O que significa 1, 2, 3, 4? O que era isso? [Aluno responde] P: Isso! As camadas.</i>
02	10:44 – 11:16	Representação dos níveis de energia em um diagrama: <i>P: Olha só, de novo, lembram que a gente fez um recorte? E a gente está entendendo o átomo assim, olha: núcleo... as camadas da eletrosfera que vocês aprenderam como letras, lembram? K, L, M, aqui a gente dá números. Então, é uma representação para facilitar nosso entendimento. Então, as camadas: 1, 2 e assim vai.</i>

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Em ambas as SDisc, o referencial da Professora é o diagrama da Figura 12, de modo que, a citação dos números 1, 2, 3 e 4 (SDisc 01), ou do núcleo e das camadas da eletrosfera (SDisc 02) ocorrem paralelamente a sua representação no diagrama. Em nosso segundo encontro para discussão dos episódios questionamos a Professora sobre quais teriam sido as suas intenções nessa passagem e, após assistir o vídeo referente ao episódio em questão, a Docente fez a seguinte colocação:

Naquele momento, eu acho que o diagrama [diagrama de energia], o jeito que ele está aqui [no slide], eu não sei se todos conseguem fazer uma associação com a eletrosfera. Eu fiquei pensando que eles não (...) esse 1, 2, 3, 4, 5, especialmente para aqueles que tem muita dificuldade em Química, que vieram com a dificuldade, eu não sei se eles conseguiram, olhando para lá, associar que eram camadas da eletrosfera. (Docente, Encontro 2) [comentário nosso]

A partir dessa fala, compreendemos que o intuito da elaboração de um outro diagrama é representar o mesmo objeto⁷² de uma forma diferente. Enquanto o primeiro diagrama exigiria dos estudantes uma compreensão simbólica mais pronunciada, o segundo é mais icônico no sentido de aproximar-se visualmente da ilustração normalmente apresentada em livros didáticos, ao citarem o modelo atômico de Bohr. Frente a isso, a ação da Professora de reajustar a representação para se aproximar dos conhecimentos dos estudantes, mesmo não tendo

⁷²Reiteramos que utilizamos a palavra ‘objeto’ a partir do sentido estabelecido por Peirce, uma vez que o signo diagramático irá se referir a um objeto.

recebido nenhuma questão ou demanda dos alunos que indicasse essa dificuldade, nos leva a compreender que se trata de uma disposição intrínseca em considerar a realidade dos discentes e as implicações dela para a compreensão da linguagem química.

Nesse caso, não estamos falando sobre o uso de um diagrama para a resolução da atividade, mas sim da elaboração de um diagrama para a compreensão de outro. Para compreender a resposta desse exercício, seria necessária a experimentação com dois outros diagramas: a equações $\lambda=c/\nu$ [o comprimento de onda (λ) é igual a velocidade da luz (c) dividida pela frequência (ν)] e $E = h\nu$ [a energia (E) é igual a constante de Planck (h) multiplicada pela frequência (ν)]. Dessa maneira seria possível relacionar as informações sobre a energia das transições (diagrama da Figura 11) com o comprimento de onda. A Figura 13 mostra a Docente escrevendo as relações no quadro a partir das equações.

Figura 13 - Equações de energia e comprimento de onda.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Entretanto, antes desse momento, a Docente questiona os alunos sobre a razão da transição eletrônica estar descrita indicando uma mudança do nível 2 para o nível 1, e não do nível 1 para o nível 2 (Figura 11). Esse momento está transcrito no Quadro 9, no qual identificamos as falas da Professora (*P*), dos estudantes de forma geral (*ESTUDANTES*), e da ES, identificada como *E_SURDA (IE)*, por se tratar da transcrição da oralização dos IE⁷³, feita a partir da produção em Libras da discente⁷⁴.

⁷³Tradutores e Intérpretes Educacionais de Libras/Português.

⁷⁴Optamos por considerar em nossas análises as oralizações dos IEs, pois, o contato da Docente com o discurso da ES se deu pela mediação dos IEs, ou seja, por sua oralização, e não pela produção em Libras da ES. Sabemos que pode haver algumas incongruências nas falas dos IEs em relação ao que foi dito pela ES, algo comum nos diversos processos de interpretação e tradução ao transicionar entre diferentes estruturas linguísticas, culturais e de produção. Ainda assim, nos pareceu mais coerente considerar a oralização dos IEs, pois, foi a partir dela que a Docente orientou suas ações e tirou suas conclusões durante os eventos aqui estudados.

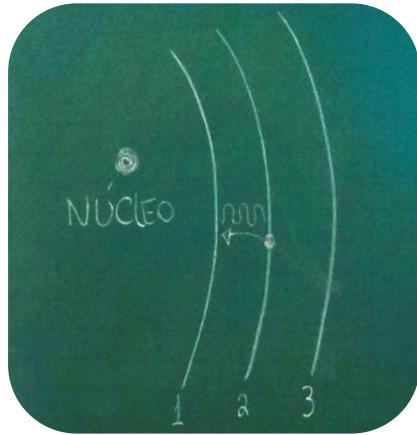
Quadro 9 - SDisc 08, 09 e 10 (Aula 01).

Nome do Episódio:		Diagramas de Transições Eletrônicas
Sequência discursiva	Ti-Tf	Transcrição
08	13:36 – 13:56	Apresentação de questionamento para os discentes: <i>P: Outra pergunta: por que coloca de dois para um e não de um para dois? Boa pergunta, não é?!</i> <i>ESTUDANTES: Porque ele vai estar emitindo a onda.</i> <i>P: Isso! Lembra que nós vimos...</i>
09	13:57 – 14:06	Estudante Surda apresenta uma resposta: <i>E_SURDA (IE): Porque tem um limite?! De um para dois?!</i>
10	14:07 – 14:54	Manipulação do diagrama para a explicação: <i>P: Dois para um [aponta no diagrama do átomo], o que está acontecendo com ela?</i> <i>E_SURDA (IE): Ah sim! O elétron, no caso, ele volta uma camada e vem para a camada de cá. Sim. Eu entendi essa parte.</i> <i>P: Isso, precisa de energia. Essa energia é absorvida ou emitida?</i> <i>E_SURDA (IE): ela é emitida.</i> <i>P: Aí você consegue observar.</i> <i>E_SURDA (IE): tá certo!</i>

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Em um intervalo de 1 minuto e 18 segundos, a Docente inicia com o questionamento e logo obtém a resposta de alguns estudantes, afirmando que o sentido da transição é determinado pelo fato de ser um fenômeno de emissão (SDisc 08). Em seguida, a Professora inicia uma fala e é interrompida pela oralização do IE, referente a uma resposta da ES sobre a pergunta anterior. Nesse momento, a ES sugeriu que a justificativa do sentido da transição estaria em um limite existente (SDisc 09). A Docente, então, se dirige ao diagrama anteriormente elaborado (Figura 12) e inicia sua explicação enquanto faz alterações no diagrama, até que ele fique como exposto na Figura 14.

Figura 14 - Diagrama Átomo de Bohr manipulado.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Percebe-se que a ação de ir até o diagrama foi totalmente motivada pela resposta da ES. Enquanto falava, a Professora fazia alterações no diagrama para conduzir a discente a compreensão do porquê estava se referindo a passagem do nível 2 para o nível 1. As respostas da ES expressam sua compreensão a partir da observação do diagrama (SDisc 10), visto que a Docente não prioriza a construção de um discurso complexo, oralmente, mas investe nos movimentos com o diagrama em conjunto com os gestos. Por fim, a ES identifica que a energia é emitida nesse fenômeno, assim como responderam os demais estudantes. Nossa atenção às respostas apresentadas pela ES se justifica pelo que afirmaram Laburú e Silva (2011, p. 15): a “produção de uma resposta, seja um texto ou um esquema, mobiliza ao mesmo tempo a formação e o tratamento das representações. Na mobilização há respeito a regras que servem para definir sistema de representação empregado”.

Ao rever esta sequência de ações em nosso segundo encontro (Encontro 2), a Docente fez a seguinte afirmação: “Eu acho que quando eu faço e explico, por exemplo, ali, eu fui desenhando, fui colocando a setinha e fui explicando; parece que quando caminha a ação com a explicação, pra mim eles vão entender bem melhor do que algo já pronto” (Docente, Encontro 2). Novamente, a abordagem da Docente aponta para uma preocupação com a aprendizagem dos estudantes, e sugere que sua escolha em trabalhar com o diagrama, um tipo de recurso visual, se baseou em parâmetros sobre a cultura Surda para definir quais ações seriam melhores para auxiliar a compreensão da ES.

A partir daqui, é importante compreendermos que estamos refletindo a partir de ações de uma professora que se move a partir de concepções sobre ensino que se aproximam com uma visão dialógica, de modo que o estudante é visto no processo, faz parte dele. As ações

educativas não são motivadas apenas por padrões pré-estabelecidos, ou pela simples reprodução de saberes da experiência ou do pensamento docente espontâneo desprovido de qualquer reflexão. Antes, as escolhas feitas intentam materializar fundamentos da educação inclusiva, de modo específico para o contexto de estudantes Surdos, mas também de uma forma ampla, como um “paradigma educacional fundamentado na concepção de direitos humanos, que conjuga igualdade e diferença como valores indissociáveis, e que avança em relação à ideia de equidade formal ao contextualizar as circunstâncias históricas [...]” (Nogueira, 2015, p. 31).

Em consequência disso, testemunhamos um cenário marcado pela presença de muitos diagramas (*diagramas-token*), não apenas pela estrutura diagramática linguagem química, ou pela natureza diagramática do pensamento (Machado, 2015), mas também pelas escolhas da Docente em um contexto dialógico, a partir de suas bases epistemológicas educacionais.

4.2.2 Para Ver com Categorias: ações

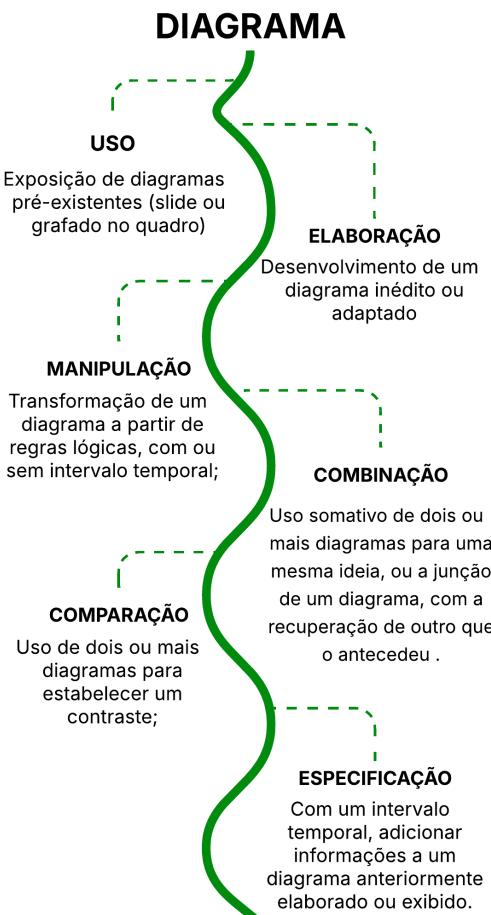
Tendo em conta tudo o que foi posto até aqui acerca do contexto dessa pesquisa e a construção dos dados, as categorias foram elaboradas a partir da observação dos registros audiovisuais e a elaboração do mapa de diagramas. Para Bardin (2016, p. 147), “a categorização é uma operação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos”. Esse processo organizacional resulta em categorias, definidas como “rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos [...] sob um título genérico [...] em razão das características comuns destes elementos” (Bardin, 2016, p.147).

O tipo de categorização que fizemos não parte de um sistema de categorias *à priori*. É o resultado da classificação analógica e progressiva dos elementos, de modo que apenas ao fim da operação que se define as categorias terminais e seus títulos conceituais (Bardin,2016). Desde o início do processo de categorização, cada evento do mapa de diagramas nos pareceu ter o diagrama sempre relacionado a uma ação e a um objetivo pedagógico. Essa característica nos pareceu emergir naturalmente no início da análise e permaneceu como um padrão até o fim da observação dos vídeos. Uma vez que foram considerados apenas os diagramas que fizeram parte da abordagem pedagógica, nos pareceu coerente que os eventos se organizassem dessa forma: a partir das ações definidas pela docente e pelos estudantes, em conjunto com a função pedagógica que caracterizou a presença do diagrama em determinado evento. Entre as categorias iniciais e terminais houveram algumas diferenças. Inicialmente, algumas categorias estavam definidas com sentidos muito próximos e, portanto, acabaram sendo transformadas em

uma categoria única. Ainda, aquelas que pareciam se conectar a uma categoria mais geral - coerente com os objetivos do trabalho - foram agrupadas como subcategorias de uma nova categoria mais ampla.

Foram identificadas, portanto, seis ações relacionadas aos diagramas, definidas como: uso, elaboração, manipulação, combinação, comparação e especificação. A Figura 15 organiza o nome e a descrição de cada ação, construídas a partir da observação dos vídeos.

Figura 15 - Ações relacionadas aos diagramas.



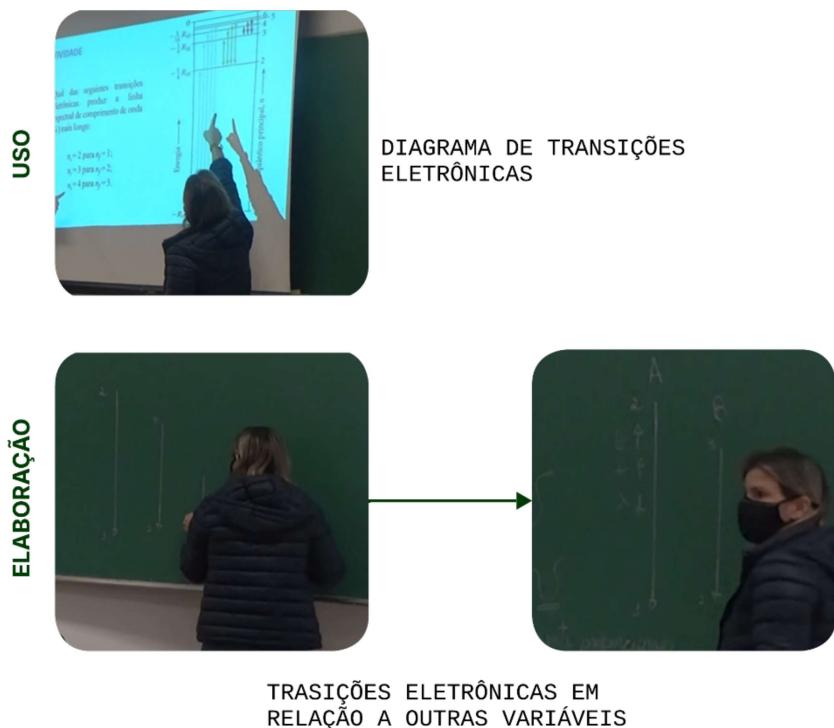
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As duas primeiras podem ser consideradas mais evidentes, todavia, a distinção entre elas se mostrou bastante delicada. O ‘uso’ e a ‘elaboração’ são definições que envolvem a natureza do diagrama, uma vez que a primeira está ligada aos diagramas existentes, já definidos na Química como referentes, e a segunda aponta para os diagramas inéditos elaborados pela Docente, ou aqueles que caracterizados pela reorganização diagramas pré-existentes. Nosso desafio inicial foi não reduzir essas duas categorias à separação entre diagramas apresentados pelo slide (uso) e diagramas desenhados no quadro (elaboração). Ou seja, nossa distinção não se baseou no meio material no qual se apresentaram os diagramas, pois ao nosso ver, esse seria

apenas um efeito de multimodalidade. No lugar disso, priorizamos a diferenciação entre a reprodução integral de um artefato característico de um nicho de artefatos semióticos, e a produção de novos artefatos a partir das regras determinadas por esse nicho.

