



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CAMPUS AGRESTE

NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

JOSÉ HENRIQUE BEZERRA DE LIMA

**O APRENDIZADO E A LUDICIDADE NO ENSINO DE QUÍMICA: UTILIZAÇÃO DE
FULLMETAL ALCHEMIST BROTHERHOOD COMO MEDIADOR NA
ABORDAGEM DA LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS**

CARUARU

2023

JOSÉ HENRIQUE BEZERRA DE LIMA

**O APRENDIZADO E A LUDICIDADE NO ENSINO DE QUÍMICA: UTILIZAÇÃO DE
FULLMETAL ALCHEMIST BROTHERHOOD COMO MEDIADOR NA
ABORDAGEM DA LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura em
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de graduado em
Licenciatura em Química.

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva

CARUARU

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Lima, José Henrique Bezerra de.

O aprendizado e a ludicidade no Ensino de Química: utilização de Fullmetal Alchemist Brotherhood como mediador na abordagem da lei da conservação das massas / José Henrique Bezerra de Lima. - Caruaru, 2023.

99 p. : il., tab.

Orientador(a): João Roberto Rátis Tenório da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. Signos. 2. Aprendizagem. 3. Recursos Lúdicos. 4. Trajetória da Aprendizagem. 5. Conceitos Científicos. I. Silva, João Roberto Rátis Tenório da. (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

JOSE HENRIQUE BEZERRA DE LIMA

**O APRENDIZADO E A LUDICIDADE NO ENSINO DE QUÍMICA: UTILIZAÇÃO DE
FULLMETAL ALCHEMIST BROTHERHOOD COMO MEDIADOR NA
ABORDAGEM DA LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura em
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de graduado em
Licenciatura em Química.

Aprovado em: 31/07/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Roberto Rátis Tenório da Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Eduardo Ramos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Euzébio Simões Neto (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho a todos interessados em aprendizagem, mais especificamente
envolvendo obras de ficção científica.

AGRADECIMENTOS

É muito importante ser grato a todos aqueles que nos trouxeram lições na vida. O fruto desse trabalho não é apenas o que eu vivenciei nos meus anos de universidade, mas uma junção do que vivi durante a minha vida. Por isso, agradeço a todos que passaram e me deixaram alguma lição, alguma experiência e aprendizado de vida. Principalmente meus professores, que desde o ensino infantil e fundamental me estimularam a aprender e a continuar sendo o menino curioso que sempre fui.

Agradeço também a meus pais, família, amigos e minha parceira de vida que me aconselham e influenciam todos os dias a me tornar uma pessoa melhor nos mais variados aspectos. Sem vocês o meu dia-a-dia não seria o mesmo, sem o suporte de vocês eu não estaria aqui. Agradeço também aos meus colegas e amigos de graduação, que compartilharam tantos momentos ricos de aprendizado, de raiva e de muitas risadas. Agradeço aos meus professores da universidade, que me auxiliaram muito e me ensinaram demais durante todo o processo de graduação. Agradeço a professora Ana Lúcia Galvão Leal Chaves, por ter sido a minha primeira orientadora, em seu projeto de pesquisa, que me trouxe muitos ensinamentos sobre como ser mais humano nesses tempos que vivemos. Também não poderia deixar de ressaltar a importância do meu orientador, João Roberto Ratis Tenório que é simplesmente brilhante, muito atencioso e o modelo de profissional que quero seguir. Também o responsável por me apresentar os autores e o caminho para que eu pudesse pesquisar o que gosto, obrigado por todas as correções, sugestões e aprendizados.

Obrigado a todos vocês que me fizeram chegar até aqui e vão me permitir continuar indo cada vez mais longe. Sem o suporte de todos vocês esse trabalho não teria sido possível e eu não seria quem eu sou. Obrigado.

RESUMO

Este trabalho aborda a importância dos signos na aprendizagem da lei da conservação das massas. O anime Fullmetal Alchemist Brotherhood foi utilizado como recurso lúdico na mediação da aprendizagem. Através da análise dos turnos de interação das atividades propostas em formato de estudo de caso, observou-se a trajetória da aprendizagem desse conceito utilizando o Modelo de Trajetória da Aprendizagem (MTA). Os resultados destacam a importância da variedade de signos e abordagens, bem como as nuances que ocorrem na trajetória de aprendizagem de um conceito científico. As conclusões ressaltam a necessidade de fornecer aos alunos os signos adequados e promover o pensamento crítico, a fim de desenvolver compreensões suficientes dos conceitos científicos.

Palavras-chave: Signos; Aprendizagem; Recursos Lúdicos; Trajetória da Aprendizagem; Conceitos Científicos.

ABSTRACT

This paper addresses the importance of signs in learning of mass conservation. The Fullmetal Alchemist Brotherhood animation was used as a ludic and visual resource to learning mediation. Through the analysis of the participants' interaction in this case study format activities, the learning trajectory was observed using the Learning Trajectory Model (LTM) as the methodological tool. The results highlight the importance of the variety of signs and approaches, as well as the nuances that occur in the learning trajectory of a scientific concept. The conclusions emphasize the need to provide students with appropriate signs and promote critical thinking in order to develop an adequate understanding of scientific concepts.

Keywords: Signs; Learning; Ludic Resources; Learning Trajectory; Scientific Concepts.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1	APRENDIZAGEM NA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL	13
3.2	A SEMIÓTICA DE CHARLES PEIRCE	17
3.3	PLEROMATIZAÇÃO E ESQUEMATIZAÇÃO: DOIS TIPOS DE MEDIAÇÃO	19
3.4	APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA ABORDAGEM SEMIÓTICA	29
3.5	A LUDICIDADE E O ENSINO DE QUÍMICA	36
3.6	FILMES E SÉRIES COMO RECURSOS LÚDICOS	38
3.7	FICÇÃO CIENTÍFICA E O ENSINO DE CIÊNCIAS	40
3.8	ANIMES E O ENSINO DE QUÍMICA	44
3.9	A ALQUIMIA E FULLMETAL ALCHEMIST BROTHERHOOD	46
3.10	LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS E O ENSINO DE QUÍMICA	50
4	METODOLOGIA	55
4.1	PARTICIPANTES	55
4.2	COLETA DE DADOS	56
4.3	ANÁLISE DOS DADOS	58
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1	ANÁLISE DO PROBLEMA	61
5.2	ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO	73
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
	REFERÊNCIAS	92
	APÊNDICE A - PLANO DE AULA	98

1 INTRODUÇÃO

Muitos estudos feitos no decorrer dos anos (CLEMINSON, 1990; MATTHEWS, 1991; STINNER, 1992; HODSON, 1993; POMEROY, 1993; DÉSAUTELS et al., 1993; KOULALIDIS e OGBORN, 1995; THOMAZ et al., 1996, apud PÉREZ et al. 2001), mostraram que o processo de ensino e aprendizagem, podem corroborar com a criação de visões deformadas da construção do conhecimento e do trabalho científico, destacando que os estudantes possuem uma noção popular da ciência (PÉREZ et al., 2001), sem conhecer a fundo os conceitos científicos e sua real aplicabilidade. Essa problemática influencia diretamente no trabalho docente evidenciando uma inconsistência no ensino de Química.

A problemática supracitada pode acontecer decorrente da forma como os conteúdos são abordados em sala de aula, frequentemente descontextualizados e reproduzidos de forma mecanizada, que colaboram (negativamente) para que o aluno aprenda o conteúdo de uma forma superficial e incoerente, que não reflete o conceito científico estudado. Essa problemática, segundo Sastre e Moreno (2003, p. 143), é de natureza complexa, ou seja, não é simples de ser resolvido, visto que a aprendizagem trata-se de um campo complexo e abrangente, não sendo possível apontar apenas uma condição que seja responsável por inviabilizar o ensino de Química.

Nesse sentido, o profissional docente pode não conseguir resolver a problemática sozinho, mas, ativamente buscar novos métodos, formas e condições para viabilizar o ensino de Química. O docente também deve refletir se a forma com que os conteúdos são abordados, em alguns contextos, é suficiente para que se tenha uma compreensão adequada do conhecimento científico em sua profundidade.

Dessa forma, é de suma importância que o professor tenha consciência de trazer, em sua prática docente, elementos que dialoguem com o contexto de vida dos alunos e que possibilitem uma melhor compreensão dos conceitos científicos trabalhados em sala de aula. Assim, um dos possíveis recursos que podem contribuir com uma melhor compreensão dos conceitos da Química é a utilização de recursos lúdicos, que, de acordo com Messeder Neto e Moradillo (2015), podem exercer tanto a função de elemento motivador, colaborando para um ambiente de aprendizagem mais acolhedor, mais divertido e propício, quanto de ferramenta

didática que pode vir a contribuir para que os estudantes aprendam os conceitos científicos de forma mais assertiva (MESSEDER NETO e MORADILLO, 2015). Segundo os autores, o elemento lúdico cumpre essa função, pois pode dialogar com a forma de pensar dos estudantes, ajudando no processo de construção de significados.

Vale ressaltar que, neste trabalho, consideramos que toda ação humana no ambiente é mediada por signos (ZANELLA, 2004), que indica que o processo de construção do conhecimento também é mediado por eles. O signo, é um elemento que está relacionado com o pensamento e pode ser entendido como uma representação de uma ideia, ou seja, é uma entidade que carrega em si uma mensagem ou significado. Segundo Peirce (1894), podem existir três tipos de signos, sendo eles: ícone, índice e símbolo. Nesse sentido, Valsiner (2007) também versa sobre a estrutura dos signos, alegando que podem se configurar como signos-ponto ou signos-campo, sendo um signo-ponto uma forma de transformar a complexidade de uma experiência em algo simplificado e reduzido, enquanto que o signo-campo é transformar essa complexidade em um signo que possui um campo de interpretação heterogêneo, mantendo sua complexidade.

Assim, de acordo com a perspectiva adotada por este trabalho, a interação do ser humano com o mundo só pode ser feita de forma indireta, ou seja, sempre haverá algo que medeia a interação entre o mundo natural e o humano. Essa mediação é feita por meio do que Cabell (2010) chamou de mediadores semióticos, que são ferramentas intra e interpessoais que dão sentido ao mundo e às suas relações. Dessa forma, as condições nas quais qualquer fenômeno psicológico acontece está relacionado com o contexto do qual ele emergiu.

Diante disso, consideramos que a aprendizagem pode ser construída a partir da relação entre aspectos afetivos e cognitivos mediado por signos. Para compreender essa relação, adotamos o Modelo de Trajetória de Aprendizagem (MTA) de Silva (2023) em que é possível identificar como a mediação semiótica influencia na construção de significados. Este modelo foi desenvolvido por meio do estudo e diálogo entre as abordagens teóricas de Vygotsky (1962) e Valsiner (2006). Vygotsky (1962) aborda a diferença entre o conhecimento científico e o conhecimento adquirido do cotidiano, das experiências do dia a dia. Para ele, os

conceitos cotidianos são construídos por experiência própria, enquanto que conceitos científicos são construídos sob alguma forma de instrução. Assim, os conhecimentos cotidianos serviriam de base para conhecimentos científicos, indo do mais concreto para o mais abstrato. Já no trabalho produzido por Valsiner (2006) é apresentado um modelo teórico que diferencia os níveis de abstração na construção de significados. No seu trabalho, é apresentada duas formas de mediação: esquematização e pleromatização. A esquematização é caracterizada por signos verbais, icônicos ou simbólicos generalizados. A pleromatização é representada por signos hiper-generalizados que também estão relacionados a objetos concretos, mas representam um campo conceitual mais complexo na formação de significados.

Dessa forma, dado os pressupostos supracitados sobre o entendimento de formação de conceitos científicos, considerando o processo de aprendizagem mediado pela cultura, em que estão presentes elementos semióticos, temos como objetivo geral analisar a construção de significado da lei da conservação das massas utilizando como ferramenta de análise a atuação dos signos mediadores presentes na série de animação Fullmetal Alchemist Brotherhood.

Assim, tendo como objeto de estudo deste trabalho o processo de aprendizagem, levantamos o seguinte problema de pesquisa: como estudantes que estão cursando o 2º ano do Ensino Médio constroem significados sobre a lei conservação da massa a partir do papel mediador e regulador dos signos presentes na utilização do anime Fullmetal Alchemist?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a aprendizagem de estudantes do 2º ano do Ensino Médio na abordagem da lei da conservação das massas com a utilização da animação Fullmetal Alchemist Brotherhood como recurso mediador da aprendizagem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a aprendizagem dos participantes a partir da utilização do Modelo de Trajetória da Aprendizagem (MTA);
- Identificar como os signos da série influenciam na aprendizagem dos alunos, a partir da mediação via esquematização e pleromatização.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A seguir, iremos apresentaremos as bases teóricas que fundamentam o presente trabalho. Assim, discutiremos a aprendizagem na perspectiva sociocultural, mediação semiótica e o papel do lúdico na aprendizagem, mais especificamente das obras de ficção. Esta seção tem por objetivo proporcionar o embasamento teórico à pesquisa, contextualizando a problemática abordada e apresentando as pesquisas e discussões do tema por outros autores e teóricos da área.

3.1 APRENDIZAGEM NA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL

Vygotsky, que elaborou a teoria psicológica da aprendizagem na perspectiva sociocultural, nasceu na União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) pós revolução, empenhada na construção de uma sociedade socialista. Assim, como reflexo de seu contexto, o seu trabalho é uma abordagem teórica da psicologia (transposta para a realidade pedagógica), de base marxista, que visa compreender e explicar, de forma dialética, a gênese social do psiquismo da pessoa humana concreta, de forma ontológica, na sua integridade, que dá a possibilidade de se pensar e orientar o pensar e o agir do professor, em sua atividade profissional, intervindo de forma intencional na formação social da personalidade humana consciente de seus alunos (TEIXEIRA e BARCA, 2019).

A noção desenvolvida no trabalho de Vygotsky evidencia que o funcionamento psicológico acontece por meio de mediadores que têm a sua origem do meio sócio-histórico-cultural. Ele acreditava que o trabalho intelectual pode ser entendido como uma analogia aos instrumentos do trabalho físico. Assim, como o trabalho físico é mediado por instrumentos de trabalho, o trabalho intelectual é mediado por signos, que são os agentes mediadores de origem sociocultural supracitados (ABREU, 1996). Dessa forma, a essência do desenvolvimento cognitivo é referente a internalização de mediadores culturais.

Primeiramente, Vygostky (1984) afirmou que uma operação mental, que inicialmente representava uma atividade externa ao indivíduo, é reconstruída e começa a ocorrer internamente. Por exemplo, a noção de átomo, que inicialmente era representada por uma esfera maciça, com o passar do tempo foi substituída pela

representação quântica, que sai da concretude para uma base completamente matemática.

Assim, afirma que essa internalização só pode acontecer primeiro do campo interpessoal para o campo intrapessoal. Vygotsky (1984) disse que todas as funções do desenvolvimento de uma criança acontecem duas vezes, primeiramente no nível social (interpsicológico) para o nível individual, no interior da criança (intrapicológico). Como por exemplo, em sala de aula, quando um professor ministra uma aula, o primeiro contato do aluno com o conteúdo é por meio da interação com o professor, e depois esse conhecimento é significado e internalizado individualmente pelo aluno.

Vygotsky (1984) também trás o aspecto de construção à tona, afirmando que essa transformação de um processo interpessoal para intrapessoal não acontece instantaneamente, mas é o resultado de uma longa série de eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento da internalização. Por exemplo, em sala de aula, os conceitos não são internalizados na primeira vez que um professor explica, e muito menos da mesma forma que o professor explicou, é um processo de construção de significados gradativa.

Dessa forma, podemos compreender que as duas etapas trazidas por Vygotsky descrevem o desenvolvimento humano, primeiramente através dos signos disponíveis na cultura e também através dos signos providos da interação social. Principalmente no âmbito da educação, se os signos da interação social forem providos por um professor que possui conhecimento sobre os sistemas de signos (do que ele quer ensinar), explicitando o importante papel da educação enquanto promotora do desenvolvimento humano (ABREU, 1996).

Para Freitas (2000), Vygotsky entende o homem como um ser histórico e produto de relações sociais. Ele relaciona os fatores sociais com a mente, para construir o psiquismo numa perspectiva semiológica, em que o signo tem uma função geradora e organizadora dos processos psicológicos. O autor considera que a consciência é engendrada no social, a partir das relações que os homens estabelecem entre si, pela mediação da linguagem. Segundo a autora, não existem signos internos, na consciência, que não tenham sido engendrados na trama ideológica semiótica da sociedade.

Na perspectiva educacional da teoria vygotskyana, segundo Neves e Damiani (2006), tal teoria de Vygotsky se contrapunha às ideias vigentes à época, e entendia que a aprendizagem não era uma mera aquisição de informações, não acontecia a partir de uma simples associação de ideias armazenadas na memória, mas era um processo interno, ativo e interpessoal. A perspectiva sociocultural da educação pode ser entendida como o processo de humanização caracterizado pela apropriação dos bens culturais produzidos pela humanidade no decorrer da história (SFORNI, 2015).

Dessa forma, tendo em vista a realidade e as necessidades educativas do contexto vigente, a escola continua sendo um lugar de mediação cultural, e tem o poder de viabilizar a educação formal, que se constitui como uma prática cultural intencional de produção e internalização de significados para, dentro dos seus limites, promover o desenvolvimento cognitivo, afetivo e moral dos indivíduos (LIBÂNEO, 2004).

Para Vygotsky o processo de desenvolvimento cognitivo não pode acontecer de maneira independente do processo de educação, como defendiam algumas teorias da psicologia vigentes na época. Ele afirmou que não existe desenvolvimento social da personalidade humana consciente sem a intervenção da educação. A educação, para ele, passa a ser entendida como o processo de formação da personalidade e que deve ter por objetivo pleno desenvolvimento dos alunos, como sujeitos que constroem ativamente sua história e participam da história social da humanidade em imanência com sua existência social (TEIXEIRA e BARCA, 2019).

Outra noção que foi apontada por Vygotsky (1986) é que o pensamento pode ser modificado através da internalização de novos sistemas de signos. Também explicita a diferença entre os signos do conhecimento do cotidiano, chamados conhecimentos espontâneos, e o conhecimento formal ensinado na escola. Segundo ele, o tipo de saber é qualitativamente diferente e que o conhecimento científico só pode ser apreendido em situações de cooperação sistemática entre professor e aluno. O conhecimento espontâneo pode ser adquirido sem instrução e vem da experiência concreta do sujeito com o mundo. Esse conhecimento precede o conhecimento científico, servindo de base para a sua apreensão e construção de significados. O conhecimento científico é sistemático, diferentemente do anterior, e é mais complexo em termos de organização e conceituações. O sistema de signos que envolve o conhecimento científico é diferente do conhecimento espontâneo pois

necessita de um nível de abstração simbólico e linguístico para os fenômenos do dia-a-dia. (VYGOTSKY, 1986)

Um mesmo fenômeno pode ser entendido em termos tanto do conhecimento espontâneo quanto do conhecimento científico. Numa aula de Química, por exemplo, o aluno aprende por meio do discurso (linguagem) do professor, e pode usar o conhecimento prévio e o conhecimento espontâneo, para relacionar termos, como relacionar uma molécula de octano como sendo a gasolina que abastece os veículos. Os alunos podem ter experiência concreta de saber o que é gasolina mas só estuda as suas propriedades quando se utiliza o sistema de conhecimento científico. Nesse sentido, elaboramos a Tabela 1 baseada em Silva (2023) que ajuda a relacionar e compreender a diferença apontada por Vygotsky (1986) entre esses dois tipos de conhecimento:

Tabela 1: conhecimento espontâneo x conhecimento científico

Tipo	O que o caracteriza		Definição	Exemplo
Conhecimento espontâneo	Da experiência concreta até a abstração.	No dia-a-dia as pessoas têm noções baseadas em sua experiência de peso, calor, vivendo pode-se ter uma noção desses conceitos mas sem uma conceituação definida.	São conhecimentos que não são baseados em um sistema de conhecimento e dependem da sua experiência concreta com o mundo.	Um objeto pode ser pesado ou leve, esse conhecimento vem de sua concretude no mundo.
Conhecimento científico	Parte da abstração linguística para explicar um fenômeno do mundo concreto.	As pessoas quando aprendem os conceitos de massa, peso, temperatura e calor podem relacionar com a experiência concreta do dia-a-dia.	São sistemas organizados que se baseiam em modelos complexos propostos para explicar a realidade.	O peso é diferente da massa, sendo o peso uma força e a massa é referente a uma quantidade de matéria.