Na Figura 16 vemos a Docente utilizando o diagrama de energia das transições eletrônicas, anteriormente apresentado na Figura 11, para orientar a atividade que estava sendo trabalhada. Trata-se de um diagrama retirado de um livro que compõe a bibliografia da disciplina: ‘Química: a ciência central’ (Brown, 2016), e, portanto, não foi concebido pela Docente, mas sim utilizado para compor uma atividade específica. No momento retratado pela imagem da Figura 16, a Professora apontava para as transições e os níveis de energia, explicando os fenômenos que o diagrama estaria representando.

Figura 16 - Exemplos de USO e ELABORAÇÃO.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Já nas outras duas imagens expostas na Figura 16, é possível visualizar a Docente no processo de elaboração de um diagrama formado por três linhas de comprimentos diferentes para referenciar três tipos de transições eletrônicas: $n = 2$ para $n = 1$, $n = 3$ para $n = 2$, $n = 4$ para $n = 3$. Esse diagrama, em um segundo momento, irá ser complementado com informações sobre os padrões de variação entre a energia, frequência e comprimento de ondas através das letras que representam essas grandezas e setas indicando o sentido da variação [aumenta (\uparrow) ou diminui (\downarrow)]. Ainda que a construção da Professora possa parecer familiar a alguns por ser

elaborada a partir de símbolos e índices já conhecidos, o que caracteriza o diagrama é a possibilidade de representar um objeto a partir de suas relações, podendo incluir símbolos e índices em sua estrutura para, inclusive, denotar o que está para além do que as convenções determinaram sobre o que um símbolo contém em si mesmo (Stjernfelt, 2013).

Ainda, consideramos a elaboração como um ato de estabelecer relações a partir de um diagrama, e definir suas regras que orientarão a compreensão do mesmo. Setas podem ser apenas setas quando representadas sem contexto algum ou qualquer determinação. O que a Docente faz na Figura 16 é organizar as setas com legendas específicas que terão um sentido para os discentes que haviam, instantes antes, observado o diagrama de energia e as instruções da atividade exibidas no *slide*. Nesse sentido, Stjernfelt (2003, p.57) afirmou que

Uma linha em um diagrama pode ser interpretada como uma linha fronteiriça, em outro diagrama como uma linha de conexão entre dois pontos e, em outro, como transporte de algum objeto entre dois locais. Isto pode ser banal mas, no entanto, é uma característica importante da iconicidade do diagrama: o tipo apenas se torna aparente à luz do uso de certas regras.

Portanto, a diferenciação entre a elaboração e o uso estão apoiados no fato de um diagrama já ter sido, ou não, convencionado na linguagem química e divulgado através de publicações e outros meios possíveis. Em segunda análise, consideramos também o nível de demanda pelo estabelecimento de novas regras e sentidos específicos para compreensão e experimentação do diagrama.

É possível pensar na ação de elaboração a partir do que discutiu Hoffmann (2010; 2011) em seus escritos. O autor apresentou o conceito de abdução metadiagramática como uma nova categoria de inferência que expande a ideia de abdução em Peirce. Ele se refere à criação de novos sistemas de representação, permitindo a formulação de modelos teóricos completamente novos (Hoffmann, 2011). Esse processo metadiagramático, segundo o autor, acontece, pois, a elaboração de novos modelos se daria por meio do raciocínio que, em Peirce, se dá a partir de diagramas (CP 5.162); cria-se novos signos diagramáticos através de diagramas que estruturam o pensamento, sejam eles mentais ou concretos. Nas palavras do autor:

Qualquer construção de um modelo teórico é resultado do raciocínio diagramático. Como o raciocínio diagramático, conforme mencionado anteriormente, pressupõe um determinado sistema de representação, fica claro que modelos teóricos completamente novos são possíveis quando mudamos ou desenvolvemos esses próprios sistemas de representação.⁷⁵ (Hoffmann, 2010, p.43, tradução nossa)

⁷⁵ Any construction of a theoretical model is a result of diagrammatic reasoning. Since diagrammatic reasoning as already mentioned presupposes a certain system of representation, it is clear that completely new theoretic models are possible when we change or develop those representation systems themselves.

Hoffman (2010), portanto, comprehende que ainda que se crie novos modelos ou sistemas de representação, em diferentes níveis, ainda haverá uma relação com estruturas prévias. A partir dela, é possível que algumas formas e símbolos possam compor a nova representação, porém, seu aspecto de novidade estará, por exemplo, no estabelecimento de uma nova perspectiva sobre o fenômeno (Hoffmann, 2011) ou, em se tratando dos diagramas, novas relações e regras de operação e interpretação. Nesse sentido, o processo de elaboração que estamos considerando como categoria, estaria relacionado com o movimento de produzir novos diagramas, a partir de processos abdutivos metadiagramáticos. Porém, não em uma perspectiva de produção de conhecimento científico, mas sim, como discutiu Nersessian (1989), como parte dos processos de mudança conceitual que ocorrem no ensino e aprendizagem de Ciências.

Assim como Hoffmann (2011), a autora discutiu sobre os processos de elaboração de novos modelos, representações, a partir da transformação de estruturas anteriores. Todavia, Nersessian (1989) relacionou essas ideias ao cenário educacional, de modo que, segundo ela, a aprendizagem de ciências não seria apenas a aquisição de fatos, mas a reconstrução de sistemas conceituais, o que exigiria a mudança das estruturas subjacentes de diferentes conhecimentos. Entretanto, em nosso cenário, antes de pensarmos sobre as mudanças conceituais que acontecem com os discentes, nos atentamos às que ocorrem com a Docente que, por meio de seu raciocínio, elabora diagramas como uma ação metadiagramática, motivada por diferentes objetivos pedagógicos.

Dando sequência, as ações ‘combinação’ e ‘comparação’ são definidas pelo uso de dois ou mais diagramas concomitantemente. A primeira envolve a junção dos diagramas por uma relação de complementação, e a segunda por uma relação de contraste. Em ambas as categorias, a princípio não nos importa se a origem dos diagramas se encaixaria na ação de ‘uso’ ou ‘elaboração’, mas sim o fenômeno de combinação de dois ou mais diagramas que, ao fim, podem acabar se acoplando para formar um único signo. A ação de combinação foi amplamente utilizada na resolução de exercícios, por exemplo, visto que por vezes é necessário relacionar diferentes equações e modelos para chegar a uma resposta. A Figura 17 exemplifica o que foi dito; trata-se da resolução de uma atividade durante a Aula 05, cujo objetivo era compreender quantos elétrons um átomo de Enxofre (S) deve ganhar para atingir o octeto em seu nível de valência.

Figura 17 - Resolução de uma atividade.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Inicialmente a Professora ilustrou um diagrama característico para representação de um elemento químico, seu número atômico (Z) e sua massa atômica (A). Nesse caso, foi representado apenas o símbolo do enxofre e seu número atômico⁷⁶. O segundo diagrama utilizado foi referente ao padrão de distribuição eletrônica baseado nas concepções de Linus Pauling⁷⁷ (1901 – 1994) sobre os orbitais e a estrutura eletrônica. Por ele se organiza os níveis de energia, orbitais atômicos e quantidade de elétrons dispostos em cada um deles. Abaixo da primeira linha da distribuição eletrônica, a Docente fez uma variação desse primeiro diagrama, condensando os três primeiros orbitais ($1s^2$, $2s^2$, $2p^6$) no símbolo do gás nobre Neônio (Ne), pois sua configuração se assemelha a que é representada nos níveis 1 e 2 do enxofre.

Ambos os diagramas foram manipulados – ação que discutiremos em seguida – para se adequar à atividade proposta, e o efeito de combinação está em definir o número atômico do enxofre a partir do primeiro diagrama, e utilizá-lo como fundamento para escrever o segundo e obter a resposta do exercício. Já o efeito de comparação seria, por exemplo, expor a distribuição eletrônica do átomo de enxofre neutro e do íon sulfeto (S^{2-}) e discutir com os estudantes quais seriam as diferenças em relação a composição eletrônica de ambos. A Figura 18 é referente a Aula 10 e mostra uma situação que se assemelha à citada anteriormente como um exemplo. Nesse evento, a Docente mostrava o cálculo da Ordem de Ligação para a molécula de Hélio e, para propor algumas mudanças na elaboração do diagrama de orbitais moleculares, faz uma

⁷⁶ Para Stjernfelt (2013), o diagrama é um ícone diferente pois é governado por um símbolo, na figura das regras a partir das quais o diagrama é construído. Por isso, para aqueles que já conhecem a estrutura utilizada pela Docente, não seria necessária expor a relação $Z=16$, uma vez que o número 16 estaria na posição em que o número atômico comumente é colocado. Nesse sentido, trata-se de uma redundância que pode ter sido intencional como uma estratégia da Professora para reforçar as regras do próprio diagrama.

⁷⁷ Linus Pauling foi um cientista norte-americano conhecido por suas contribuições fundamentais relacionadas a química quântica, a estrutura das ligações químicas e a biologia molecular.

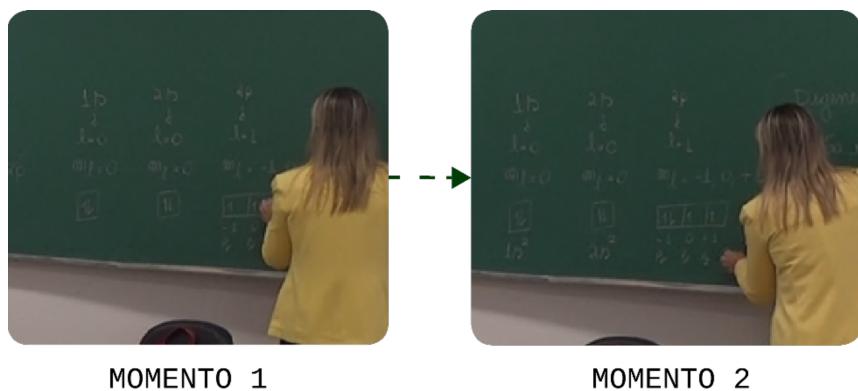
comparação entre a quantidade de elétrons presentes no átomo de Hélio neutro e em seu cátion, utilizando as representações dos elementos e as equações do número atômico.

Figura 18 - Comparação entre átomos de Hélio.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Por fim, dentre as seis classificações, agrupamos a ‘manipulação’ e a ‘especificação’ por serem ações que ocorrem após o ‘uso’ ou a ‘elaboração’ de um diagrama. A especificação pode ser compreendida como o ato de retomar um diagrama apresentado anteriormente e adicionar informações no mesmo para atender a um propósito específico. A Figura 19 apresenta um exemplo dessa ação.

Figura 19 - Especificação de diagramas.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O momento em questão é referente a Aula 02, em que a Docente, após finalizar a distribuição dos elétrons em quadrículas, obedecendo a Regra de Hund⁷⁸, especificou em cada quadrícula como seriam as suas representações no sistema $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$... Não se trata da adição

⁷⁸ Pela Regra de Hund, ao preencher orbitais de mesma energia (orbitais degenerados), os elétrons devem ser distribuídos, inicialmente, de forma individual, com spins paralelos, antes de começarem a se emparelhar.

de uma nova informação, mas sim a especificação da distribuição eletrônica que já estava posta e foi adicionada ao conjunto de diagramas apenas para aumentar o nível de detalhamento. Esta classe de ação definiu apenas uma categoria: ‘Especificação de Diagrama pré-existente’, visto que não há a necessidade de vincular a um objetivo pedagógico, uma vez que ele será sempre definido pela ação anterior, e a especificação será apenas para aumentar o potencial de compreensão do diagrama.

A manipulação, por sua vez, envolve a experimentação com o diagrama para produzir novas inferências. A definição dessa ação como ‘manipulação’ está diretamente conectada à concepção de Peirce (1976) de ‘raciocínio diagramático’, a qual é definida pelo autor da seguinte maneira:

Por raciocínio diagramático, quero dizer um raciocínio que constrói um diagrama de acordo com um preceito expresso em termos gerais, realiza experimentos sobre esse diagrama, observa seus resultados, assegura-se de que experimentos semelhantes realizados sobre qualquer diagrama construído segundo o mesmo preceito teriam os mesmos resultados e expressa isso em termos gerais.⁷⁹ (Peirce, 1976, p.47-48)

Esses experimentos citados por Peirce se referem aos processos de inferência a partir da alteração das estruturas de um diagrama com a inserção de elementos adicionais. Essa diferenciação é importante, pois, existem conclusões que podem ser obtidas pela simples observação das relações evidentes de um digrama, sem alterar a sua estrutura (Dondero; Fontanille, 2014). Essas estariam mais relacionadas a ação de ‘uso’, citada anteriormente.

Peirce, também utiliza o termo ‘manipulação’, por exemplo, ao se referir ao uso de fórmulas algébricas (CP 3.363). Dondero e Fontanille (2014) entrelaçam as duas expressões ao afirmarem que “o **raciocínio diagramático** pode ser entendido, essencialmente, como o processo de observar e reconfigurar as relações que compõem as partes de um objeto de investigação; **manipular** o que é visível torna possível expandir o que é concebível”⁸⁰ (p. 126-127, grifo nosso). Na Figura 20, por exemplo, retomamos o diagrama investigado na seção 4.3.1 para mostrar como a Docente manipula o diagrama, utilizando a noção de eletrosfera criada pela relação entre a linhas curvas, a posição do núcleo e os números em cada linha, para compreender o movimento da transição eletrônica e a emissão de energia.

⁷⁹ By diagrammatic reasoning, I mean reasoning which constructs a diagram according to a precept expressed in general terms, performs experiments upon this diagram, notes their results, assures itself that similar experiments performed upon any diagram constructed according to the same precept would have the same results, and expresses this in general terms.

⁸⁰ Diagrammatic reasoning can be understood essentially as the process of observing and reconfiguring the relations that make up the parts of an object of investigation; manipulating what is visible makes it possible to expand what is conceivable.

Figura 20 - Manipulação de um diagrama.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A Professora, inicia fazendo um ponto na linha de número 2, representando o elétron, e, em seguida, adiciona uma seta curva que sai do ponto em direção à linha 1. Por fim, adiciona sobre a seta uma onda, para indicar a emissão de energia. Nessa passagem indicada pela Figura 20, a Docente não muda a estrutura base do diagrama, mas adiciona elementos que permitem compreender características dos fenômenos de transição eletrônica. Somado a isso, a experimentação com o diagrama se deu a partir do diálogo com a ES, como mostrado anteriormente no Quadro 9. De modo que as manipulações são realizadas pela Professora, porém, a observação e as inferências são feitas pela ES.

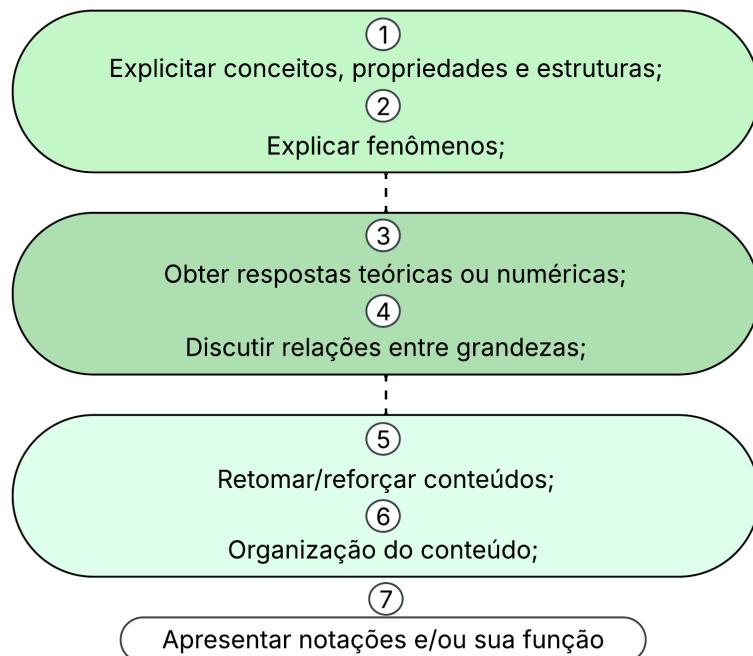
Logo, tendo apresentado as classes de ações (uso, elaboração, manipulação, especificação, combinação e comparação), iremos em seguida expor os tipos de objetivos pedagógicos para os quais as ações foram empreendidas.

4.2.3 Para Ver com Categorias: objetivos pedagógicos

Na formação completa das categorias, a preposição ‘para’ é o que conecta as ações aos objetivos pedagógicos. Porém, ainda que seja essencial olhar para as categorias como um todo, refletir sobre os objetivos pedagógicos classificados nos permitirão compreender algumas nuances sobre as funções atribuídas aos diagramas durante as aulas. De modo geral, as definições podem ser divididas em três grupos. O primeiro está relacionado aos aspectos que compreendem a natureza do conhecimento produzido pela Química, entendida como a ciência que estuda a matéria e as transformações que a matéria passa (Brown et al., 2016). Já o segundo, está vinculado a resolução de problemas propostos por atividades ou ao desenvolvimento de compreensões e conclusões sobre um ponto. Enquanto o terceiro agrupa abordagens de cunho pedagógico mais pronunciado, no sentido de serem estratégias para reorganizar ou retomar

informações com o intuito de colaborar com a aprendizagem. Na Figura 21 estão descritas as classificações agrupadas em blocos.

Figura 21 - Classificações da função pedagógica dos diagramas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A classificação 7, ‘Apresentar notações e\ou sua função’, não foi agrupada pois se diferencia das demais e, por isso, não corresponde a nenhum dos três blocos. Em algum nível, ela se aproximaria mais do terceiro bloco, pois seria uma ação que colabora para que os alunos aprendam sobre uma ferramenta para compreensão da propriedade ou fenômeno estudado pela Química. Porém, ela nos chamou atenção por ser classificada como tipo de raciocínio metadiagramático.

Destacamos que não estamos nos referindo ao raciocínio abdutivo metadiagramático proposto por Hoffmann (2010), pois não se trata do desenvolvimento de novos sistemas representacionais, mas sim a ação didática de utilizar, elaborar, manipular etc. diagramas que se apresentam como signos do próprio, ou de um outro diagrama, com a função de explicá-lo em termos estruturais ou de explicitar suas regras, podendo fomentar uma reflexão epistemológica, ao discutir a natureza e\ou função de um diagrama inédito, analisando seus significados dentro de um nicho de artefatos semióticos. De modo que, o termo ‘inédito’ se refere ao fato de um diagrama ter sido ou não anteriormente trabalhado pela Professora durante a disciplina (Química Geral).

As situações que ilustram o objetivo pedagógico 7 são, por exemplo, a dedução de fórmulas para apresentar e explicar a estrutura de uma nova fórmula, o uso de um diagrama especificado com informações que explicam as regras do próprio diagrama, a produção de diagramas esquemáticos que organizam as propriedades do diagrama para orientar sua compreensão, ou a simples exposição do diagrama para explicar suas próprias características como diagrama, de modo que o foco esteja em si mesmo e não no objeto ao qual ele se refere.

Em se tratando das classificações 1 e 2, ambas estiveram presentes em todas as aulas registradas, reforçando a indissociabilidade entre o ensino de Química e o estudo das propriedades da matéria e suas transformações, além de mostrar que tais características que definem a natureza do conhecimento químico estão sendo apresentadas de modo visual, o que, inicialmente, consideramos como adequado para o contexto da inclusão de Surdos (Camppelo, 2008; Leão; Sofiato; Oliveira, 2017).

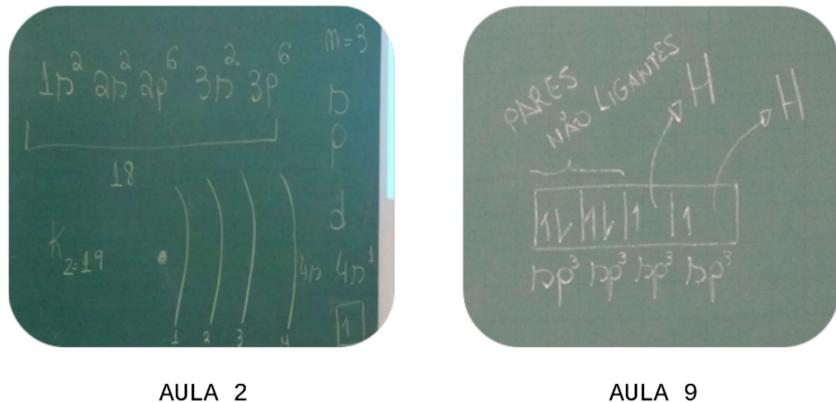
Os diagramas inseridos nessas classificações, obviamente, possuem uma carga conceitual que se diferencia dos que compõem a proposta apresentada por Pereira, Benite e Benite (2011), por exemplo. Enquanto eles trabalham a visualidade a partir de conteúdos do Ensino Médio, aqui, discutimos temáticas comuns ao Ensino Superior. Portanto, os diagramas utilizados pela Docente que se relacionam com propriedades, estruturas e fenômenos, correspondem a temas como, por exemplo, o efeito fotoelétrico, exposto na Figura 22, em que a Docente combina diferentes estruturas diagramáticas para compor sua explicação.

Figura 22 - Efeito Fotoelétrico

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Já na Figura 23, vemos dois diagramas que aparecem em aulas diferentes, mas se relacionam a distribuição eletrônica nos átomos, porém, envolvendo outros conhecimentos como os orbitais atômicos, propriedades periódicas, e até mesmo a formação de orbitais moleculares. Em ambos os casos, temos uma estrutura formada por diagramas já conhecidos na área, com a junção de novas relações postas pela Docente.

Figura 23 - Distribuição eletrônica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Assim como as temáticas constituintes dos diagramas mostrados nas Figuras 22 e 23, o diagrama exposto na Figura 24 também se refere a um assunto tratado na Educação Básica (Ciclo de Born-Haber), porém, o nível de atenção e detalhamento dado pela Professora é diferente do que comumente se vê no Ensino Médio, por exemplo.

Figura 24 - Ciclo de Born-Haber.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Essas semelhanças curriculares são compreensíveis, uma vez que se trata de uma disciplina chamada ‘Química Geral’ e, por isso, trabalha algumas bases da Química - com exceção da Química Orgânica – as quais são prioridade no currículo da educação básica. Entretanto, para além do nível de detalhamento diferente, alguns tópicos são exclusivos dessa disciplina, e oferecem um desafio cognitivo maior para os discentes, visto que eles não terão memórias prévias para ajuda-los a compreendê-los, entretanto, também não precisarão lidar com concepções errôneas que poderiam ter sido geradas a partir de simplificações no ensino desses conteúdos.

Avançando, as classificações 3 e 4 (Figura 21), ‘obter respostas teóricas ou numéricas’ e ‘discutir relações entre grandezas’, também estiveram amplamente presentes durante as aulas. A primeira, devida a ampla presença de exercícios ao longo do semestre, e a segunda, pela necessidade de compreensão de equações e fórmulas, ou da relação entre grandezas diferentes envolvidas em um mesmo fenômeno. Na Aula 10, à título de exemplo, a Professora apresenta dois diagramas no quadro, representando elementos com números atômicos diferentes, para discutir a relação entre o valor da Energia de Ionização e do Raio Atômico (Figura 25).

Figura 25 - Raio Atômico e Energia de Ionização.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Já a Figura 26, exemplifica a classificação de ‘obter respostas teóricas ou numéricas’, que também esteve presente em todas as aulas. O momento ao qual se refere a Figura 26 também foi retirado da Aula 10. A Docente faz o cálculo da Ordem de Ligação relativa a junção do Hélio, neutro, e do cátion He^+ . Para isso, ela combina o diagrama de formação de orbitais moleculares com um diagrama utilizado para compreender a quantidade de elétrons que teriam

o He e o He⁺, reunindo as informações que seriam necessárias para obter o valor da Ordem de Ligação.

Figura 26 - Cálculo da Ordem de Ligação - OL.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em ambas as classificações (3 e 4) a ação de manipulação é bem pronunciada, o que é compreensível já que, segundo Peirce, a partir do processo de experimentação, manipulação do diagrama é possível realizar inferências, sejam elas dedutivas, ao manipularmos as partes do diagrama de acordo com suas regras formais para obter um resultado válido; indutivas, ao manipularmos exemplos concretos dentro de um diagrama para extraímos um padrão geral ou uma regra provável; ou abdutivas, ao observarmos e/ou manipularmos um diagrama para propor hipóteses explicativas para uma relação observada, a partir de um processo criativo e exploratório, permitindo que os diagramas sugiram novas ideias (CP 8.209).

Por fim, as duas últimas classificações (5 e 6): ‘retomar/reforçar conteúdos’ e ‘organização do conteúdo’, revelam aspectos da abordagem pedagógica da Docente. Nesses dois tópicos o diagrama assumiu, muitas vezes, a função de estar para uma ideia já discutida, porém, a que é representada novamente na figura de um diagrama, ou de estar para um outro diagrama, porém a partir de outra estrutura representacional. Enquanto a classificação 6 esteve vinculada apenas a ação de elaboração, a 5 foi gerada majoritariamente a partir da combinação.

Um exemplo para o tópico 6 está na Figura 26, em que a Professora, após discutir sobre a interação intermolecular ‘ligação de hidrogênio’, elabora um simples esquema que vincula os átomos Flúor (F), Oxigênio (O) e Nitrogênio (N) ao Hidrogênio (H), reunindo a ideia de que a interação irá acontecer entre moléculas cuja composição denota a presença de ao menos um dos três primeiros átomos, ligados ao Hidrogênio. Nesse caso, vemos a efetividade do diagrama para reunir em uma estrutura visual as informações de um objeto (no caso da Figura 27, esse objeto poderia ser a característica de um fenômeno), uma vez que ele não carrega a necessidade de se assemelhar a seu objeto visualmente, mas sim a partir de suas relações (CP 2.277). Ao

mesmo tempo, é possível perceber que o sentido desse diagrama se estabelece quando instanciado em um contexto específico. Em concordância com Atã e Queiroz (2021), compreendemos que o entendimento do que está posto irá se dar devido ao nicho de artefatos semióticos que define o ambiente da sala de aula, sustentando e estabilizando os processos semióticos e cognitivos. Desse modo será plausível a compreensão das letras como elementos e da chave {} como um indicador da conexão que se estabelece entre os átomos, por exemplo.

Figura 27 - F-O-N e H.

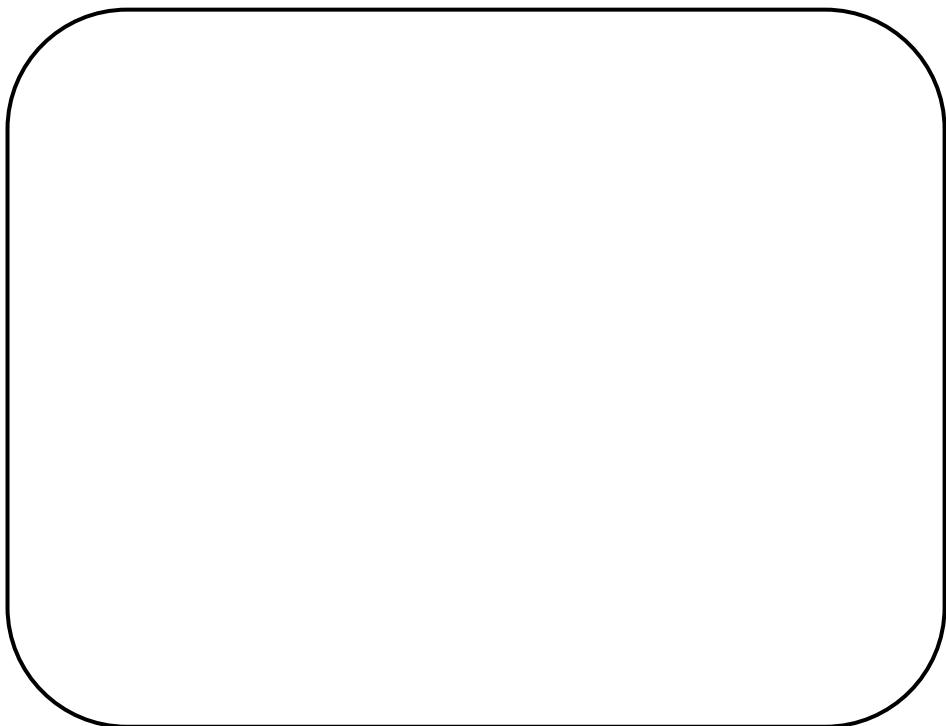
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Sobre a classificação 5, podemos citar o uso frequente da Tabela Periódica dos Elementos para rememorar a posição dos elementos (e.g. período, grupo, etc.), suas características (e.g. número atômico, massa atômica etc.), classificação (e.g. metal, não-metal, gás nobre, etc.), dentre outros. A tabela periódica possui grande importância na Química, uma vez que organiza em si mesma diferentes informações sobre os elementos que constituem a matéria, a partir da qual ocorrem as diferentes transformações. Além do mais, após a iniciativa de internacionalização da linguagem química que motivou o Congresso de Karlshure, em 1860, a elaboração da tabela periódica, atribuída majoritariamente à Mendeleiev, foi um passo significativo para esse movimento de sistematização da linguagem (De Milt, 1951; Santin Filho, 2023). Não apenas isso, compreendemos que a organização da tabela periódica permitiu a Mendeleiev produzir inferências abutivas acerca dos elementos, sugerindo, a partir do diagrama, elementos que ainda não haviam sido identificados (Leicester, 1971; Vidal, 1986).

A Figura 28 organiza três momentos de três aulas diferentes em que se pode perceber a Tabela periódica sendo utilizada como um recurso pedagógico. Nos três contextos a Docente usa a Tabela como uma forma de retomar alguma informação sobre os elementos, seja retornando a um slide anterior, seja incluindo no próprio slide uma parte da tabela. Como a Tabela Periódica é um diagrama que contém em si um número elevado de informações, e cria

diversas possibilidades inferenciais, o seu uso em diferentes momentos da disciplina é justificado, reforçando sua posição de centralidade como um artefato semiótico da Química.

Figura 28 - Tabela Periódica



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nesse sentido, esses movimentos realizados com o objetivo de trazer à tona informações anteriormente discutidas, são eficientes para complexificar a estrutura mental acerca de um signo, uma vez que, progressivamente a Professora vincula a Tabela Periódica a outras discussões que envolvem diferentes temas da Química. Não se trata de acumular uma série de informações, mas sim compreender novos conhecimentos por perspectivas que apenas são possíveis a partir da mente que se transformou no processo (Cachapuz et al., 2011). Com esse entrelaçamento, além de reiterar a importância desse diagrama (Tabela Periódica) para o raciocínio na Química, a Docente dá sentido a um conhecimento anteriormente trabalhado, mostrando que o mesmo não é descartável a partir do momento em que o discente fez uma prova sobre esse conteúdo. Antes, o conhecimento Químico é construído como uma rede, e o entendimento dos objetos de estudo dessa ciência se dá a partir da mobilização de diferentes saberes; um movimento de relações e complexo assim como é a natureza, suas propriedades e fenômenos (Cachapuz et al, 2011).