Fonte: própria

Ambos os conhecimentos são necessários para a significação e construção de conhecimento, em que eles se relacionam. O conhecimento espontâneo pode preceder o científico, mas com a conceituação científica também pode-se relacionar com as noções do dia-a-dia quando os fenômenos estudados são concretos. Para isso, é necessário entender um pouco mais como funciona a semiótica, que estuda a construção dos significados.

3.2 A SEMIÓTICA DE CHARLES PEIRCE

Semiótica é uma palavra derivada originalmente da palavra grega *semeion*, que significa um sinal, marca ou símbolo que identifica uma coisa e como ela é conhecida ou diferenciada de outra coisa. A semiótica estuda a semiose, os processos de construção de significados por meio de signos (NÖTH, 1990). Esse sistema é inerente à natureza de significação humana, e por meio dos signos interpretamos o mundo. É através desse meio artificial diverso e da atividade simbólica que as pessoas vivem a complexa rede da experiência humana (INNIS, 2020).

Innis (2020) também afirma que essas relações simbólicas são ao mesmo tempo o produto e a matriz geradora da diversa atividade humana. O autor chama a atenção para um dos trabalhos de John Dewey em que chamou a linguagem de “a ferramenta das ferramentas,[...] a mãe carinhosa de todo significado” (DEWEY, 1925, p.146 apud INNIS, 2020) mas não no sentido dos produtos filhos da linguagem como a arte, mito, religião, ritual, matemática, política, que são muito profundos mas são apenas derivativos da linguagem e da mediação semiótica, se desenvolvem a partir da matriz determinante e dos princípios da linguagem. A linguagem entendida em seu sentido mais amplo inclui não apenas discursos ou gestos escritos ou orais, mas também, ritos, cerimônias, monumentos e os produtos das artes industriais e das belas artes (INNIS, 2020).

O pensamento, segundo Peirce (1931-1958, p. 534, apud INNIS, 2020), pode ser entendido da seguinte forma:

Pensar sobre nós mesmos é pensar com signos e sobre signos, e a linguagem é o meio que esse pensamento é realizado. Pois, o pensamento é um tipo de condutor, e ao mesmo tempo ele é controlável por ele mesmo. Mas, o controle intelectual do pensamento ocorre pensando sobre o pensamento. Todo

pensamento é por signos; e até os mais ignorantes usam signos. Mas talvez eles raramente pensem neles como signos. Fazer isso é um segundo passo no uso da linguagem (PEIRCE 1931-1958, p. 534, apud INNIS, 2020, tradução nossa).

Este segundo passo reflexivo revela sistemas de pensamento que diferem, logicamente, da forma no qual a linguagem se manifesta, mesmo que não fosse possível sem ela. Os signos funcionam como mediadores que ligam um sujeito ao mundo, natural e social, com o qual é possível interagir.

Dessa forma, Peirce (1894) defende a ideia que existem elementos no mundo que influenciam na consciência humana. O principal pressuposto do seu trabalho é o entendimento do seguinte conceito: “todo raciocínio é uma interpretação de signos de algum tipo” (PEIRCE, 1894, traduzido por JORGE, 2007). Ele aponta que existem três estados da mente, que são: sentimento, reação e lei, bases para o entendimento dos três tipos de signos que existem no processo de representação humana, que são: ícone, índice e símbolo.

Os ícones representam a ideia de uma coisa por imitar ela mesma, como um desenho de alguma coisa ou uma fotografia. Os índices indicam algo sobre as coisas, porque apenas a semelhança de algo não é capaz de expressar nenhuma informação, ou seja, o índice pode ser uma descrição sobre um objeto (podendo até ser de tempo e espaço) que indica uma informação, como uma placa com uma seta que indica a direção e fluxo de uma rua ou um mapa que indica as coordenadas geográficas de um local específico. Já um símbolo pode ser entendido como um sinal aceito por um grupo de pessoas e é capaz de expressar uma ideia que vai ser entendida. Por exemplo, podemos afirmar que as próprias palavras escritas neste trabalho são símbolos, ou uma cédula de dinheiro. Contudo, apesar de terem ideias bem distintas, a classificação dos signos não impede que um objeto possa ser classificado em mais de um tipo de signo. Um mapa, por exemplo, é tanto um desenho do terreno real (ícone) ao mesmo tempo que indica a localização, pois está atrelado a um sistema de medida (índice). O ícone não tem uma conexão dinâmica com o objeto que ele representa, apenas tem qualidades parecidas (PEIRCE, 1894, traduzido por JORGE, 2007).

O índice está fisicamente conectado com o objeto ao qual diz respeito, mas essa conexão não implica em nada além dela mesma. Enquanto que o símbolo é relacionado com o objeto por meio do significado que o objeto tem, ou seja, o significado é expresso simbolicamente, então ele denota um tipo de coisa. Todo

pensamento humano é composto a partir de signos e toda interação do ser humano com o mundo também é feita de forma mediada por tais signos. Se alguém cria um novo símbolo, ele só pôde ter sido criado por meio de pensamentos que envolvem conceitos previamente elaborados e apreendidos pelo sujeito, logo, todo raciocínio pressupõe uma mistura dos signos e sua organização na mente para construção do conhecimento, de acordo com a perspectiva semiótica adotada neste trabalho.

Assim, a interação dos sujeitos com o mundo só pode ser feita de forma indireta, por meio de mediadores semióticos (CABELL, 2010). As condições dos fenômenos semióticos estão relacionadas com os contextos originários, que é referente ao sentido que o mundo tem para o indivíduo, e dar sentido é um processo ativo em que o indivíduo cultiva a noção de si mesmo e do ambiente ao seu redor (CABELL, 2010). Consequentemente, o indivíduo age como um ator semiótico, que cria significados utilizando-se dos signos para interagir com o mundo e com o seu meio social.

Dessa forma, dado os pressupostos supracitados, a aprendizagem é mediada pelos signos presentes no processo. A construção do conhecimento se dá por intermédio da interação entre os elementos da natureza, sociais e o indivíduo. Assim, a aprendizagem depende, de acordo com o entendimento de Almeida e Antunes (2005, p. 11), não só dos conteúdos apropriados, mas da significação desses conhecimentos pelo indivíduo, ou seja, o sentido pessoal, e do tipo de apropriação que foi realizado, se baseando em conceitos espontâneos ou científicos e por quais caminhos que esse conhecimento chegou a ele.

Nesse sentido, é possível perceber a importância da significação pessoal e, é necessário compreender quais os fatores que a influenciam. Essa significação está diretamente atrelada à subjetividade do sujeito, que é perpassada pelos elementos afetivos que o compõem, que tem peso direto no sentido pessoal que a aprendizagem tem para ele, sendo esse processo perpassado também pela linguagem como meio de manifestação dessa significação.

3.3 PLEROMATIZAÇÃO E ESQUEMATIZAÇÃO: DOIS TIPOS DE MEDIAÇÃO

Slunecko e Hengl (2007) afirmam que a linguagem não pode ser desatrelada do significado do que é ser humano. Os autores afirmam que não é sensato considerar os humanos como seres que em um determinado momento foram capazes de desenvolver a linguagem, como se fosse algo externo ao humano. Os humanos simplesmente não podem ser encontrados fora dela (SLUNECKO e HENGL, 2007). A linguagem, então, segundo os autores, apresenta-se como a ferramenta que permite abandonar radicalmente os instintos para confiar no aprendizado (SLUNECKO e HENGL, 2007). Por meio dela, o ser humano é capaz de socializar as experiências culturais e individuais, e assim, gerar significado.

Assim, essa significação de acordo com Bruner (p. 69, apud RODRIGUEZ, 2007, tradução nossa) "o próprio significado é um fenômeno culturalmente mediado que depende da existência prévia de um sistema de símbolos compartilhados". Bruner, de acordo com a autora, também concluiu que não é possível tratar a linguagem separadamente de sua função, como uma sintaxe autônoma e unidade semântica. A comunicação, segundo Rodríguez (2007) tem repercussões práticas pois tudo que se faz e toda comunicação é dada por palavras. E uma noção importante que se tem que ter com relação aos signos da linguagem é a diferença entre um signo e uma interpretação de signos. Por exemplo, existem signos naturais na linguagem como a palavra árvore, que significa o próprio objeto, mas não existe interpretação natural.

Segundo Rodríguez (2007), as interpretações são o produto de uma construção cognitiva, de um certo ponto de vista que é ensinado a ter, que não é inerente ao ser humano, mesmo que muitas pessoas compartilhem desse ponto de vista, as formas de pensar são ensinadas. Dessa forma, é importante entender que a interpretação dos signos é mediada socialmente e culturalmente por uma forma ensinada de interpretar o mundo. A natureza da existência ou produção de um signo não pode se confundir com a natureza da sua compreensão. A compreensão implica um consenso no que diz respeito à aceitação social do significado concedido por uma comunidade em um determinado tempo (ECO, 1973/1988, apud RODRÍGUEZ, 2007).