Portanto, todas as sete classificações, combinadas com diferentes ações (apresentadas na seção 4.3.2) constituíram as categorias que emergiram a partir da análise dos vídeos. O

Quadro 10 propõe uma relação entre as ações e objetivos pedagógicos, de modo que os quadros marcados com X e preenchidos indicam a existência de uma categoria que combina ambas as classificações.

Quadro 10 - Especificação das categorias.

CATEGORIAS	USO	ELABORAÇÃO	MANIPULAÇÃO	COMBINAÇÃO	COMPARAÇÃO
Explicitar conceitos, propriedades e estruturas.	X	X	X	X	X
Explicitar fenômenos	X	X	X		X
Discutir relações entre grandezas	X	X	X	X	
Apresentar notações e/ou sua função		X	X	X	
Obter/descrever respostas teóricas ou numéricas	X	X	X	X	
Retomar/reforçar conteúdos	X	X		X	
Organizar conteúdos		X			

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Não necessariamente, todas as ações foram combinadas a todas as categorias, pois, esses encontros foram definidos pelas escolhas da Professora. Por exemplo, o objetivo 1 (Figura 21), ‘explicitar conceitos, propriedades e estrutura’, formou categorias com todas as ações, enquanto o objetivo 5, ‘organizar conteúdos’, formou apenas um tipo de categoria, vinculando-se a ação de elaboração.

Tendo em conta essas informações, discutiremos na próxima seção sobre como essas categorias se distribuíram ao longo das aulas e as possíveis relações existentes entre sua recorrência e os fatores que definiam o contexto das filmagens.

5 SOBRE AULAS TECIDAS COM DIAGRAMAS

Com o mapa de diagramas estruturado e as categorias definidas, pudemos então compreender a recorrência da presença dos diagramas em cada uma das aulas. No mapa de diagramas, cada momento discriminado como um evento a ser categorizado (unidade de registro), independentemente da sua duração, recebeu o valor unitário 1. Ainda, cada unidade de registro foi relacionada apenas com uma categoria. Portanto, os valores que serão apresentados são um indicativo direto de quantas vezes a categoria foi registrada, possibilitando, então, a observação de quantos momentos na aula estiveram relacionados à presença da linguagem diagramática.

Essa contabilização foi organizada em um quadro que relacionava as categorias e as aulas, e separou as quatorze aulas em três grupos, referentes aos três exames aplicados. De modo que o primeiro compreendeu as Aulas 1, 2, 3 e 4; o segundo envolveu as Aulas 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11⁸¹; enquanto o terceiro correspondeu às Aulas 12, 13 e 14. Após a observação atenta e análise de cada bloco, compreendemos que o primeiro reunia uma série de padrões que se repetiam nos outros dois. Portanto, iremos discutir detalhadamente apenas o primeiro bloco.

Para isso, inicialmente será apresentado um quadro geral, contendo todas as categorias e suas frequências para cada uma das quatro aulas. Ainda, cada aula será discutida a partir de um gráfico que reuniu os cinco valores de frequência mais expressivos de cada aula⁸². Após isso, discutiremos um episódio referente a Aula 04, desse mesmo bloco, para dialogar sobre as ações didáticas multimodais da Professora.

5.1 O PRIMEIRO BLOCO DE AULAS

⁸¹ É possível perceber que há um número maior de aulas referente ao segundo bloco da disciplina. Isso se deu pois não foi possível gravar as primeiras aulas do curso, visto que ainda não tínhamos todas as autorizações que eram necessárias. Desse modo, o que estamos chamando de Aula 1 é na verdade a sexta aula da disciplina e, por isso, o primeiro bloco ficou com um volume inferior de vídeos. Optamos por enumerar a partir do número um para manter uma sequência lógica referente às aulas que foram registradas. Já o terceiro bloco de aulas também tem uma quantidade inferior ao segundo, entretanto, isso já é uma determinaçãoposta pela própria disciplina, de modo que o conteúdo da terceira prova é reduzido em relação às outras duas.

⁸² Em alguns casos, identificamos mais de uma categoria com o mesmo valor na quinta posição. Diante disso, optamos por contabilizar todas elas na lista. Porém, isso só se aplicou para casos em que esse valor era diferente de 1, visto que muitas categorias apresentaram apenas 1 unidade de registro por aula, e, então, não teríamos muitas informações relevantes que justificariam a necessidade de estudar essas categorias frente às demais.

O primeiro conjunto de aulas (Aulas 1, 2, 3 e 4) compreendia alguns temas específicos, como mostra o Quadro 11. Nesse e nos próximos blocos de aulas, apresentamos a relação de conteúdos trabalhados em cada aula pois, como discutido anteriormente, o diagrama é concebido ou utilizado a partir de um contexto específico. De modo que as escolhas didáticas da Docente buscarão sempre corresponder aos conteúdos programados para cada aula. Os diagramas assumiram formas relativas aos conhecimentos de cada aula. Porém, o que nos interessa aqui é saber como esses conhecimentos determinaram os tipos de diagramas que estiveram presentes na abordagem docente.

Quadro 11 - Conteúdo das aulas do bloco 1.

AULAS	TEMÁTICAS
01	Introdução à mecânica quântica (I): Quantização de energia. Efeito fotoelétrico. Comportamento ondulatório da matéria (Hipótese de De Broglie). Princípio da Incerteza de Heisenberg.
02	Introdução à mecânica quântica (III): Átomos polieletônicos. Orbitais e energias. Spin eletrônico (experimento de Stern-Gerlach). Princípio da exclusão de Pauli e Regra de Hund. Configurações eletrônicas.
03	O átomo moderno: Partículas subatômicas. Isótopos, número atômico, massas atômicas. Abundância isotópica.
04	Propriedades periódicas dos elementos: Desenvolvimento da tabela periódica. Configurações eletrônicas e a tabela periódica. Carga nuclear efetiva.

Fonte: Elaborado pelo autore (2025)

O Quadro 12 organiza todas as categorias em relação às quatro aulas (A1, A2, A3, A4) que compõem o bloco 1. É importante destacar que existem algumas categorias que não foram destacadas em nossa análise do capítulo anterior, visto que se tratam de casos particulares e que serão discutidos à medida em que apresentarem alguma relevância para as nossas reflexões. No Quadro 12 as categorias estão organizadas tendo a ação entre parêntesis, e o objetivo pedagógico escrito em seguida. Para sua leitura, recomendamos: (AÇÃO) + de diagramas para + objetivo. Por exemplo: ‘uso de diagramas para discutir relações entre grandezas’.

Quadro 12 - Frequência das categorias no Bloco 1.

	A1	A2	A3	A4
(USO) Discutir relações entre grandezas				
(USO) Obter respostas teóricas ou numéricas	1	13	12	4
(USO) Explicitar conceitos, propriedades e estruturas	5	1		
(USO) Explicar fenômenos		1	2	
(USO) Apresentar notações e/ou sua função				
(USO) Retomar/reforçar um conteúdo				
(USO) Direcionamento da aula.				
(ELABORAÇÃO) Discutir relações entre grandezas	2	2		
Elaboração de esquemas/resumos para organização do conteúdo	1	2	1	1
(ELABORAÇÃO) Explicitar conceitos, propriedades e estruturas				1
(ELABORAÇÃO) Explicar fenômenos		1		1
(ELABORAÇÃO) Obter respostas teóricas ou numéricas				
(ELABORAÇÃO) Apresentar notações e/ou sua função				
(ELABORAÇÃO) Retomar/reforçar conteúdos	1	6	1	5
(MANIPULAÇÃO) Explicitar conceitos, propriedades e estruturas	1	1		1
(MANIPULAÇÃO) Explicar fenômenos	2		1	1
(MANIPULAÇÃO) Obter respostas teóricas ou numéricas	3			3
(MANIPULAÇÃO) Discutir relações entre grandezas				
(MANIPULAÇÃO) Apresentar notações e/ou sua função	1	5	3	3
Especificação de Diagrama pré-existente		6	3	2
(COMBINAÇÃO) Retomar/reforçar conteúdos		3	7	1
(COMBINAÇÃO) Obter respostas teóricas ou numéricas		2	2	3
(COMBINAÇÃO) Explicitar conceitos, propriedades e estruturas	6			2
(COMBINAÇÃO) Explicar fenômenos				2
Uso de diagramas para compreensão de conceitos, propriedades e estruturas		3		4
(COMPARAÇÃO) Discutir nuances de conceitos, propriedades ou estruturas	1			3
(COMBINAÇÃO) Discutir nuances de fenômenos				
(COMBINAÇÃO) Apresentar notações e/ou sua função				

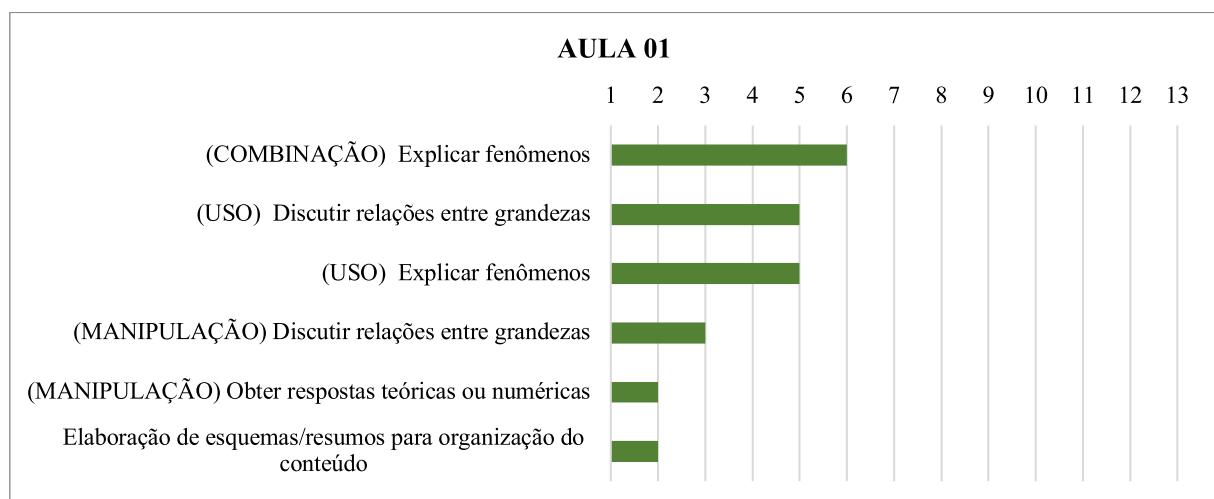
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.1.1 Aula 01

A primeira aula foi caracterizada pela temática ‘Introdução à Mecânica Quântica’, envolvendo os subtemas: quantização de energia; efeito fotoelétrico; comportamento ondulatório da matéria (Hipótese de De Broglie); e o princípio da incerteza de Heisenberg (Quadro 11). A partir do Quadro 13, podemos observar as categorias que mais se destacaram nesse contexto.

Sobre os temas trabalhados durante as aulas, podemos apresentar uma breve definição. Primeiramente, a quantização de energia estabelece que a energia dos elétrons em um átomo é distribuída em níveis discretos, conforme proposto por Max Planck (1858 – 1947) e usado por Bohr para explicar os espectros atômicos. O efeito fotoelétrico, por sua vez, elucidado por Albert Einstein (1879 – 1955), demonstra que a luz se comporta como partículas (fôtons), pois ao incidir sobre um metal pode ejetar elétrons, provando a natureza quântica da radiação. Já a hipótese de Louis De Broglie (1892 – 1978) ampliou essa ideia ao sugerir que partículas, como elétrons, também apresentam comportamento ondulatório, levando ao conceito de dualidade onda-partícula. Por fim, o princípio da incerteza sugerido por Werner Heisenberg (1901 – 1976), afirma que é impossível determinar simultaneamente a posição e a velocidade exata de uma partícula, refletindo a limitação fundamental da observação no mundo quântico (Brown et al., 2016).

Quadro 13 - Categorias e frequência – Aula 01



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Observa-se, inicialmente, a presença de duas categorias relacionadas aos fenômenos e, neste caso, nenhuma vinculada às propriedades e estruturas. Ainda, se destaca o fato de haverem

duas categorias relativas à discussão das relações entre grandezas, seguidas pelas categorias: manipulação de diagramas para obter respostas teóricas ou numéricas e a elaboração de esquemas/resumos para organização do conteúdo.

Na Figura 29, por exemplo, está exposto o *slide* utilizado pela Docente, formado pela combinação de um diagrama que ilustra o efeito fotoelétrico, em conjunto com a equação que descreve a energia do fóton incidente. Aqui vemos com facilidade a combinação de dois diagramas para explicitar um fenômeno. Assim como esse diagrama, muitos outros elaborados como modelos para representar fenômenos químicos ou físicos são considerados diagramáticos a partir do momento que representam processos que não são observáveis da mesma maneira (Franco; Borges, 2017). Portanto, são apenas proposições que se aproximam do fenômeno pelas relações entre as partes, somado às causas e efeitos vinculados ao processo.

Figura 29 - Efeito fotoelétrico.



Fonte: Elaborado pela Docente (2025).

Na Figura 30, é possível ver a Docente utilizado um gesto de apontamento, ou gesto dêitico⁸³, enquanto explica características do diagrama. A Docente interagiu com a maioria dos diagramas a partir de gestos de apontamentos, com a função de marcar o seu referente no discurso. À medida que falava e apontava para um elemento do diagrama, ela não expressava verbalmente o sujeito da frase. Essa ação pode ser vista por duas perspectivas, a primeira se refere aos ouvintes que, caso queiram compreender sobre o que, ou quem a Professora está falando precisa manter o contato visual com os recursos diagramáticos que estão sendo expostos por ela. Já a segunda observação, está relacionada à ES. Os gestos de apontamentos, em diferentes momentos foram realizados sem a expressão oral, mas apenas palavras soltas, como se a Docente buscasse um contato com a ES através de seus gestos.

⁸³ Um gesto dêitico é um tipo de gesto que serve para indicar, apontar ou direcionar a atenção para algo no ambiente. Esses gestos são essenciais para a comunicação, pois ajudam a estabelecer referências compartilhadas entre os interlocutores.

Como os IEs estavam quase sempre posicionados ao lado da Professora, houveram momentos que IE e Docente apontavam para o mesmo local, direcionando o olhar da ES. Tal interação é importante pois, é fundamental o trabalho conjunto entre professores e intérpretes educacionais, uma vez que ambos podem se auxiliar em prol de adotarem uma pedagogia surda coerente com o contexto inclusivo.

Figura 30 - Interação com o diagrama.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Assim como na Figura 29, a partir da Figura 31 é possível compreender o efeito de combinação de diagramas na ação de descrever fenômenos a partir de seus modelos, e exprimir suas propriedades utilizando equações algébricas, as quais, segundo Peirce, também são diagramas (CP 4.419).

Figura 31 - Combinação de equações.

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Essa presença pronunciada de equações vinculadas aos fenômenos serve como justificativa para a alta frequência de categorias que dizem sobre as relações entre grandezas. Assim como também pode ser visto na Figura 31, a Docente expõe as fórmulas no quadro e em

determinados momentos dialoga com os estudantes questionando o efeito da alteração de alguma variável sobre a outra. Nesse sentido, a Professora conduz os alunos a realizarem inferências indutivas sobre as equações, explorando as diferentes possibilidades válidas para compreender os fenômenos a partir de certas generalizações (CP 8.209). Isso é realizado a partir de questões da seguinte natureza: ‘O que acontecerá com o valor de energia quando houver um alto valor de frequência?’.

Em casos como os da Figura 31, podemos pensar em como o ambiente estrutura o raciocínio, apoiados nas ideias de Clark e Chalmers (1998), Hutchins (1999), Hoffmeyer (2008) e Atã e Queiroz (2021). Podemos ver um quadro com diferentes equações e relações entre as grandezas que, de alguma forma, se referem a um fenômeno. Nesse sentido, as semioses que ocorrem nesse espaço podem ser determinadas por esses artefatos semióticos, expostos no ambiente para servir às reflexões que precisam ser empreendidas. Em contrapartida, como os recursos visuais exercem uma influência significativa para a ES, é necessário que esse ambiente montado por artefatos semióticos seja pensado para apontar para um mesmo sentido de reflexão, para que não exerça, no fim, um efeito de distração na educanda.

Nesta primeira aula, os temas estão interligados e a medida em que Professora apresenta novas nuances das ideias da Mecânica Quântica e fenômenos semelhantes passam a ser abordados de maneiras diferentes. A Figura 32, por exemplo, mostra a Docente relacionando o conceito de Energia Quantizada vinculado ao desenho de uma onda e a um valor de comprimento de onda (λ) como um exemplo. Por outro lado, em outros momentos ela explora os fótons como partículas, reforçando as ideias de De Broglie. Em ambos os casos, os diagramas se fazem presentes.

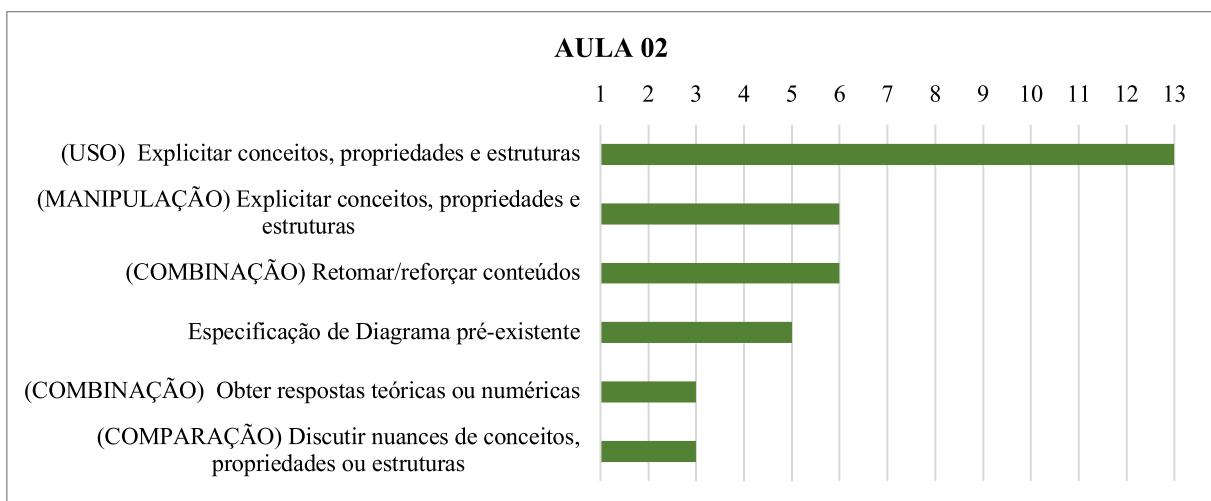
Figura 32 - Energia quantizada.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

5.1.2 Aula 02

Na segunda aula, a Docente permanece com o estudo da Mecânica Quântica, porém, trabalha os seguintes assuntos: orbitais e energias.; spin eletrônico (experimento de Stern-Gerlach); princípio da exclusão de Pauli; regra de Hund; e configurações eletrônicas (Quadro 12). No Quadro 15, é possível ver as categorias mais recorrentes nesta aula.

Quadro 14 - Categorias e frequência – Aula 02



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ao contrário da Aula 01, na segunda aula há um volume expressivo de diagramas aplicados para explicitar conceitos, propriedades e estruturas da matéria. Enquanto as categorias de fenômenos não aparecem na lista. Observando as temáticas que definem a aula, assim como para a Aula 01, percebe-se que estão primariamente voltadas para descrever a matéria e não exatamente suas transformações. Na Figura 33 vê-se a Docente apontando para o diagrama de distribuição eletrônica. No momento descrito, ela utiliza o diagrama no *slide* como referência para discutir sobre a organização dos subníveis de energia nos átomos.

Figura 33 - Diagrama de distribuição eletrônica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Aqui há a utilização do diagrama como um artefato semiótico para a própria Docente, uma vez que ela se orienta pelo esquema para construir seu raciocínio frente aos discentes (Atã; Queiroz, 2021). Compreendemos que a Professora poderia simplesmente expressar de forma oral todas as informações sobre a distribuição de elétrons nos subníveis de energia, dado que, esta representação já deve compor seu pensamento como um argumento bem estabelecido. Porém, ela opta por expor aos alunos o diagrama e, quando o faz, não apenas apresenta informações sobre a estrutura atômica, como também compartilha com os discentes as regras que constituem o próprio diagrama. A partir disso, os discentes podem tomá-lo como um artefato para si e utilizá-lo em outros momentos.

Como discutido em nosso referencial teórico, a linguagem química começou a ser sistematizada no final do século XVIII e durante o século XIX, e desde o início servia aos pesquisadores como um recurso de representação para conter as compreensões desenvolvidas na época. As representações propostas por Berzelius, Dalton, Kekulé, serviam aos mesmos na descrição e reflexão sobre seus objetos de estudo, além de ser um possível signo a ser compartilhado com a comunidade. A sistematização de uma linguagem Química internacional foi e é benéfica para todos aqueles que se dispõe a aprender os conhecimentos dessa ciência. E assim como a linguagem servia aos Químicos como um artefato cognitivo, ela deveria ser recebida pelos discentes como uma ferramenta para viabilizar novos caminhos de compreensão da natureza.

Prosseguindo em nossa discussão sobre as categorias, destacamos que a predominância de uma categoria com a ação ‘uso’ está conectada ao fato de a aula estar centrada em conteúdos que, por si só, apresentam diferentes estruturas diagramáticas. Na Figura 34, por exemplo, é possível ver a exposição de dois diagramas sobre a energia dos orbitais atômicos de dois tipos diferentes de átomos.

Figura 34 - Comparaçāo entre dois diagramas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ainda que esse momento tenha sido classificado na ação de comparação, a mesma é feita a partir do uso de dois diagramas. Ambos já são estabelecidos dentro da Química e se fazem presentes na bibliografia principal utilizada pela Professora: o livro elaborado por Brown et al. (2016). Porém, a Docente utiliza essa comparação antes de explicar que os diagramas descrevem o átomo de Hidrogênio (esquerda) e um átomo polieletrônico (direita). Por esse movimento, a Docente expõe os diagramas para serem analisados pelos discentes, fugindo da exposição excessiva e, novamente, trazendo diagramas como artefatos que fundamentam o raciocínio. Como efeito disso, os estudantes podem ver suas hipóteses serem consideradas para a compreensão das nuances discutidas em sala.

Nessa cena (Figura 34), não estamos falando um tipo de indagação que envolve fatores sobre uma realidade social e suas questões. Porém, quando nos atentamos às habilidades desenvolvidas, podemos ver o uso dos diagramas para fomentar a percepção ativa dos discentes em um ato de comparação, como um convite a responderem a um desafio, a problematizarem um conjunto de diagramas que foram apresentados a eles. Freire (2021b, p. 98) argumenta que

Quanto mais se problematizam os educandos, como seres no mundo e com o mundo, tanto mais se sentirão desafiados. Tão mais desafiados, quanto mais obrigados a responder ao desafio. Desafiados, compreendem o desafio na própria ação de captá-lo.

Esta citação explicita que, ao contrário da prática bancária⁸⁴, a educação problematizadora instiga os discentes a reconhecerem o ato de posicionarem-se, de

⁸⁴A prática bancária da educação é definida por Freire (2021) como uma compreensão do ensino na qual os alunos são vistos como recipientes passivos, e ensinar é a ação de um professor depositar algo na mente dos alunos. Nesse modelo, o professor transmite informações de forma unilateral, enquanto os alunos apenas memorizam e repetem sem questionar ou construir criticamente o conhecimento.

responderem aos desafios como um compromisso. O caminho em direção ao lugar indicado por Freire (2021) pode ser iniciado aqui, uma vez que crenças podem ser formadas a partir do contínuo engajamento gerado ao longo do semestre pelos convites da Professora aos estudantes, de olharem para o diagrama e produzirem inferências através deles. Essas crenças poderão resultar em hábitos atitudinais que não se limitarão aos posicionamentos feitos nas aulas aula de Química, mas que trasbordarão para as diferentes conjunturas de espaço-tempo da vida (Peirce, 1878).

Ainda que tímida, nessa aula observa-se novamente a presença da categoria relacionadas ao objetivo de obter respostas teóricas e/ou numéricas. O que denota a presença recorrente de atividades ou indagações realizadas pela Professora aos discentes. Acerca disso, nos encontros com a Docente, ao falar sobre seu doutorado, a mesma ressaltou que se sentia perdida pois seu professor não passava as resoluções completas no quadro e, por isso, ela perdia muitas informações relevantes. Em nosso Encontro 1, ao perceber uma relação entre essa característica e o fato de ela priorizar a escrita no quadro da resolução das questões, a Docente respondeu que nunca havia pensado por essa perspectiva, mas que para ela fazia muito sentido.

Esse seria mais um exemplo da manifestação do pensamento docente espontâneo, como discute Silva Junior e Lopes (2015), que pode gerar compreensões tácitas, como afirma Maldaner (2020), que orientam a ação docente, em alguns momentos, até sem que tenhamos tomado consciência do que motivou certo padrão de ações.

No contexto de formação que estamos discutindo, podemos aplicar a ideia da formação ambiental, também discutida por Maldaner (2020), para pensar sobre o nicho de artefatos semióticos que estabiliza os processos de semiose na sala de aula. A partir do momento em que a Docente agrupa diferentes diagramas, questiona os educandos, bem como os desafia a gerar suas próprias compreensões, podemos afirmar que pela ação dialógica da Professora pode ser formado nos discentes, ouvintes e Surdos, uma compreensão positiva acerca dessa abordagem que poderá os levar a procurá-la em outros ambientes, ou implementá-la em sua atuação profissional futura, ou em outras oportunidades dentro da própria Universidade. Nesse sentido, mais uma vez, cabe ao professor estar atento ao ambiente que delinea a partir de seus recursos e ações didáticas, especialmente os visuais.

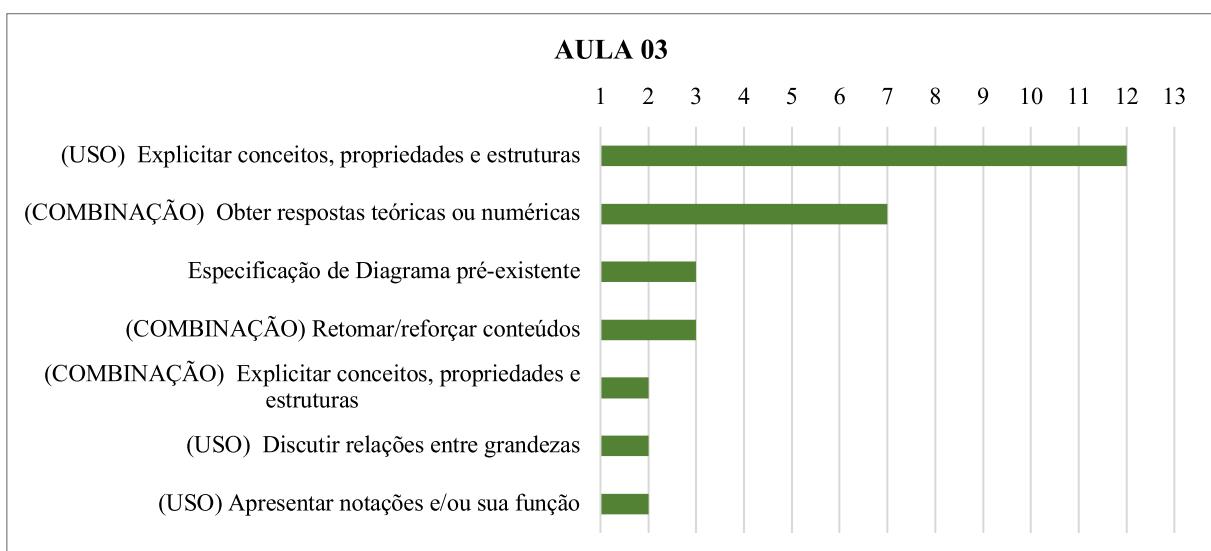
5.1.3 Aulas 03 e 04

A Aula 03 se iniciou a partir de discussões voltadas para as ideias sobre o átomo moderno, e, após isso, se direcionou para a discussão das propriedades periódicas dos

elementos. Entretanto, a segunda temática apenas foi finalizada na aula 04 e, por isso, iremos agrupá-las. Os Quadros 16 e 17 correspondem, respectivamente, às aulas 03 e 04.

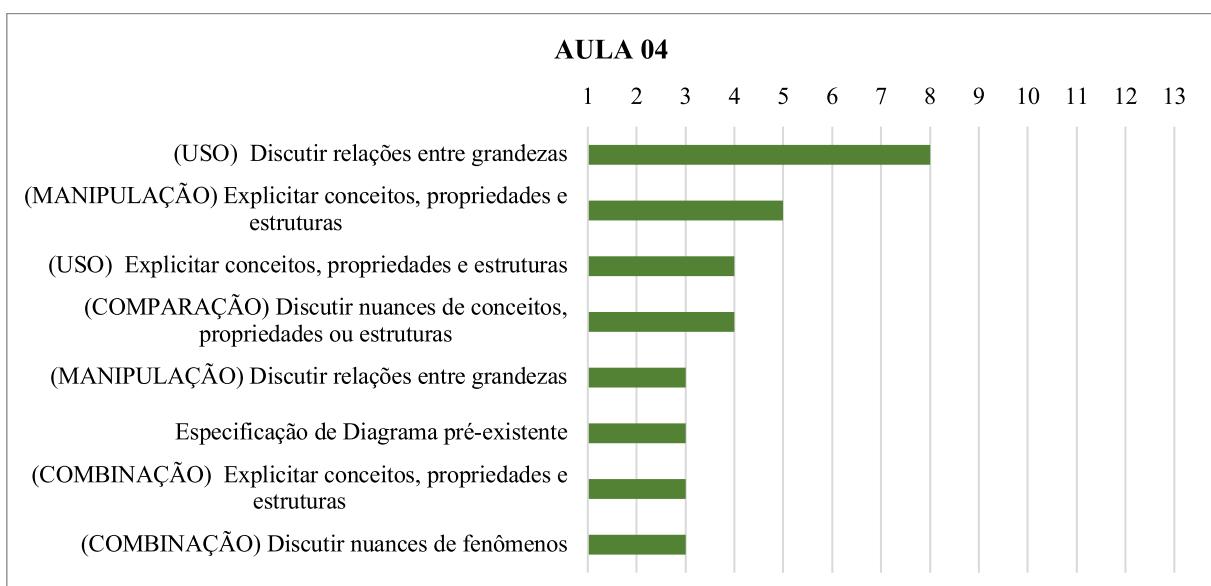
Nota-se que a primeira apresenta uma quantidade expressiva de aparições da categoria de ‘uso de diagramas para explicitar conceitos, propriedades e estruturas’, assim como a Aula 02, o que se justifica pela necessidade de definir o átomo moderno e por ainda estar relacionada à mecânica quântica. E assim como visto na discussão sobre as aulas 01 e 02, a função e forma do diagrama está diretamente relacionada com o conteúdo químico.

Quadro 15 - Categorias e frequência – Aula 03



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Quadro 16 - Categorias e frequência – Aula 04



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Desde imagens amplamente utilizadas em diferentes níveis de ensino (Figura 35) para se referir às partículas subatômicas, até o uso tabelas com informações numéricas sobre as partículas (Figura 36), a Docente constrói a visão dos estudantes sobre o átomo se atendo aos diagramas já existentes. Por isso, podemos dizer que predominou ação de uso ao longo da Aula 03, como mostrado no Quadro 16.