Mas Valsiner (2006) argumenta que a linguagem não é o único meio de significação através de signos. Dessa forma, o autor argumenta que a partir dos signos, a mediação semiótica vai acontecer em duas linhas paralelas que são

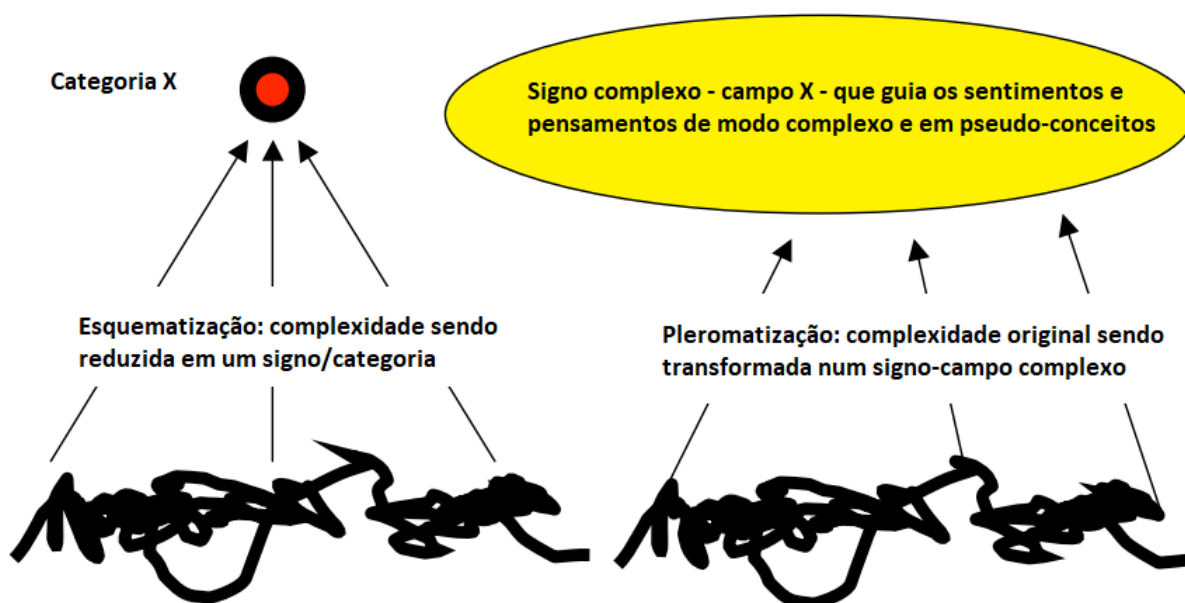
chamados de esquematização e pleromatização. O autor afirma que toda a nossa interação com o mundo passa por essas duas formas de mediação que estão interconectadas, e como toda a diversidade semiótica pode ser gerada a partir desses dois fenômenos psicológicos que acontecem a todo momento de raciocínio (VALSINER, 2006). O uso da esquematização e pleromatização são os processos mentais de simplificar, generalizando os objetos ou conceitos e de tornar complexo, respectivamente, pelo uso de signos.

Valsiner (2006) afirma que muito do esforço humano é de simplificar e generalizar o mundo de sua complexidade natural para codificar a complexidade em linguagem e tornar acessível para o controle social e para todas as pessoas, mas o processo de simplificação, que é chamado de esquematização, faz com que a interpretação do mundo e de suas relações acabe perdendo um pouco da riqueza, da diversidade, afetiva e mental, e que as pessoas perdem a profundidade pessoal e interpessoal. O autor afirma que a esquematização transforma o mundo das experiências humanas, complexas, em um esquema simplificado que facilita o entendimento, sendo capaz de codificar a complexidade dos objetos em uma categoria lógica. Uma forma corriqueira de esquematização é o uso da linguagem, utilizando esquemas representativos para descrever objetos, processos, experiências, etc. A representação, por exemplo, de uma molécula Química é uma esquematização da substância concreta que ela representa, reduzindo a substância em uma categoria lógica, representativa, que dá sentido a ela para quem está estudando Química. Gráficos matemáticos também podem ser entendidos como uma esquematização de um fenômeno, reduzindo a sua complexidade, muitas vezes algo completamente abstrato, em um esquema lógico, facilitando o entendimento e a comunicação do fenômeno estudado.

Mas, é preciso levar em conta que os signos da linguagem (símbolos) não resumem todas as formas de mediação semiótica. Como citado, existem três tipos de signos, que foram categorizados por Peirce. Segundo Valsiner (2006), na semiótica encontramos também um interesse no papel do funcionamento de mediadores semióticos de ícone e índice. Utilizando-os, o papel homogeneizador dos símbolos da linguagem, que é estritamente simbólico, é “neutralizado” pela capacidade dos ícones e índices de proporcionar signos pictóricos complexos. Essa capacidade de trazer à tona a riqueza e complexidade, tanto cognitiva quanto afetiva

é chamada pelo autor de pleromatização que são representações hiper-ricas e hipergeneralizadas da realidade que representam, dessa forma, indo na direção contrária do que propõe a esquematização (VALSINER, 2006). Representa um processo mais complexo em que o campo de sentido é representado por signos hipergeneralizados guiados por movimentos afetivos, que criam uma profundidade de representação que a esquematização não consegue alcançar. Nesse sentido, o autor traz uma figura que exemplifica como funciona o processo de esquematização e pleromatização, reproduzida na Figura 1.

Figura 1: Processos de esquematização e pleromatização



Fonte: Valsiner (2006, p. 4, tradução nossa)

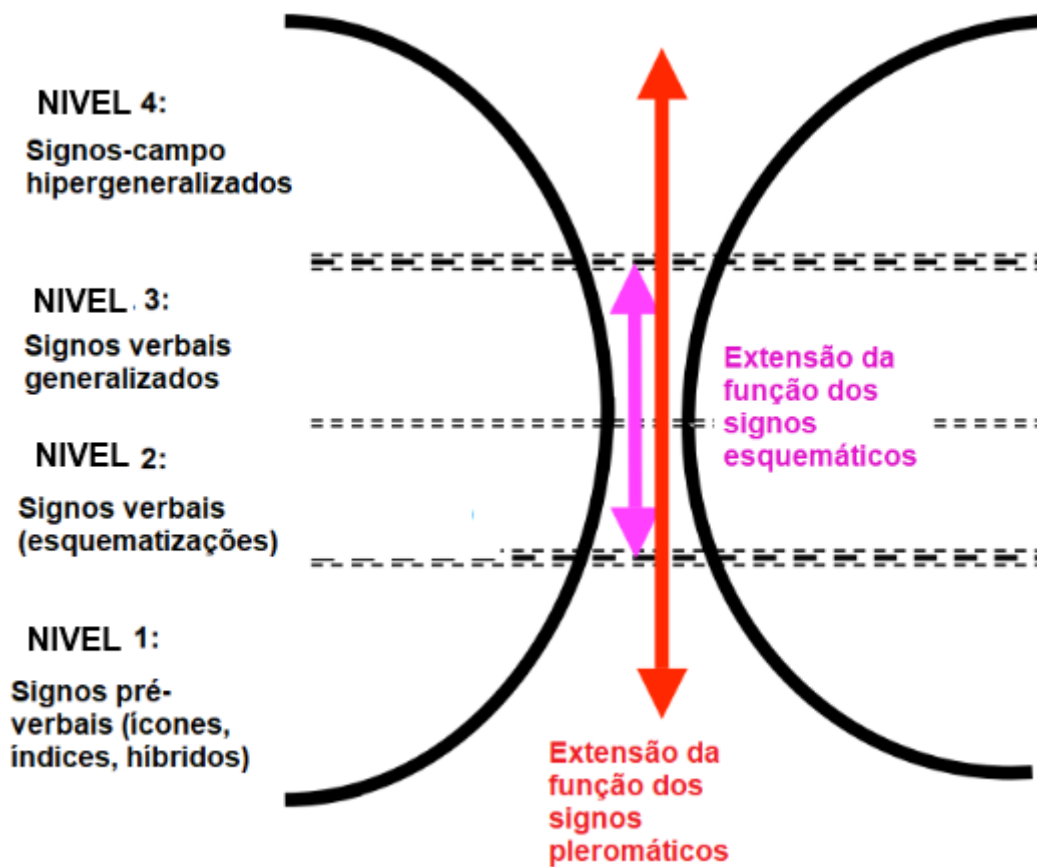
É possível verificar na figura 1 como os processos de pleromatização e esquematização funcionam a partir de um fenômeno vivenciado, transformando a complexidade, podendo reduzi-la a uma categoria ou transformá-la em um campo complexo. Assim, a significação de um signo pleromático, como citado anteriormente, é dado na forma de um campo de significados, diferentemente da esquematização que propõe que um campo de significado seja categorizado de forma lógica, ou seja, ocorre o processo contrário. As pessoas têm contato com a pleromatização por meio desses signos hipergeneralizados como formas híbridas de

ícones, índices e símbolos (signos esquemáticos) através da totalidade de significados que uma pintura, escultura, um filme ou um livro, podem expressar. Não é possível colocar em palavras todo o significado de uma obra artística a partir da intencionalidade do autor. Portanto, segundo Valsiner (2006) essa plenitude em um sentimento de incapacidade de colocá-los em palavras (a incapacidade de esquematizar a obra) representa uma mediação semiótica por meio da pleromatização, na qual a obra faz com que as pessoas entrem em contato com sentimentos diversos. Há uma heterogeneidade associada a isso, que é percebida quando diferentes pessoas constroem significados diferentes no contato com uma mesma obra de arte e tenta colocar essa experiência pessoal em palavras, através da esquematização, para explicar o que aquilo representa para ela, reforçando o aspecto pessoal da significação quando há um contato com um signo hipergeneralizado.

Assim, é interessante considerar que segundo Valsiner (2006), os signos hiper generalizados não são a mediação, mas a mediação é criada através deles, pelo sujeito que está tendo contato com eles, significando seu mundo psicológico pessoal através dos recursos simbólicos disponíveis. Para ele, os signos pleromáticos têm uma gama mais ampla de funções psicológicas do que os signos esquematizados. Esse papel mais amplo dos signos pleromáticos suporta os processos mentais de diferenciação e desdiferenciação (WERNER, 1957 apud VALSINER, 2006) como meio de preparação para uma adaptação às constantes mudanças que os sujeitos estão sujeitos.

Os signos pleromáticos tem uma amplitude de aplicabilidade semiótica maior que os signos esquematizados. Dessa forma, os signos pleromáticos permitem fazer sentido sem a mediação de palavras, define a experiência em nível maior que os signos pleromáticos conseguem promover. Na Figura 2 estão os níveis de mediação semiótica desenvolvidos por Valsiner (2006):

Figura 2: Níveis de mediação semiótica e o nível de atuação da esquematização e pleromatização.

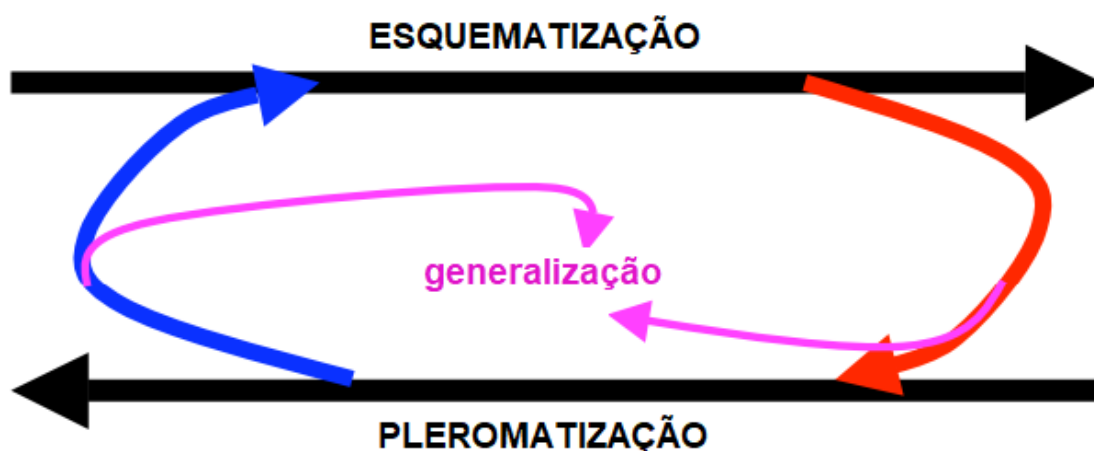


Fonte: Valsiner (2006, p. 13, tradução nossa)

Na Figura 2, Valsiner demonstra qual o campo de atuação dos signos pleromáticos, representado pela seta vermelha, e o campo de atuação da esquematização, que está representada pela seta rosa. Do lado esquerdo é possível observar os 4 níveis de mediação semiótica, sendo os signos: 1- Pré-verbal (ícone, índice, híbridos), 2- Verbal (esquematização), 3- Signos verbais generalizados, 4- Signos-campo hipergeneralizados. A Figura 2 mostra que o campo de atuação da esquematização vai do nível 2 ao nível 3, enquanto que a possibilidade de uso da pleromatização vai desde o nível 1 ao nível 4, desde os signos pré-verbais até os signos hipergeneralizados. Porém, o autor afirma que a relação entre a esquematização e pleromatização é de mútua alimentação em um *loop* infinito entre dois processos interdependentes de orientações opostas, pois, a riqueza de

experiências leva a formação de signos pleromáticos que são esquematizados para dar uma significação verbal. Já a abstração generalizada da esquematização leva ao surgimento de uma nova experiência pleromática no âmbito afetivo que alimenta a abstração dessa experiência semiótica, que reinicia o *loop* de significação. A Figura 3 mostra como os processos de esquematização e pleromatização estão ligados:

Figura 3: *Loop da esquematização e pleromatização*



Fonte: Valsiner (2006, p. 15)

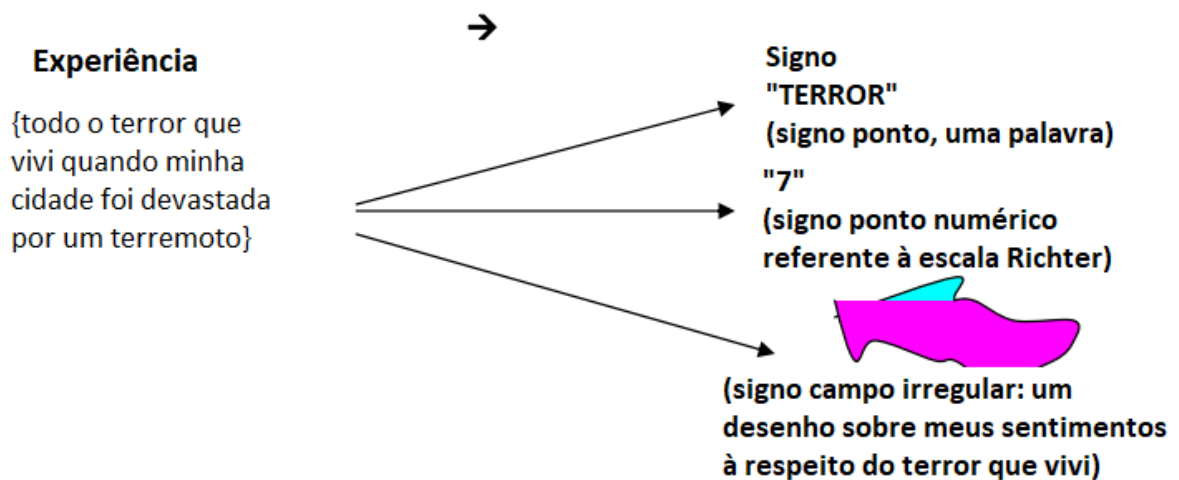
O funcionamento dessa unidade que representa a esquematização e a pleromatização, segundo Valsiner (2006) é garantida pela incerteza dos sujeitos, que vivem na borda do futuro e do passado, levando em consideração a irreversibilidade do tempo, a pessoa está sempre entre o que ela sabe (baseado em suas experiências de vida até o dado momento) e o que ainda não se é sabido mas é sugerido socialmente pelo uso dos mediadores semióticos. Esse processo interconectado faz parte do processo de significação pela complexa conexão de opostos (como a esquematização e a pleromatização) (JOSEPHS; VALSINER; SURGAN, 1999).

Os signos pleromáticos levam consigo a potencialidade de se relacionar com a afetividade do sujeito, nesse sentido, entendida como um dos aspectos que influenciam no processo de significação. Ela, segundo Pereira e Abib (2016), refere-se à capacidade do ser humano de ser afetado pelo mundo interno e externo, sempre acompanhado de sensações. Refere-se, então, ao sentido emocional que os

acontecimentos da vida tem para o indivíduo, ou seja, pode ser positivamente ou negativamente afetado por uma situação e lhe atribui um sentido particular. Cacheffo e Garms (2011, p. 9, apud PEREIRA e ABIB, 2016) afirmam que entre as implicações da afetividade no desenvolvimento humano, existe uma relação indissociável com a cognição, a capacidade de afetar o processo de ensino e aprendizagem. Numa perspectiva de sala de aula, as relações entre os estudantes, a relação com o professor, com o conteúdo, com as atividades propostas, dentre outros aspectos, têm implicações diretas na forma como o estudante irá ou não aprender. Dessa forma, é interessante que o professor também procure elementos que podem ser relacionados com o afetivo-emocional do aluno, para que o motive numa participação mais ativa na construção do conhecimento. Nesse processo, trazendo para a realidade de sala de aula, um dos meios de trazer os aspectos afetivos à tona, com signos hipergeneralizados em sala de aula, é pela utilização de recursos lúdicos, que fornecem várias fontes de signos diferentes para que possa haver a tensão entre esquematização e pleromatização, que possibilita, dialeticamente, o surgimento de novas formas de significação e pensamentos.

Para Valsiner (2007) é preciso levar em conta também que a codificação da experiência de um fenômeno por meio dos signos, acontecem de diferentes formas que apresentam os aspectos mais relevantes do fenômeno. Nesse sentido, o autor afirma que podem ser apresentados diferentes tipos de signos e eles variam de acordo com a experiência. Assim, Valsiner (2007) traz um exemplo de Wagoner e Valsiner (2005): “[...]construções de sinais numéricos são amplamente usadas em ciências para permitir mais análises quantitativas”. A análise desse exemplo nos permite interpretar que as ciências sociais transformam complexos fenômenos psicológicos em signos numéricos, como no uso de escalas de classificação. O autor comenta que não é certo o que uma determinada classificação numérica quer dizer, como um número 3 em uma escala de 1 a 5, não se pode definir o que isso significa precisamente, sem mais informações. As conclusões ainda estão abertas à interpretação dos números. Na Figura 4, o autor demonstra uma possível interpretação da variação dos signos de uma experiência (sua duração). Nessa figura, o autor reflete sobre os conceitos de signo-ponto e signo-campo, utilizados para representar a fluidez dos significados de uma experiência particular em um fenômeno.