Na primeira parte da Aula 03, identificamos um certo cuidado tomado pela Professora, expressado na figura da variedade de formas diagramáticas utilizadas por ela ao apresentar a definição do átomo. Até então, outras concepções de átomo já haviam sido discutidas, de modo que, nesse momento, podemos considerá-lo como sendo um termo polissêmico, ou seja, sua compreensão depende do tipo de teoria utilizada para defini-lo. Nersessian (1989), afirmou que aprender em Ciências envolve um processo de mudança conceitual, no qual os estudantes precisam reconstruir sua compreensão anterior, formada a partir de conceitos intuitivos, para que as novas estejam de acordo com um outro sistema teórico. Em nosso caso, seria como uma mudança de conceitos anteriormente trabalhados na própria disciplina, para compreender as diferentes perspectivas sobre um mesmo objeto (átomo). Por isso, o cuidado da Professora em detalhar as características dessa nova concepção de átomo a partir de diagramas nos parece adequado para o contexto da disciplina.

Figura 36 - Representação do Átomo.

Figura 35 – Definições de Carga e valores de Massa.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A partir da segunda metade da aula a Docente começa a trabalhar as propriedades periódicas dos elementos, de modo que a grande maioria das unidades de registro relacionadas a categoria de ‘combinação de diagramas para obter respostas teóricas’ está ligada a discussões sobre a tabela periódica. A Figura 37, por exemplo, mostra a Professora utilizando a Tabela

Periódica em conjunto com o diagrama de distribuição eletrônica pra definir os padrões existentes entre os elementos e suas camadas de valência. Aqui, começamos a explorar uma das várias possibilidades de compreensões que se pode ter a partir da observação da Tabela Periódica. Para Surdos e ouvintes, a compreensão das regras e características desse diagrama é fundamental na trajetória de aprendizagem da Química.

Figura 37 - Distribuição eletrônica + Tabela Periódica.

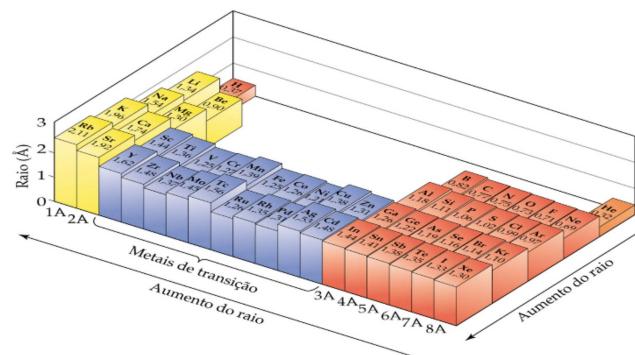
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O salto dos conteúdos expostos na Figura 35 e 36 para a Figura 37 reforçam o que afirmou Nersessian (1989), sobre a compreensão dos conceitos científicos se dar de forma progressiva, envolvendo processos de mudanças conceituais. Compreendemos o movimento de explicar a estrutura do átomo, suas subpartículas, contabilizá-las, vincular esse valor ao número atômico, para, então, mostrar como existe uma periodicidade determinada por esse mesmo número e que é base para organização de um dos artefatos cognitivos mais relevantes da Química: a Tabela Periódica.

Seguindo, então, para o ensino das propriedades periódicas da Aula 04, segundo a abordagem da Professora, o tipo de diagrama mais adequado para as reflexões sobre as propriedades periódicas se torna mais pronunciado na lista que organiza as categorias da Aula 04. Começamos, portanto, chamando atenção para a quantidade de classificações de ações como ‘combinar’ e ‘comparar’, que pressupõem a utilização de dois ou mais diagramas. No primeiro caso em uma relação somativa e, no segundo caso, em uma perspectiva de diferenciação. Como se trata duas aulas envolvendo o ensino das propriedades periódicas, é coerente a presença dessas ações na atuação da Professora, visto que sempre há o estudo da propriedade em relação a um ou mais elementos, tendo então a tabela periódica como um todo colaborando em uma relação de adição, ou em uma relação de comparação.

Como a Aula 03 está dividida entre temáticas diferentes, ao falar sobre Tabela Periódica a Docente discutiu apenas a sua estrutura, distribuição eletrônica dos elementos e o cálculo da carga formal. A categoria de maior recorrência na Aula 04, aparece apenas duas vezes na Aula 03. Estamos nos referindo ao ‘uso de diagramas para discutir relações entre grandezas’ (Quadro 17). Em diferentes momentos, através de um diagrama da Tabela Periódica que organiza a intensidade de uma propriedade alternando os níveis de cada elemento em um gráfico, a Docente explica as várias propriedades periódicas como raio atômico, energia de ionização e afinidade eletrônica (Figura 38). A relação entre a altura das colunas nos permite deduzir quais são os elementos com maior ou menor valor de raio atômico, e são importantes ao organizarem visualmente a propriedade que poderia ser exibida inicialmente apenas com os valores numéricos.

Figura 38 - Tendências para o Raio Atômico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nesse sentido, o raciocínio diagramático proposto a ser realizado a partir desse tipo de diagrama, segundo Hoffman (2013, p. 107) “permite reduzir o custo cognitivo na solução de problemas individuais e colaborativos, em tomadas de decisão e em conflitos de gerenciamento por meio de representações externas”. Percebe-se que a Docente, diante de várias propriedades periódicas, utiliza os diagramas como um artefato para conduzir os discentes a compreender os padrões, no lugar de apenas decorar as tendências através de setas, como é realizado, normalmente, na educação básica.

A segunda categoria que se destaca é a de manipular diagramas para explicitar conceitos, propriedades e estruturas. Acerca disso, lançaremos mão de um exemplo que envolve a discente Surda. A Figura 39 mostra a Professora realizando modificações em um diagrama que muito se assemelha ao utilizado na primeira aula e já discutido anteriormente neste trabalho. Trata-se de um diagrama em que o núcleo do átomo é representado por um círculo preenchido,

e os níveis eletrônicos através de linhas curvas. Nesse momento a Docente manipula um diagrama anterior, que era composto por apenas três níveis de energia e adiciona mais dois níveis, com o intuito de discutir sobre qual seria a intensidade da força de atração do núcleo por um elétron ainda mais externo.

Figura 39 - Atração do núcleo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Docente expande o diagrama a partir de regras que ela mesmo havia estabelecido quando elaborou esta representação com os alunos pela primeira vez, e agora ela desfruta dos sentidos que já estão sedimentados e auxiliam na compreensão das propriedades que estão sendo discutidas, uma vez que não haverá a necessidade de empreender mudanças conceituais expressivas. Nesse cenário, após a Professora finalizar sua explicação, a ES fez uma colocação, interpretada pela IE que expressou a seguinte afirmação: “Então na terceira camada ela vai conseguir atrair mais do na quinta. É isso?”. Nesse momento, a Docente retoma o diagrama e confirma a afirmação realizada pela ES, que estava correta.

A inferência apresentada pela ES pode ter sido elaborada a partir da visualização da relação espacial que mostrava a distância dos níveis 3 e 5 com o núcleo. Com essa informação, a ES fez a proposição de que os elétrons do nível 3 vão sofrer uma força de atração mais expressiva. Podemos, portanto, considerar que o diagrama feito pela Docente foi inteligível para a ES, seguindo os princípios de elaboração de diagramas (Farias, 2008).

Entretanto, na mesma aula, ocorreu um outro episódio com o diagrama já conhecido do átomo, porém com um efeito diferente. O episódio engloba três categorias principais: especificação de diagrama pré-existente, combinação de diagramas para explicitar conceitos, propriedades e estruturas, e, por fim, combinação de diagramas para explicitar fenômenos. O episódio tem ao todo nove minutos e quatro segundos (09min04s), e discute algumas características sobre a Energia de Ionização.

De modo geral, a Professora inicia o episódio chamando atenção para a configuração eletrônica do Alumínio presente abaixo da tabela exposta por intermédio de um slide, cujo diagrama havia sido especificado com a inserção das distribuições eletrônicas do Alumínio após cada processo de ionização (Figura 40).

Figura 40 - Especificação de diagrama em slide.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com um gesto dêitico, ela mostra a primeira ionização do Alumínio, sempre próxima ao slide, apontando diretamente para as informações disposta pelo recurso (Figura 41). Não estamos apresentando na imagem, porém os IE estavam constantemente ao lado da Docente, direcionando o olhar da ES para os mesmos locais.

Figura 41 - Gestos de apontamento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em seguida, reforçando novamente a lista de orbitais, ela pergunta aos alunos quantas quadriculas são necessárias para formar o orbital s. A Docente, lançando mão do quadro, anota a resposta, representando o diagrama de quadrículas a fim de expor e endossar sua explicação (Figura 42). Ela constrói um diagrama que os auxilia a compreender o que está acontecendo com a configuração do elemento em questão (Figura 40). Através das setas representando os

elétrons, a Professora destacou a semelhança da configuração eletrônica adquirida pelo Alumínio e a configuração do gás nobre Hélio.

Figura 42 - Diagrama de quadrículas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Porém, quando a Docente retorna para explicar como seria a configuração da próxima ionização do Alumínio a ES, oralizada pela IE, interrompe a fala da Professora dizendo que não havia compreendido o que ela estava ensinando. Nesse momento a Docente finaliza a frase que estava dizendo anteriormente e se dirige para o canto esquerdo do quadro, exatamente em frente à ES. A Professora começa a representar o modelo do átomo (Figura 43), assim como feito anteriormente (Figura 39) para refletir sobre a atração do núcleo sobre os elétrons e a definição do raio atômico.

Figura 43- Diagrama Al.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No evento anterior, destacamos como o conhecimento da discente Surda sobre essa representação, que vem sendo utilizada pela Docente em variados contextos, a auxiliou na compreensão das relações de atração entre o núcleo e os elétrons em diferentes níveis de energia. Entretanto, na situação representada pela Figura 43, a ES chega à conclusão de que a

Professora está representando o mesmo fenômeno discutido anteriormente, das transições eletrônicas. A Docente imediatamente nega a afirmação da ES e explica novamente que se trata do fenômeno de ionização de um elemento.

Em Peirce (2017) compreendemos que a semelhança entre um objeto e o que o assemelha é pura possibilidade que é determinada no processo de semiose a partir de um interpretante. Nesse caso, vemos a ES associar as características visuais dos modelos apresentados e considerá-los como próprios de um mesmo fenômeno. Isso nos alerta para o fato de que, dada a relevância que a visualidade assume no processo de aprendizagem dos Surdos, por vezes informações que a nós parecem bem discriminadas, por vezes só são porque estão acompanhadas de um discurso oral, e não são autônomas na relação icônica com seu objeto.

A partir disso, podemos evidenciar que o interpretante a ser gerado a partir de um signo diagramático não está sobre controle do professor, mas pode sim ser influenciado pelo ambiente, na figura das ferramentas que serão utilizadas para fundamentar o raciocínio. Nesse sentido, os diagramas podem ser parte de uma pedagogia visual e estar integrado às ações docentes visando a produção multimodal. Entretanto, é necessário considerar que as informações serão recebidas pelos estudantes Surdos pelo canal visual e, portanto, não é suficiente apenas a presença dos diagramas, mas também a reflexão sobre a sua função pedagógica, respeitando, por exemplo, o tempo de produção da Libras e o campo visual do Surdo. Para que uma ação multimodal não produza, por fim, um tipo de poluição visual que em nada contribuirá para a aprendizagem dos conhecimentos químicos.

A visualidade, característica muito importante para os Surdos, também é um aspecto essencial para os diagramas. Peirce, como um ouvinte, refletia sobre os hipoícones diagramáticos como quem tinha a compreensão visual caminhando em conjunto com as expressões orais e a escuta. Ainda, sim, o autor vinculou o diagrama ao raciocínio necessário (CP 5.162), e reafirmou a importância⁸⁵ da organização visual/espacial dos diagramas (CP 2.778), para expressar relações e produzir algum sentido em relação a algum objeto.

Agora, podemos pensar sobre os processos cognitivos de educandos Surdos, envolvendo diferentes tipos de inferências, e que ocorrem também a partir de um raciocínio diagramático. Podendo o diagrama ser concebido visualmente, ainda mais podemos relacioná-lo ao universo dos Surdos. Principalmente quando compreendemos que os mesmos possuem habilidades mais pronunciadas quando se trata da percepção pela visão.

⁸⁵ Aqui falamos da importância e não da impossibilidade de um diagrama não ser visual.

Portanto, assim como também percebido pela análise do primeiro bloco de aulas de Química Geral, estamos lidando com um contexto investigativo em que os diagramas estiveram amplamente presentes durante diferentes momentos da disciplina, sendo aplicados para diferentes funções.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo investigar as características e funções da linguagem diagramática como artefato semiótico nas estratégias pedagógicas voltadas para a inclusão de estudantes Surdos em aulas de Química no Ensino Superior. Para tanto, lançamos mão da teoria Semiótica de Charles Sanders Peirce, juntamente com uma perspectiva externalista da cognição, além de uma abordagem metodológica qualitativa, combinando registros audiovisuais das aulas e encontros com a Docente, categorizados pela técnica da Análise de Conteúdo. As reflexões aqui apresentadas contribuíram para uma melhor compreensão do papel da linguagem diagramática (materializada em diagramas-token) no ensino de Química, especialmente em um contexto de inclusão, ao estabelecer conexões entre representações visuais e a construção do conhecimento químico por estudantes Surdos.

Os resultados evidenciaram a linguagem diagramática como parte integrante do ensino de Química, uma vez que estrutura um ambiente propício para o raciocínio e a construção de representações visuais lógicas, por exemplo, para a comunicação de conceitos abstratos. Nesse sentido, determinou-se a presença da linguagem diagramática a partir de classificações de ação e de objetivos pedagógicos, os quais, juntos formavam os diferentes tipos de categorias.

Em um panorama geral, a categoria com maior frequência ao longo das 14 aulas foi relativa ao ‘uso de diagramas para explicitar conceitos, propriedades e estruturas’. Esse fator reforçou a ideia de que a linguagem Química já é em si fundamentalmente diagramática e, por isso, a Docente lançou mão de diferentes diagramas que não eram nada além do que constituintes já estabelecidos da linguagem Química. Todavia, a pré-existência de um volume considerável de diagramas-token na linguagem química não impediu a Docente de realizar ações criativas envolvendo a elaboração de novos diagramas, combinação e comparação, para atender os seus objetivos pedagógicos.

De forma ampla, foi identificado um valor relevante de momentos em que um diagrama estava sendo utilizado durante as aulas. Compreendemos que isso se deu devido as escolhas pedagógicas da Docente que estavam apoiadas em suas bases epistemológicas educacionais. Somado a isso, a Docente já havia vivido uma experiência com discentes Surdos, além de ter sido anteriormente orientada pelo Núcleo de Acessibilidade e Inclusão da universidade. Nesse sentido, a partir de encontros com a Docente, compreendeu-se de que muitas das ações registradas como diagramáticas foram empreendidas intencionalmente pela Professora, para favorecer os aspectos visuais do conteúdo e colaborar com a inclusão da ES.

Observou-se, também, que a Docente investigada utilizava diagramas não apenas como uma ferramenta de ensino, mas também como um meio de organizar o próprio raciocínio durante as aulas. Já para a estudante Surda, a linguagem diagramática se mostrou particularmente relevante ao criar novas possibilidades de acessar e interpretar conteúdos que, tradicionalmente, são transmitidos por meios predominantemente verbais.