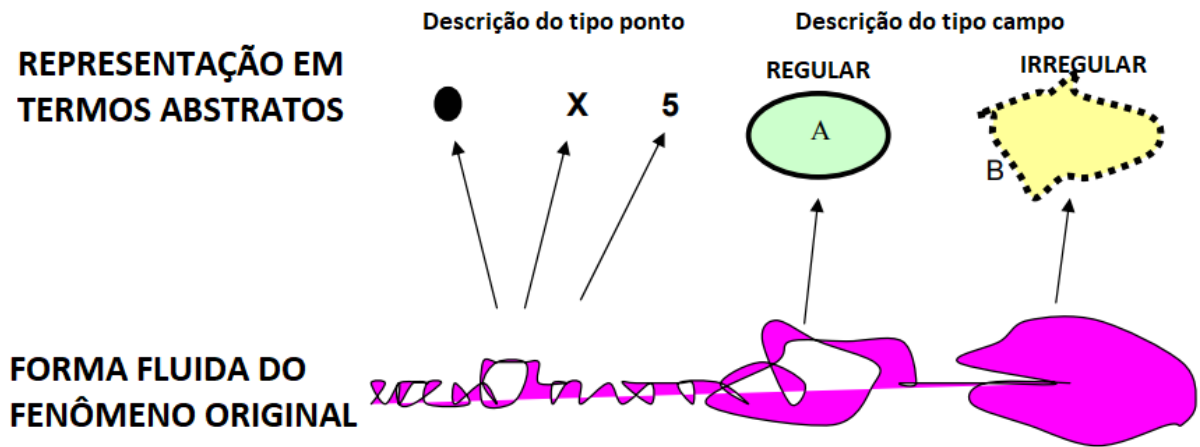
Figura 4: Diferentes tipos de signos para representar um evento



Fonte: Valsiner (2007, p.34, tradução nossa)

Nessa figura, é possível observar a experiência particular vivida por um indivíduo e as formas de significação dela por meio dos signos. O primeiro signo mostrado é a palavra terror, que representa um signo-ponto, por se tratar de uma palavra que representa uma experiência complexa, ou seja, restringindo o significado daquela experiência à uma palavra. O segundo signo, é um signo-ponto numérico, pois coloca um número que funciona dentro de uma escala que é usado para representar o que significou aquela experiência, da mesma forma, reduz a experiência, dessa vez a um número. Por último, aparece um signo campo irregular, um signo-campo como já foi explicado, abrange uma diversidade de significados e interpretações, nesse caso irregular por não possuir uma forma bem definida. Assim, na Figura 5, Valsiner (2007) mostra as diferenças entre os signos ponto e campo, além de apresentar também a relação que eles apresentam:

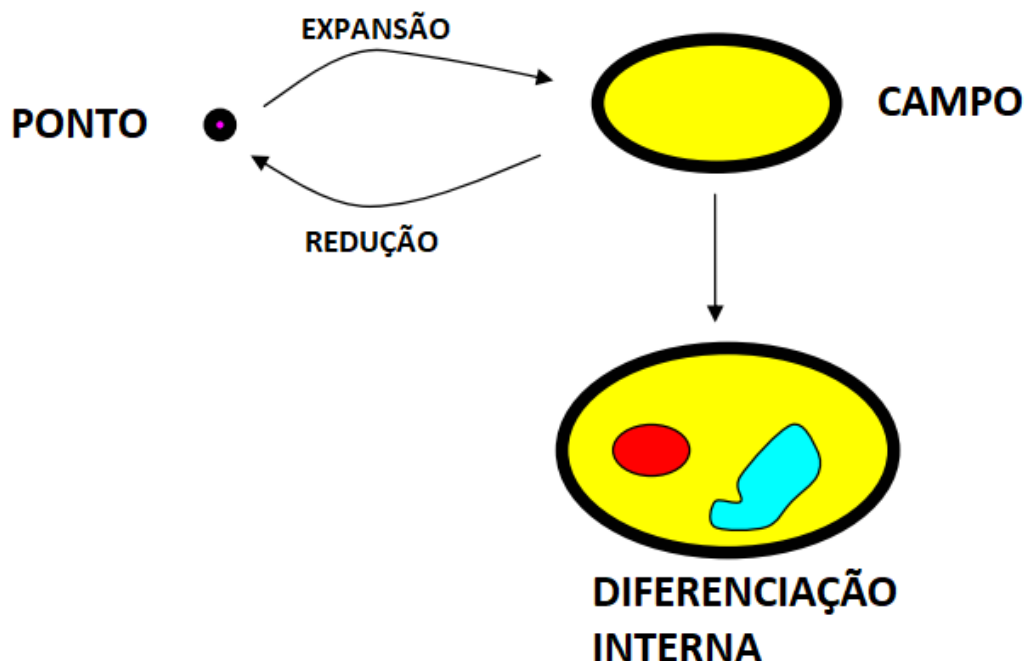
Figura 5: Diferença da representação do signo-ponto e signo-campo



Fonte: Valsiner (2007, p. 34, tradução nossa)

Analisando a Figura 5, podemos perceber a relação que há entre o signo-ponto e o signo-campo, por mais diferentes que possam parecer, um signo-ponto pode ser considerado um signo-campo que foi reduzido em complexidade, enquanto que um signo-campo pode ser considerado um signo-ponto em que houve a expansão da complexidade. Valsiner (2007) afirma que os signos podem ter diferentes estruturas: pontos ou campos, regulares ou irregulares. Na Figura 5, segundo o autor, é mostrada uma série de diferentes possibilidades de representação dos signos referentes à uma experiência. Sendo a forma fluida do fenômeno uma experiência pessoal que é flutuante conforme a passagem do tempo, podendo ser codificada em signos-ponto ou campo. A Figura 6 mostra a relação entre o signo-ponto e o signo-campo:

Figura 6: Relação entre signo-ponto e signo-campo



Fonte: Valsiner (2007, p. 35, tradução nossa)

O autor também considera que os dois tipos de signos não são opostos exclusivos. Para ele, o benefício teórico de considerar os conceitos em termos de campos ao invés de pontos, está na possibilidade de conceituar a estrutura heterogênea do campo, ou seja, conseguimos identificar mais elementos nos signos do tipo campo do que é possível no signo-ponto.

Na seção seguinte abordaremos como a semiótica é utilizada no contexto da pesquisa no ensino de Química.

3.4 APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA ABORDAGEM SEMIÓTICA

A aprendizagem e desenvolvimento de conceitos científicos precisam levar em consideração vários aspectos essenciais. Dentre eles, a linguagem é um ponto crucial, que vem sendo objeto de investigações na área de Ensino de Ciências (WARTHA e REZENDE, 2017). Os componentes representacionais desenvolvidos na Química como uma forma de linguagem, tornam a linguagem um instrumento

básico e essencial no processo de desenvolver e compartilhar significados em sala de aula.

Os signos, que já foram discutidos nas seções anteriores, são elementos centrais nos trabalhos que versam sobre a aprendizagem em Química numa perspectiva semiótica. Os trabalhos apresentados nesta seção como Wartha e Rezende (2014, 2015, 2017) e Greszczyszczyn et al. (2017) levam em consideração a leitura semiótica apresentada por Peirce aplicada ao ensino de Química.

Na Química, os aspectos representacionais tiveram grande desenvolvimento durante o século XIX, devido ao processo que procurava tornar “visíveis” átomos e moléculas, nesse caso, por meio das representações. Elas, não tinham o objetivo de dar significação às moléculas e aos átomos no sentido físico, mas de possibilitar arranjo de interpretação das informações da estrutura do conhecimento químico (WARTHA e REZENDE, 2017).

Nesse sentido, alguns exemplos na história da construção da ciência corroboram para essa hipótese. Wartha e Rezende (2017), trazem os estudos de Barke e Engida (2001), descrevem os trabalhos de alguns autores, entre eles Berzelius e Liebig, em que desenvolveram ideias sobre átomos e fórmulas empíricas tendo o objetivo de estabelecer relações entre os volumes ou massa dos gases com sua possível constituição. Kekulé, que desenvolveu uma possível estrutura para a molécula de Benzeno a partir do conceito de valência, e a partir dessa representação, surgiram muitas outras representações de moléculas orgânicas. Berzelius, quando propôs os símbolos dos elementos químicos com as iniciais de seus nomes, promoveu uma linguagem escrita para representar elementos, substâncias e moléculas. Couper, que desenvolveu a representação das ligações químicas por meio de traços ou pontos, introduzindo elementos representativos que refletem o conceito de ligação química (BARKE e ENGIDA, 2001). Exemplos que mostram a importância dos componentes representativos na Química e a importância dele no desenvolvimento e construção da Química e sua linguagem.

Portanto, como reflexo, no âmbito do ensino de Química, o processo de aprendizagem e construção do conhecimento químico também é realizado através da compreensão dessas representações (WARTHA e REZENDE, 2017). Como exemplo, no processo de ensino dos conceitos de átomo, moléculas, transformações

químicas e mecanismos de reação, são necessários o uso de representações para que se possa visualizar e compreender um conceito naturalmente abstrato, pois acontece de forma invisível aos olhos humanos. Nesse sentido, para tornar viável o ensino de Química, foi preciso desenvolver todo um sistema de representação formal, ou seja, uma linguagem própria, que, segundo Wartha e Rezende (2017), é muito semelhante ao processo de construção da linguagem natural, para que possa haver a comunicação entre os pares. Contudo, os autores, deixam claro que a linguagem científica escolar é um campo epistemológico que passa por processos de recontextualização dos conhecimentos, mesmo sendo constituída por elementos provenientes da pesquisa em ciências utilizada pela comunidade científica, são linguagens diferentes.

Para Giordan (2008), o estudo da estrutura da matéria seria inviável sem o uso de diferentes formas de representação. Wartha e Rezende (2017) elaboraram uma hierarquia de linguagem com base nos níveis de linguagem descritos por Giordan (2008): um nível inicial com símbolos que são capazes de representar elementos e substâncias, com suas próprias regras referentes ao uso dos símbolos; depois, um nível provindo do vocabulário, que permite aos químicos falarem sobre substâncias com base em uma série de definições e interpretações aceitas pela comunidade acadêmica; um terceiro nível de linguagem é o nível em que ela apresenta as condições que são usadas para discutir as abstrações como parte de leis, modelos e teorias; por último, o nível em que a linguagem é mais filosófica, incluindo problemas particulares sintáticos e semânticos sobre o significado dos símbolos de como descrevem as relações entre substâncias e suas representações.

Wartha e Rezende (2017), também apontam para os estudos de Martins et al. (2005), Santos (2006) e Klug (2006) sobre as representações pictóricas. Martins et al (2005), dizem que a representação pictórica, se constitui em um tipo de linguagem baseada em representações gráficas como desenhos, tabelas, esquemas, imagens, ícones, e várias outras representações visuais, e é um instrumento importante para a mediação da conceituação de um fenômeno. Nesse sentido, Santos (2006) afirma que a representação pictórica utilizada no processo de ensino-aprendizagem se destaca como construtora de ideias nas funções de intermediação da abstração, enquanto Klug (2006) diz que as representações pictóricas são mediadoras das imagens concebidas no plano mental.

Entretanto, vários estudos apontados por Wartha e Rezende (2017) (HEITZMAN e KRAJCIK, 2005; WU et al., 2001; KOZMA e RUSSELL, 1997; GABEL, 1999, apud WARTHA e REZENDE, 2017) demonstram que estudantes em todos os níveis possuem dificuldades em interpretar as representações de conceitos químicos, também, conseqüentemente, de utilizar adequadamente esses conceitos. Os trabalhos, indicam que essas dificuldades não estão só relacionadas na compreensão dos conceitos e suas representações, mas na capacidade de representar um mesmo ente químico em diferentes formas. Essas dificuldades indicam a falta de relação entre fenômenos, representações, leis e teorias (WARTHA e REZENDE, 2017).

Alguns pesquisadores como Johnstone (1982, 1991, 1997) chamam a atenção, alegando que as representações químicas envolvem a necessidade de pensar os fenômenos em diferentes níveis de representação. Nesse caso, Johnstone (1982, 1991, 1997) pensa os fenômenos em três diferentes níveis de representação, sendo eles: nível macroscópico, simbólico e microscópico. Assim, o autor argumenta que grande parte das dificuldades de aprendizagem em Química, se deve à forma que o ensino conduz essas representações, se fixando quase exclusivamente nos níveis macroscópicos e simbólicos, não contemplando os aspectos mais estruturais, que corresponde ao nível microscópico, privando os estudantes de construir modelos explicativos. Contudo, é preciso levar em consideração que muitos estudantes, segundo Ben-Zvi et al. (1990), possuem dificuldade em compreender as representações em Química, especialmente as representações microscópicas e simbólicas porque são abstratas e o pensamento dos alunos é construído, essencialmente, sobre a informação sensorial. Além disso, Greszczyszyn et al.(2017), trazem alguns autores, como Pozo (2001), Kozma e Russell (1997), Gillespie (1997), que afirmam que os estudantes não estabelecem relações apropriadas entre o nível de representação macroscópico e o microscópico, ainda que muitos tenham conhecimento conceitual e habilidade de visualização, são incapazes de transladar entre as representações químicas. No sentido de desenvolver uma melhor compreensão sobre o fenômeno, Cook (2006) afirma que um dos fatores que favorecem a aprendizagem é o uso de múltiplas representações, tanto nos modos visuais quanto verbais de forma integrada, de modo a possibilitar

os alunos uma diversidade de signos, com o intuito deles desenvolverem diferentes perspectivas sobre o fenômeno a partir dos diferentes modos de representação.

Pelegri (1995), afirma que a Química tem um campo teórico muito abstrato e que os signos são uma forma de representação desse campo conceitual. Ele argumenta que para aprender essa disciplina, é necessário que o estudante crie modelos mentais para compreender as transformações químicas. Na visão de Greszczyszyn et al.(2017), na organização das atividades para o ensino de química, é essencial considerar não apenas a sequência temporal das atividades, mas também as interações dos alunos e o desenvolvimento de suas ideias. Para que os estudantes compreendam a química, é necessário que estejam familiarizados com uma variedade de condições, entendam o significado dos modelos científicos e se diferenciem entre os níveis macroscópicos, microscópicos e representacionais. Isso implica na compreensão dos fenômenos físicos, modelos e teorias, além do uso da simbologia química e modelos matemáticos.

Diante disso, o trabalho de Greszczyszyn et al. (2017) consiste em propor uma leitura da semiótica de Peirce aplicada ao ensino de Química, na análise de alguns trabalhos. Para Greszczyszyn et al.(2017), na Química, assim como na Física, as leis, as teorias, os conceitos, os modelos, os princípios, as propriedades, as estruturas e as relações são expressas de diferentes formas. Na concepção dos autores, para ensinar essas disciplinas, é preciso levar em consideração as formas de representação que um mesmo objeto pode assumir. Tais objetos são abstratos e não são diretamente acessíveis à percepção, necessitando, para a sua apreensão, do uso de representações semióticas. Assim, Greszczyszyn et al.(2017), consideram as representações como produtos semióticos. Na perspectiva adotada pelos autores, representação é mediação, assim, a realidade é mediada pelas interações entre signos (signo, objeto e interpretante), então, o signo representa o objeto; o objeto determina o signo, e o interpretante é determinado, imediatamente, pelo signo e, mediadamente, pelo objeto.

Nesse sentido, Greszczyszyn et al.(2017) argumentam que utilizar as categorias filosóficas de Peirce, como primeiridade, secundidade e terceiridade, possibilita compreender os objetos sígnicos como representações do conhecimento químico e o poder dos signos em seus contextos de estudo. A Semiótica Peirceana, segundo os autores, apresenta um potencial teórico relevante para abordar a

questão das representações do conhecimento químico, especialmente em ambientes virtuais e de múltiplas linguagens. Nessas condições, é possível destacar peculiaridades e propriedades inerentes aos processos dinâmicos, como a movimentação relativa entre partículas devido a colisões intermoleculares e a temperatura. A utilização de representações icônicas desse tipo auxilia na construção do conhecimento químico, que seria difícil de alcançar apenas com palavras e imagens estáticas. Portanto, a aplicação da semiótica e das múltiplas representações contribui para uma compreensão aprimorada dos processos envolvidos nas representações no ensino de Química, melhorando as associações dos signos com seus significados.

O primeiro artigo analisado por Greszczyszyn et al.(2017) foi o de Wartha e Rezende (2014), com o título “A representação no ensino de Química Orgânica na perspectiva da Semiótica Peirceana”, publicado no XVII Encontro Nacional de Ensino de Química de 2014, que tinha por objetivo examinar a natureza das relações entre aspectos conceituais e representacionais no ensino de Química orgânica sob a perspectiva da semiótica de Peirce. Segundo os autores, a abordagem metodológica do trabalho consistiu em analisar as respostas dadas pelos estudantes de graduação de um curso de Química Orgânica, na resolução de problemas que envolvam diferentes formas de linguagem (forma, visual, gráfica, etc). Os resultados obtidos pelos autores mostraram a dificuldade de compreensão dos estudantes no conteúdo conceitual contido nas diferentes representações simbólicas. Pela falta de ferramentas representacionais para auxiliar na construção das estruturas solicitadas, que permitiria estabelecer as relações na compreensão dos significados, é razoável pensar que a maior dificuldade dos alunos foram esses fatores representacionais envolvidos na resolução das questões, do que propriamente dificuldades conceituais. Os alunos, tiveram dificuldades em construir corretamente as estruturas para os compostos solicitados, principalmente referente à estrutura espacial.

Greszczyszyn et al.(2017), também analisaram outro artigo dos mesmos autores, Wartha e Rezende (2015), com título “A elaboração conceitual em Química Orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana”. Publicado em 2015 na revista Ciências e Educação. O método adotado neste trabalho analisado foi construído em quatro momentos que compuseram a rede de situações de estudo. No resultado de

um dos episódios, foi possível verificar situações relacionadas a aspectos representativos que ocorrem na relação triádica entre perceber, relacionar e conceituar. Para Greszczyszyn et al. (2017), considerar os processos de ensino-aprendizagem dos conceitos da Química Orgânica na perspectiva da semiótica, requer que a representação seja concebida como um sistema de significação, uma forma de atribuição de sentido e de elaboração conceitual. Assim como, que a sala de aula seja considerada um espaço de relações entre signos, objetos e interpretantes.

O terceiro trabalho selecionado para análise foi um artigo dos autores Núñez, Uehara e Pereira (2009), com o título “As Representações Semióticas Nas Provas De Química No Vestibular Da UFRN: Uma Aproximação À Linguagem Científica no Ensino das Ciências Naturais”, apresentado no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VII ENPEC). O objetivo do trabalho, foi mostrar os resultados da pesquisa sobre as representações semióticas e a conversão de uma representação em outra, aplicado nas provas de vestibular de Química da UFRN, considerando a linguagem como elemento-chave da habilidade de representação das transformações e dos fenômenos químicos.

Como resultado Greszczyszyn et al.(2017), concluem que quando o ensino se orienta para a aprendizagem de um só tipo de registro semiótico, quando não se desenvolvem os processos de conversão dos signos de forma que sejam compreendidas as transformações entre as representações semióticas, pode-se diminuir as possibilidades de construção de conhecimento para novas situações em que coexistem diferentes formas de representações. Assim, Greszczyszyn et al. (2017) recomendam que o ensino promova o conhecimento da importância do uso de diferentes representações semióticas, promovendo um maior domínio da habilidade de representar e comunicar os fenômenos químicos. Dessa forma, pela abundância de uso de signos e diferentes formas de expressar uma mesma ideia, objeto ou conceito, os estudantes podem ter uma compreensão maior acerca do fenômeno estudado.

Importante destacar que neste trabalho, iremos além da classificação e identificação de signos na ótica peirceanas, como os trabalhos aqui apresentados. A novidade que trazemos é a possibilidade da análise de aspectos cognitivos e afetivos a partir da função que esses signos adquirem diante de uma atividade

lúdica. Na seção seguinte abordaremos como é a relação entre a ludicidade e o ensino de Química.

3.5 A LUDICIDADE E O ENSINO DE QUÍMICA

Desde o ano 2000, segundo Soares (2016), houve um aumento relacionado com a utilização de jogos e atividades lúdicas aplicadas ao ensino de Química. Essa tendência mostra que é algo cada vez mais pertinente para conseguir ensinar. Para Messeder Neto e Moradillo (2015), os professores têm entendido que essas atividades são relevantes, porque são capazes de fomentar a motivação e despertar o interesse do estudante pelo conteúdo de Química e tornam a aula mais dinâmica e mais interessante.