Além disso, foi possível verificar que a integração da linguagem diagramática com outros modos semióticos, como a Libras, a produção oral e os gestos, ampliou as possibilidades de aprendizagem da estudante Surda. A observação detalhada das interações pedagógicas revelou que a Docente, ao utilizar diagramas em conjunto com gestos e apontamentos, promovia uma abordagem mais acessível e eficaz para a comunicação de ideias químicas. Esse aspecto reforça a importância de uma pedagogia visual no ensino de Química para surdos, na qual múltiplos recursos semióticos são utilizados de forma coordenada para facilitar o entendimento dos conteúdos.

A correspondência entre os objetivos propostos e os resultados alcançados confirma a relevância da linguagem diagramática como relevante para a inclusão de estudantes surdos no ensino de Química, ao estruturar uma abordagem visual robusta e lógica. Ainda, a análise das categorias evidenciou que os diagramas não apenas compuseram o entendimento da estudante Surda sobre os conceitos químicos, mas também estimularam a participação ativa da Docente na construção de estratégias pedagógicas mais inclusivas, em resposta às demandas que emergem a partir do contexto estudado. Dessa forma, a pesquisa contribuiu para o campo da educação inclusiva ao destacar a importância de abordagens visuais e diagramáticas como artefatos mediadores do conhecimento.

Apesar das contribuições da presente investigação, destacamos que a pesquisa se centrou na análise dos diagramas utilizados pela professora, sem aprofundar o impacto direto dessas representações na aprendizagem da estudante Surda. Sendo assim, futuras investigações poderiam ampliar essa abordagem, explorando diferentes contextos educacionais e analisando o efeito dos diagramas na retenção e na compreensão dos conceitos químicos pelos estudantes surdos.

Com base nos achados desta pesquisa, sugere-se que estudos futuros explorem novas formas de integrar a linguagem diagramática ao ensino de Química para Surdos, considerando aspectos como a interação com a Libras e a adaptação de materiais didáticos para melhor atender às necessidades desse discentes. Além disso, seria interessante investigar como os Docentes podem ser melhor preparados para utilizar diagramas de maneira eficaz em suas práticas pedagógicas.

Por fim, esta pesquisa reafirma a importância de estratégias pedagógicas visuais e diagramáticas para a inclusão de estudantes Surdos no Ensino Superior. A valorização da linguagem diagramática não apenas colabora com a aprendizagem dos conceitos químicos, mas também contribui para a construção de um ambiente educacional que estabiliza as semioses por ser um nicho de artefatos cognitivos, no qual todos os estudantes possam acessar e compreender o conhecimento de forma plena. Dessa maneira, espera-se que os resultados aqui apresentados incentivem novos debates e pesquisas sobre o ensino de Química e a inclusão de estudantes Surdos, contribuindo para o avanço das práticas educacionais inclusivas.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. F. B.; ALMEIDA, P. C. A. Formação de Professores no Brasil e na América Latina na perspectiva da educação inclusiva. **Revista Formação em Movimento**, v. 2, n. 4, p. 575-596, 2020.
- AIZAWA, A.; GIORDAN, M.; NETO, A. B. S. **A Lembrança Estimulada por Vídeo como ferramenta de análise dos modos gestuais de licenciandos de Química**. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017.
- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma metodologia para análise da dinâmica entre zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula. In: SANTOS, F. M. T. dos; GRECA, I. M. (org.) **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, p. 239-296, 2006.
- ANDRADE, T. S.; SILVA, E. L. Dialogismo e apropriação de aspectos enunciativos por meio da produção de contos na formação de Professoras de Química. **Quím. nova esc.**, v. 43, n° 1, p. 62-73, FEVEREIRO 2021.
- ANSCHÜTZ, R. August Kekulé, Vol. I e II, **Verlag Chemie**, Berlin, 1929.
- ATÃ, P.; QUEIROZ, J. Nicho de artefatos semióticos e externalismo cognitivo. **DeSignis**, n. 35, p. 0211-227, 2021.
- ATÃ, P; QUEIROZ, J. Semiosis is cognitive niche construction. **Semiotica**, v. 2019, n. 228, p. 3-16, 2019.
- BALZAC, H. La Recherche de l'absolu. **La comédie humaine**, v. 10, p. 674, 1976.
- BANDEIRA, A.; VIDON, L. Transculturalidade na cultura surda: uma proposta possível? **Revista Diálogos**, v. 8, n. 3, p. 61 - 73, 2020.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 3^a reimpressão da 1^a Edição de 2016. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BAUER, M. Análise de conteúdo clássica: uma revisão. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som** 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2008. p. 189-217.
- BAVELIER, D., HIRSHORN, E. I see where you're hearing: how cross-modal plasticity may exploit homologous brain structures. **Nature Neurosci** 13, 1309–1311 (2010). <https://doi.org/10.1038/nn1110-1309>
- BELEI, R. A., GIMENIZ-PASCHOAL, S. R., NASCIMENTO, E. N., & MATSUMONO, P. H. V. R. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de educação**, n. 30, 2008.
- BELL, J. **Como realizar um projeto de investigação** (5^a edição). Lisboa: Gradiva, 2010.
- BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M.; VILELA-RIBEIRO, E. B. Educação Inclusiva, ensino de Ciências e linguagem científica: possíveis relações. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 28, n. 51, 2015.
- BENSAUDE-VINCENT, B., STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget. 1992
- BERZELIUS, J. J. Essay on the cause of chemical porportion, and on somecircuntaces related to them. **Annals of Philosophy**. v. 3, p. 51 - 62, 1814.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, K. S. **Investigação qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Ed., 1994.

BOZZI, R. A.; CATÃO, V. Formação Profissional e Experiências dos Professores de Química da UFV na Inclusão Educacional de Surdos. **Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química**, v. 2, n. 1, p. e022105-e022105, 2021.

BRASIL. **Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005**. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras, e o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 2005, Seção 1, p. 28-29. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm>. Acesso em: abr. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002**. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 25 de abril de 2002. Seção 1, p. 23. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/cCivil_03/LEIS/2002/L10436.htm>. Acesso em: abr. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.191, de 3 de agosto de 2021**. Altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), para dispor sobre a modalidade de educação bilíngue de surdos. Diário Oficial da União, Brasília, 04 de agosto de 2021. Seção 1, p. 1. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.191-de-3-de-agosto-de-2021-336083749>>. Acesso em: abr. 2023.

BROWN, T. L.; BURSTEN, B E; LeMAY, E. E; MURPHY, C; STOLTZFUS, M E.; WOODWARD, P. **Química: a ciência central**. 13^a. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1229 p., 2016.

BUTON, F. (2008). L'éducation des sourds-muets au xixe siècle. Description d'une activité sociale. **Le Mouvement Social**, n° 223(2), 69-82. <https://doi.org/10.3917/lms.223.0069>.

CAMPELLO, A. R. **Aspectos da visualidade na educação de surdos**. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CANDAU, V. M. **Multiculturalismo e educação: desafios para a prática pedagógica**. In: Moreira, A. F. B.; CANDAU, Vera M. (Org.). **Multiculturalismo: diferenças culturais e práticas pedagógicas**. Petrópolis: Ed. Vozes, p. 13-37, 2008.

CARVALHO, A. M. P. de; GIL-PEREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 127 p.

CATÃO, V.; PEREIRA, K. L. Acessibilidade Linguística para um estudante surdo na disciplina de Química Fundamental do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Viçosa. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, v.18, n.2, jul./dez., 2018.

CLARK, A. Language, embodiment, and the cognitive niche. In: Trends in **Cognitive Sciences**, v.10, n.8, p.370-374, 2006.

CLARK, A. **Natural-born Cyborgs: Minds, technologies, and the future of human intelligence**. New York: Oxford University Press, 2004.

CLARK, A. **Supersizing the Mind: Embodiment, action, and cognitive extension**. Oxford: Oxford University Press, 2008.

CLARK, A. Word, niche and super-niche: How language makes minds matter more. **Theoria** 54. 255–268, 2005.

CLARK, A; CHALMERS, D. **The extended mind**. Analysis, Vol. 58, No. 1 (Jan., 1998), pp. 7-19, 1998.

- COSTA, P. H. S.; SILVA, M F de A. O método pragmático de Charles S. Peirce. **Revista Metávoia, São João Del Rey**, v. 13, p. 19-32, 2011.
- CROMACK, E. M. P. C. Identidade, cultura surda e produção de subjetividades e educação. **Psicologia Ciência e Profissão**, Brasília, 2004, n. 24.
- CUNHA, Maria Isabel da. Docência na universidade, cultura e avaliação institucional: saberes silenciados em questão. **Revista Brasileira de Educação**, v. 11, p. 258-271, 2006.
- DAMÁZIO, M. F. M.; ALVES, C. B. Atendimento educacional especializado na perspectiva da educação inclusiva para pessoa com surdez: seu pensar, sentir e fazer. In: GOMES, Robéria Vieira Barreto; FIGUEIREDO, Rita Vieira de; SILVEIRA, Selene Maria Penaforte, FACCIOLE, A M. (orgs.). **Políticas de inclusão escolar e estratégias pedagógicas no atendimento educacional especializado**. Fortaleza: UFCE; Brasília: MC&C, 2016. 192p.
- DE MILT, C. The congress at Karlsruhe. **Journal of Chemical Education**, v. 28, n. 8, p. 421, 1951.
- DE TIENNE, A. Peirce's Definitions of the Phaneron. In: Charles S. Peirce and the Philosophy of Science. Papers from the Charles S. Peirce Sesquicentennial Congress. 2007. p. 279-88.
- DEROSSI, I.; FREITAS-REIS, I. A visão de ciências e de ensino de química de Justus von Liebig no século XIX. **Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur**, p. 305, 2019.
- DEROSSI, I.; FREITAS-REIS, I. Justus von Liebig (1803-1873): vida e ensino no laboratório de química. **Educación química**, v. 29, n. 1, p. 89-98, 2018.
- DONDERO, M G; FONTANILLE, Jacques. **The Semiotic Challenge of Scientific Images. A Test Case for Visual Meaning**. Legas Publishing, Ottawa, Canada, 2014.
- DUARTE, S. B. R., CHAVEIRO, N., FREITAS, A. R. D., BARBOSA, M. A., PORTO, C. C., FLECK, M. P. D. A.. Aspectos históricos e socioculturais da população surda. **História, Ciências, Saúde**, Rio de Janeiro, v.20, n.4, out.-dez, 2013.
- ELLIOTT, M. J.; STEWART, K. K.; LAGOWSKI, J. J. The role of the laboratory in chemistry instruction. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 1, p. 145, 2008.
- FABBRICHESI, R. O pensamento icônico e diagramático na obra de Peirce. In: QUEIROZ, J.; MORAES, L. (Orgs.). **A lógica de diagramas de Charles Sanders Peirce: implicações em ciência cognitiva, lógica e semiótica**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2013, p. 17-48.
- FARIAS, P. L. O conceito de diagrama na semiótica de Charles S. Peirce. **Tríades em Revista**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2008.
- FARIAS, P. QUEIROZ, J. **Visualizando signos:** modelos visuais para as classificações sínrgicas de Charles S. Peirce. São Paulo: Blucher, 2017. 150 p.
- FAUQUE, D. 1919-1939: the first life of the union. **Chemistry International**, v. 41, n. 3, p. 2-6, 2019.
- FERNANDES, J. M., SALDANHA, J. C., LESSER, V., CARVALHO, B., TEMPORAL, P., SOUZA FERRAZ, T. A. Experiência da elaboração de um sinalário ilustrado de química em libras. **Experiências em ensino de ciências**, v. 14, n. 3, p. 28-47, 2019.
- FERNANDES, J. M.; FREITAS-REIS, I. Estratégia didática inclusiva a alunos surdos para o ensino dos conceitos de balanceamento de equações químicas e de estequiometria para o Ensino Médio. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 39, n. 2, 2017.

- FERNANDES, J. M.; FREITAS-REIS, I.; ARAÚJO NETO, W. N. Uma revisão sistemática sobre semiótica, multimodalidade e ensino de ciências da natureza na educação do aluno surdo. **Revista Educação e Linguagens**, v. 9, n. 17, p. 400-432, 2020.
- FERREIRA-BRITO, L. **Por uma gramática de línguas de sinais**. Rio de Janeiro, RJ: Tempo Brasileiro, 1995.
- FRANCO, J. R.; BORGES, P. M. O conceito de diagrama em Peirce: uma leitura semiótica para além da gramática especulativa. **Cognitio-Estudos: revista eletrônica de filosofia**, v. 14, n. 1, p. 45-54, 2017.
- FREIRE, P.. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 68^a ed. Rio de Janeiro/ São Paulo: Paz e Terra, 2021a.
- FREIRE, P.. **Pedagogia do oprimido**. 77^a ed. Rio de Janeiro/ São Paulo: Paz e Terra, 2021b.
- FREITAS-REIS, I., DEROSSI, I. N., PINTO, M. F., REIS, J. B. A. Um equipamento para a análise orgânica no século XIX: Justus von Liebig e a pesquisa química. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 3697-3702, 2017.
- GAGO, P. C. 5) Questões de transcrição em análise da conversa. **Veredas-Revista de Estudos Linguísticos**, v. 6, n. 2, 2002.
- GAMBARATO, R.R. 2005. Aventura de diagramas no país dos signos. **Significação: Revista de Cultura Audiovisual**, 32(23):113-126.
- GARCEZ, A.; DUARTE, R.; EISENBERG, Z. Produção e análise de vídeogravações em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, v. 37, p. 249-261, 2011.
- GATTI, B. A. A construção metodológica da pesquisa em educação: desafios. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**, v. 28, n. 1, 2012.
- GAZDAG, E.; NAGY, K.; SZIVÁK, J. “I Spy with My Little Eyes...” The use of video stimulated recall methodology in teacher training—The exploration of aims, goals and methodological characteristics of VSR methodology through systematic literature review. **International Journal of Educational Research**, v. 95, p. 60-75, 2019.
- GESUELI, Z. M. Lingua(gem) e identidade: a surdez em questão. **Educ. Soc.**, vol. 27, n. 94, p. 277-292, jan./abr. 2006.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.
- GILE, D. **Basic Concepts and Models for Interpreter and Translator Training**: Revised edition. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2009.
- GIORDAN, M.; SILVA-NETO, A. B.; AIZAWA, A. Relações entre gestos e operações epistêmicas mediadas pela representação estrutural em aulas de Química e suas implicações para a produção de significados. **Química nova na escola**, v. 37, n. 1, p. 82-94, 2015.
- GONZALEZ, I. M. **Composição Química: estudos semióticos e psicológicos**. 2016. 252p. 2016. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- HOFFMANN, M. H. G. “Theoric transformations” and a new classification of abductive inferences. **Transactions of the Charles S. Peirce Society: a quarterly journal in American Philosophy**, v. 46, n. 4, p. 570-590, 2011.
- HOFFMANN, M. H. G. Diagrams as Scaffolds for Abductive Insights. In: AAAI Workshops, North America, 2010.

- HOFFMEYER, J. **Semiosis and living membranes**. In: FARIAS, P. & QUEIROZ, J. (Eds.). Advanced Issues on Cognitive Science and Semiotics. Shaker Verlag, pp. 19-36, 2006.
- HOFFMEYER, J. The semiotic niche. **Journal of Mediterranean Ecology**, v. 9, p. 5-30, 2008.
- HUTCHINS, E. Cognitive artifacts. In: WILSON, R. A.; KEIL, F. C. (orgs.). **The MIT encyclopedia of the cognitive sciences**. Cambridge, MA: The MIT Press, p. 126-128, 1999.
- HUTCHINS, E. **Cognition in the wild**. Cambridge: The MIT Press, 1995.
- JARDIM, P. L. **Teatro Surdo em Porto Alegre**: narrativas de formações artísticas. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: 2022.
- JEFFERSON, E. A. Gail. Glossary of transcript symbols with an introduction. In: Lerner, G. H. (Ed.). **Conversation Analysis: Studies from the First Generation**. John Benjamins Publishing Company, p. 13-31, 2004
- JESUS, A. **As contribuições socioantropológicas para o debate sobre deficiência, surdez e a inclusão de Libras na educação**. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Ciências Sociais. Florianópolis – SC. 63 f., 2023.
- KAVALEK, D. S.; DEL PINO, J. C.; ANTÔNIO, M.; RIBEIRO, P.; SOUZA, D. O. A transição entre a linguagem diagramática para a discursiva no ensino de química: um estudo no conceito de átomo. REEC: **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 18, n. 2, p. 413-431, 2019.
- KEKULÉ, A. **Lesrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen**. Erlangem: F. Enke, vol. 1, 1861.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011a.
- LAVOISIER, A. L. **Traité élémentaire de chimie** t. 1. Paris : Chez Cuchet, 1789.
- LEÃO, G. B. de O. e S.; SOFIATO, C. G.; OLIVEIRA, M.de. A imagem na educação de surdos: usos em espaços formais e não formais de ensino. **Revista Educação**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 51-63, mar. 2017.
- LEISCESTER, H. M. **The Historical Background of Chemistry**. New York: Dover Publications, pp. 189-198, 1971.
- LEO, R. F. O pensamento icônico e diagramático na obra de Peirce. In: QUEIROZ, J.; MORAES, Lafayette de (orgs.). **A lógica de diagramas de Charles Sanders Peirce: implicações em ciência cognitiva, lógica e semiótica**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2013. p. 13-44. 224 p.
- LIMA, C. M. C. F.; SILVA, J. L. PB. Classificação Das Substâncias Químicas: Um Conceito Pouco Explorado Na Educação Química. **Química Nova**, v. 44, p. 484-492, 2021.
- LOIZOS, P. Vídeo, filme e fotografias como documentos de pesquisa. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som** 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2008. p. 137-155.
- LOPES, M. C. A mediação material e sínica no processo de integração de crianças surdas. In: SKLIAR, Carlos (Ed.), **Educação & exclusão: Abordagens sócio-antropológicas em educação especial**. Porto Alegre: Mediação. 5^a ed., 2006, p. 81-104.

- LOPES, M. C.; VEIGA-NETO, A. Marcadores culturais surdos: quando eles se constituem no espaço escolar. **Perspectiva**, vol.24, n.03, pp.81-100, 2006
- LOPES, S. M.; BARBOSA, N. M. C.; OLIVEIRA, L. Análise de poesia em Libras com base na teoria de experiência estética de Jauss. **Estudos de Literatura Brasileira Contemporânea**, 2022.
- LUKÁCS, G., **Para uma ontologia do ser social**, II. Tradução Nélia Schneider, Ivo Tonet, Ronaldo Vielmi Fortes. São Paulo: Boitempo, 2013.
- LYNN, M. A. TEMPLETON, D. C., ROSS, A. D., GEHRET, A. U., BIDA, M., SANGER, T. J., PAGANO, T. Successes and Challenges in Teaching Chemistry to Deaf and Hard-of-Hearing Students in the Time of COVID-19. **Journal of Chemical Education**, Washington, n. 97, 2020.
- MAAR, J. H. Aspectos históricos do ensino superior de química. **Scientiae Studia**, v. 2, p. 33-84, 2004.
- MAAR, J. H. J. von Liebig, 1803-1873. Parte 1: vida, personalidade, pensamento. **Química Nova**, v. 29, p. 1129-1137, 2006.
- MACHADO, I. Diagramática do pensamento: a modelização espacial dos códigos e dos sistemas de cultura. **Questões Transversais**, v. 3, n. 6, 2015.
- MAIA, G. K. P. O Ensino de Ciências Sob o Olhar da Cultura Surda. **Línguas & Letras**: , [S. l.], v. 20, n. 48, 2020.
- MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química: professor/pesquisador**. 4^a ed. – Ijuí: Ed. Unijuí, 422p., 2020.
- MARTINS, I. Dados como diálogo: construindo dados a partir de registros de observação de interações discursivas em salas de aula de ciências. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. A **pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. 1. ed., Rio Grande do Sul: Ijuí, 2006.
- MELONI, R. A.; BIANCO, A.A. G. As Representações de Diagramas de Níveis de Energia dos Elétrons em Livros Didáticos de Química-1960/1970. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 8, n. 3, p. 377-393, 2022.
- MORET, M., GRISONI, F., KATZBERGER, P., SCHNEIDER, G.. Perplexity-based molecule ranking and bias estimation of chemical language models. **Journal of chemical information and modeling**, v. 62, n. 5, p. 1199-1206, 2022.
- NERSESSIAN, N J. Conceptual change in science and in science education. **Synthese**, v. 80, n. 1, p. 163-183, 1989.
- NYE, M.J. **Before big science**: the pursuit of modern chemistry and physics, 1800-1940. Cambridge: Harvard University Press, 1996.
- OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, p. 1072-1082, 2009.
- OLIVEIRA, R. C. Os (des)caminhos da identidade. **RBCS**, Vol. 15, nº 42, p. 7-21, fevereiro, 2000.
- OLIVEIRA, R. D. V. L; QUEIROZ, G. R. P. C. (Orgs). **Tecendo diálogos sobre direitos humanos na educação em ciências**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

- OLIVEIRA, W. D. de; BENITE, A. M. C. Estudos Sobre a Relação entre o Intérprete de LIBRAS e o Professor: Implicações para o Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte - MG, v. 15, n° 3, 2015.
- PEIRCE, C S. How to Make Our Ideas Clear. **Popular Science Monthly** 12 (2): 286–302. 1878.
- PEIRCE, C. S. **Collected Papers of Charles S. Peirce**, vols. 1-6, Hartshorne, C; Weiss, P. (Eds.); vols. 7-8, Burks, A.W. (Ed.), Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press, 1931-58. (Citado como CP, seguido do volume e página).
- PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, (3. Reimpr. da 4^a ed. de 2010), 2017.
- PEIRCE, C. S. **On a New List of Categories**. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences 7 (1868), pp. 287-298, 1868.
- PEIRCE, C. S. **The New Elements of Mathematics**. The Hague: Mouton, 1976.
- PEIRCE, C. S. The Fixation of Belief. **Popular Science Monthly** 12 (1): 1–15, 1877.
- PEREIRA, K. L. **A significação de conceitos químicos: estudo semiótico referente à ação coformadora do intérprete de libras em uma sala de aula com surdo**. Dissertação (Mestrado em Química). Departamento de Química. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2020.
- PEREIRA, K. L.; CATÃO, V. Reflexões sobre o “Novo Educador” frente a uma Educação Intercultural: em foco o professor de Química e os desafios postos pela inclusão educacional dos Surdos. In: FREITAS-REIS, Ivoní de; FERNANDES, Karine Gabrielle; DEROSSI, Ingrid Nunes (Org.). **Discussindo o Ensino de Ciências da Natureza a partir da Formação de Professores, Inclusão e História da Ciência**. Curitiba: Brazil Publishing, 1^aed., 2020, p. 13-25.
- PEREIRA, L. L. S; BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C. Aula de Química e Surdez: sobre Interações Pedagógicas Mediadas pela Visão. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 1, 2011.
- PERLIN, G. **Identidades surdas**. A surdez: um olhar sobre as diferenças. Porto Alegre: Mediação, v. 2000, p. 51-73, 1998.
- PERLIN, G. **O Lugar da Cultura Surda**. In: THOMA, Adriana da Silva; LOPES, Maura Corcini (Org.), A Invenção da Surdez: Cultura, alteridade, Identidade e Diferença no campo da educação, Santa Cruz do Sul, EDUNISC, 2004.
- PIZANO, G.; CATÃO, V.; GOMES, E. Ae. Sinais-termo em libras: uma proposta terminológica para favorecer a apropriação de alguns conceitos da termodinâmica química. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 4, 2021.
- POIRIER, D. La surdité entre culture, identité et altérité. **Lien social et Politiques**, n. 53, p. 59-66, 2005.
- POLANYI, M. **The Tacit Dimension**. Chicago: University of Chicago Press. 128 p., [1966] 2009
- POLLOCK, J. B. P. **Jackson Pollock** : Biography, Paintings, and Quotes.
- QUADROS, R. M. de & KARNOOPP, L. **Língua de sinais brasileira**: estudos linguísticos. ArtMed: Porto Alegre, 2004.
- QUEIROZ, J. Classificações de signos de C S Peirce: de ‘On the Logic of Science’ao ‘Syllabus of Certain Topics of Logic’. **Trans/form/ação**, v. 30, p. 179-195, 2007a.

- QUEIROZ, J. Linguagem, ferramentas e artefatos semióticos. **Galáxia**, n. 14, p. 37-43, 2007b.
- QUEIROZ, J. PEIRCE, CS Introdução à divisão 3-tricotômica de signos. **Cadernos de Estudos Lingüísticos**, v. 46, p. 2, 2004a.
- QUEIROZ, J. **Semiose segundo CS Peirce**. São Paulo: EDUC, 2004b.
- QUEIROZ, J.; ATÃ, P. Externalismo, iconicidade e cognição distribuída em CS Peirce. **ouvirouver**, v. 14, n. 1, p. 44-54, 2018.
- REES, S.; KIND, V.; NEWTON, D.. The development of chemical language usage by “non-traditional” students: the interlanguage analogy. **Research in science education**, v. 51, p. 419-438, 2021.
- REZENDE, L. G. G., PEREIRA, L. D. L. S., BENITE, A. M. C., & BENITE, C. R. M. Contribuições do uso da imagética no ensino de Ciências para Surdos. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 14, n. 1, p. 1-25, 2023.
- RUZZA, M. L. F. **Língua de Sinais, Cultura e Identidade**: o reconhecimento da Diferença Surda. **Culturas & Fronteiras**, v. 6, n. 1, p. 20-37, 2022.
- SÁ, N. R. L. **Cultura, poder e educação de surdos**. São Paulo: Paulinas, p. 311–322, 2006.
- SANTAIDE, M. S. B. Linguagem diagramática das redações escolares. **Prospectus** (ISSN: 2674-8576), v. 2, n. 2, 2020.
- SANTAELLA, L. Contribuições do pragmatismo de Peirce para o avanço do conhecimento. **Revista de Filosofia**, v. 16, n. 18, p. 75-86, 2004.
- SANTAELLA, L. **O que é semiótica?** São Paulo: Brasiliense, (Coleção Primeiros Passos, 19^a reimpr. da 1^a ed. de 1983), 2003.
- SANTAELLA, L. **A teoria geral dos signos: como as linguagens significam as coisas**. São Paulo: Pioneira, 2000.
- SANTAELLA, L. **Semiótica Aplicada**. São Paulo: Pionera Thomson Learning, 2005.
- SANTANA, A. P.; BÉRGAMO, A. **Cultura e identidade surdas**: encruzilhada de lutas sociais e teóricas. Educ. Soc., Campinas, vol. 26, n. 91, p. 565-582, Maio/Ago. 2005
- SANTIN FILHO, O. O Congresso de Karlsruhe-pressupostos e controvérsias. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 27, p. 22-54, 2023.
- SANTOS, J. L. **O que é Cultura?** 12^a reimpr. da 16^a ed. de 1996. São Paulo: Brasiliense, 2006.
- SANTOS, R. Q.; CUNHA, D. A.; MAGALHÃES, W. L. S. Cultura surda na universidade: motivações de candidatas ouvintes para estudar Libras. **Revista UFG**, v. 21, 2021.
- SCHEGLOFF, E. A. **Sequence organization in interaction**. Cambridge university press, 2007.
- SCHWALLER, P., LAINO, T., GAUDIN, T., BOLGAR, P., HUNTER, C. A., BEKAS, C., & Lee, A. A. Molecular transformer: a model for uncertainty-calibrated chemical reaction prediction. **ACS central science**, v. 5, n. 9, p. 1572-1583, 2019
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2017.
- SHUBERT, C. W.; MEREDITH, D. C. Stimulated recall interviews for describing pragmatic epistemology. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 11, n. 2, 2015, p. 1-15

SILVA, C. H. C. O Que é ser Surdo? Percepção e Sensibilidade para uma Ontologia da Surdez. **Kalagatos**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. eK24060, 2024. DOI: 10.52521/kg.v21i3.13900. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/kalagatos/article/view/13900>. Acesso em: 10 mar. 2025.

SILVA, E. F. A.; ARAÚJO, S. S. Colonialidade e Modernidade: um Complexo Legado na Integração da América Latina. **Cadernos Miroslav Milovic**, v. 1, n. 1, p. 41-46, 2023

SILVA, J. D. & ARAUJO NETO, W. N. Dr. Stone e ensino de química: Uma análise semiótica entre o animê e o mangá. In M. B. P. dos Santos, F. M. C. de Farias, & J. G. de Aguiar (Orgs.), **Práticas educativas em ensino de Ciências** (pp. 244–263), Argos/UFF, 2022.

SILVA, R. R.; BOTOMÉ, S. P.; SOUZA, D. das G. Ensino de química geral na universidade: relato de uma experiência para definição de objetivos de ensino. **Química Nova**, v. 9, n. 1, p. 80-9, 1986.

STJERNFELT, F. Diagramas: foco para uma epistemologia peirceana. In: QUEIROZ, João; MORAES, Lafayette de (Orgs.). **A lógica de diagramas de Charles Sanders Peirce: implicações em ciência cognitiva, lógica e semiótica**. Juiz de Fora: Editora UFJF, p. 45-78, 2013.

STROBEL, K. **As imagens do outro sobre a cultura surda**. Florianópolis : Ed. da UFSC, 2008.

STROBEL, K. L.; FERNANDES, S. **Aspectos linguísticos da língua brasileira de sinais**. 1. ed. Curitiba: SEED/SUED/DEE, 1998.

The International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). IUPAC. Who We Are. Disponível em <<https://iupac.org/who-we-are/>>. Acesso em julho de 2023.

VALADÃO, D. L.; ARAUJO NETO, W. Na; LOPES, J. G. L. Uma análise semiótica Peirceana no contexto de um episódio de aula de química orgânica no Ensino Superior. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 6, n. 2, p. 390-409, 2020.

VALADÃO, D.L. Semioses na sala de aula de Química Orgânica no Ensino Superior: um olhar a partir da perspectiva peirceana.312 f. 2021. Tese (Doutorado em Química) - Faculdade de Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021.

VIDAL, B. **História da química**. Tradução de António Filipe Marques. Lisboa: Edições 70, 1986.

VITRAL, L.; QUEIROZ, J. Gestures as diagrams from Peirce's mature semiotic. **Metodo. International Studies in Phenomenology and Philosophy**, v. 9, n. 1, p. 237-260, 2021.

WEININGER, D. SMILES, a chemical language and information system. 1. Introduction to methodology and encoding rules. **Journal of chemical information and computer sciences**, v. 28, n. 1, p. 31-36, 1988.

ZEICHNER, K M. **Formando professores reflexivos para a educação centrada no aluno: possibilidades e contradições**. São Paulo: UNESP, p. 35-55, 2003.

ZHAI, X., CHU, X., WANG, M., TSAI, C. C., LIANG, J. C., & SPECTOR, J. M. A systematic review of Stimulated Recall (SR) in educational research from 2012 to 2022. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2024.

ZHILIN, D. M. Measurement of the amount of information contained in a chemical equation (Preliminary estimation). **Russian Journal of General Chemistry**, v. 83, n. 6, p. 1299-1304, 2013.

ZINK, J. Peirce and the continuum from a philosophical point of view. In: Reuniting the Antipodes—Constructive and Nonstandard Views of the Continuum: Symposium Proceedings, San Servolo, Venice, Italy, May 16–22, 1999. Springer Netherlands, 2001. p. 303-316.