A palavra motivação, segundo Soares (2004), significa motivar para gerar uma ação, mas pode ser entendida também como uma forma de despertar interesse. No entanto, segundo o autor, é importante ressaltar que o interesse não pode ser gerado, mas sim, despertado, pois já existe intrinsecamente. O interesse, para Soares (2004) nada mais é do que o resultado de uma carência específica, que gera uma necessidade de aprendizado. No que tange o campo de ensino-aprendizagem, o interesse é o resultado de uma carência do conhecimento.

Para Bruner (1969) o interesse que é despertado através da curiosidade é um elemento gerador da aprendizagem, mas apenas se o sujeito se permitir uma análise profunda do conceito que lhe despertou o interesse inicial. Interesse e curiosidade podem não ser motivos suficientes para garantir a aprendizagem, mas são oportunidades que promovem o início da construção do aprendizado.

Dessa forma, para Soares (2004), atividades lúdicas como jogos, brincadeiras e produções audiovisuais, podem ser usadas como elementos motivadores, que despertem interesse, por apresentarem obstáculos, desafios a serem vencidos, ou que criem uma identificação com o sujeito, a fim de fazer com que o indivíduo atue em sua realidade, que envolve, portanto, o despertar desse interesse inerte.

O autor define o interesse como algo pessoal e imaterial, sendo um mesmo assunto ou objeto, um meio capaz de suscitar diferentes interesses ou desinteresses, que é um indicativo que, na prática, há possibilidades limitadas de

motivação para um sujeito. Mas, a motivação só é promovida quando já há um interesse prévio envolvido, isso pode levar a um ciclo vicioso, pois o interesse precede a motivação. É importante ressaltar, que segundo Cousinet (1984) só pode haver aprendizagem quando o aluno se interessa pela finalidade, e afirma que a verdadeira aprendizagem ocorre quando o aprendiz sabe o que deseja, consequentemente, quer alcançá-lo e busca os meios para conseguir.

É importante ressaltar também, que, segundo o autor, a busca pelo interesse do aluno não é apenas uma forma de mudar a estética de um processo amargo, dando uma nova “roupagem” e tornando-o mais agradável. Mas, se busca uma estrutura de trabalho realmente aberta aos interesses dos alunos, desenvolvendo sua energia potencial de aprendizado. Não basta apenas colocar informações à disposição do aluno. Pois, é necessário mostrar a ele sua capacidade de agir e interagir com o conhecimento construído. Portanto, relacionando-se interesse com aprendizagem, elementos lúdicos podem estar inseridos na construção do conhecimento, considerando o lúdico como um caminho e não um produto acabado.

Ramos (1990) considera que o lúdico na aprendizagem não necessariamente implica na interação com um brinquedo, o caráter lúdico, segundo ele, não se prende ao objeto em si mas o uso que temos dele, o lúdico pode estar ligado tanto numa relação concreta quanto não concreta, como as relações que se estabelecem em uma charada ou uma brincadeira de imaginação. No caso do jogo, ele está muito mais ligado ao sujeito do que ao objeto em si. O autor também afirma que o lúdico está caracterizado pela ação que se realiza e não pelo material utilizado. O ludismo se estabelece na relação do sujeito com uma situação vivenciada que pode ou não, ter um brinquedo.

Já para Chateau (1984), a utilização do ludismo, pode não representar um aprendizado no primeiro momento, mas pode vir a desenvolver potenciais no sujeito, mesmo quando não são tratados no viés da aprendizagem, proporcionando mais oportunidades de ter contato com informações, para construir conhecimentos, com base nas várias simulações e fantasias que executa na mente. A atividade lúdica, para Soares (2004), pode ser entendida como uma ação divertida, relacionada aos jogos, seja qual for o contexto linguístico, com ou sem a presença de regras, sem considerar o objeto envolto nesta ação. É somente uma ação que gera um mínimo

de divertimento, podendo envolver jogos mentais, filmes, séries, livros, obras de ficção.

3.6 FILMES E SÉRIES COMO RECURSOS LÚDICOS

Ensinar ciências de forma estritamente tradicional pode ser um desafio hoje em dia, pois, o interesse, como explicado por Soares (2004), é mais facilmente estimulado pelo lúdico do que pelos métodos mais tradicionais, somado ao fato de os alunos terem cada vez mais acesso a recursos lúdicos e redes sociais, acaba podendo deixar ainda mais difícil para o professor conseguir prender a atenção dos alunos só com os métodos mais tradicionais (SILVA, 2017). Uma possível solução seria a utilização de recursos lúdicos como jogos, filmes e programas de TV populares para trabalhar conceitos científicos de uma maneira mais empolgante, podendo ou não despertar o interesse e captar melhor a atenção do aluno.

De acordo com Carvalho (2017), os filmes podem tanto agir como uma ferramenta que venha a possibilitar a socialização e aprendizagem em sala de aula, quanto oportunizar o contato com diversos conhecimentos diferentes por parte dos alunos. Resnick (2006) afirma que a proliferação das tecnologias digitais tem gerado uma maior demanda por pensamento criativo, o que resulta em um espírito empreendedor, inovador e maior produtividade que beneficia a sociedade. Sendo necessário a compreensão que é preciso transcender a abordagem puramente instrumental para que as tecnologias se convertam em instrumentos de trabalho capazes de potencializar as habilidades críticas e criativas dos jovens.

Dessa forma, Carvalho (2017) diz que a ferramenta audiovisual tem grande importância em facilitar a aprendizagem. Mas, ressalta que o planejamento é de suma importância para que as experiências com o audiovisual sejam bem trabalhadas e exploradas, exigindo que o professor tenha senso crítico quanto à relevância de escolha do recurso audiovisual utilizado no que tange a aprendizagem, se o vídeo vai ser um recurso didático, que auxilie o aprendizado ou apenas uma forma de entretenimento (CARVALHO, 2017). O audiovisual, para a autora, se constitui como uma forma de linguagem e expressão e que é muito válido para o ensino de crianças e jovens, pois eles já chegam à escola com uma vasta

quantidade de informações e saberes que adquirem não só da família e das pessoas do seu entorno, mas dos diversos meios de comunicação, já tendo familiaridade com vídeos, filmes, séries, músicas, redes sociais, etc. Utilizando o vídeo em sala de aula, envolve a criança ou o jovem em uma ludicidade que atrai a atenção e o interesse, nesse sentido, incorporar a produção da arte e da mídia na educação oferece o potencial de que o aprendizado seja mais criativo, expressivo e diversificado, aumentando a relevância da escola na concepção dos alunos (CARVALHO, 2017). Segundo Moran (1995), a partir do vídeo, somos atraídos, informados e envolvidos, sendo transportados para diferentes realidades e períodos de tempo, tanto no mundo imaginário quanto no real. Essa forma de comunicação combina elementos sensoriais sinestésicos e audiovisuais, bem como a interação entre intuição e lógica, emoção e razão. O vídeo se inicia despertando sensações, emocionais e intuitivas, para então envolver o pensamento racional.

Nesse sentido, Mól (2015) reforça que a ampla capacidade de envolvimento que os filmes possuem, a partir da linguagem audiovisual com riqueza de enredo, ação, música, luz, movimento, mistério, desafio, dentre outros, além de enriquecerem a prática pedagógica, também permitem que o aluno possa despertar uma maior participação e melhor assimilação do conteúdo trabalhado. As séries, para Moraes (2019), também refletem esse comportamento e podem contribuir positivamente para o processo de ensino, na medida que desperta a curiosidade e interesse por parte dos alunos, além de possibilitar novas formas de compreensão, contribuindo para findar o mito de que a utilização de recursos audiovisuais é apenas para passar o tempo, podendo ser utilizado como recurso didático (SILVA NETO, 2022). O uso de filmes, jogos, séries e programas de TV como ferramenta de didática dá aos alunos a oportunidade de fazer conexões entre seus interesses e o que estão aprendendo em ciências. Também é uma ótima maneira de envolver os alunos mais jovens com os tópicos de ciências, tornando-os mais relevantes e acessíveis para ele, podendo ser ferramentas efetivas no ensino de ciências, quando utilizadas de forma consciente e intencional pelo professor. Por exemplo, filmes como *Avatar* e *Gravity* demonstram a realidade das mudanças climáticas e do impacto humano em nosso planeta. Da mesma forma, programas de TV como *Cosmos: Uma Odisséia do Espaço-tempo* (2014) e *Maravilhas do Universo* (2011) ilustram como os avanços na astronomia revelam novos detalhes sobre como nosso

universo surgiu. Até os animes como *Fullmetal Alchemist Brotherhood* (2009) podem incentivar o jovem a querer entender mais a fundo sobre a natureza da matéria.

Silva (2017), nesse sentido, reforça a ideia de que o aprendizado de química poderia usar outros métodos de ensino alternativos para atrair a atenção dos estudantes como: jogos, recursos midiáticos do tipo vídeo-aulas, experimentação, uso da música, dentre outros que venham a estimular o interesse. Para Silva Neto (2022), o uso desses recursos podem levar os alunos a compreender o conteúdo de forma diferente, pois os filmes e séries, por exemplo, trazem flexibilidade quanto ao modo de retratar os assuntos, sendo úteis para mostrar diferentes visões de mundo.

A ficção científica se caracteriza como uma das formas de abordar recursos lúdicos e ciência. Na seção seguinte será abordado como a ficção científica pode se relacionar com o ensino de ciências.

3.7 FICÇÃO CIENTÍFICA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

A ficção científica possui, segundo Piassi e Pietrocola (2009), em sua essência, uma abordagem singular na maneira de tratar a ciência, diferenciando-se de outras formas de expressão ficcional. Ela tem um caráter didático ao discutir ideias que surgem das questões geradas pela ciência e pela relação sociocultural entre ciência e sociedade. Assim, os autores reforçam que a ficção científica vai além de ser apenas mais um recurso didático utilizado em sala de aula, pois estabelece uma relação de envolvimento emocional com o leitor, que vai além do conteúdo explícito da obra, sendo a forma de expressão fundamental do gênero.

Para Piassi e Pietrocola (2009), o gênero estabelece uma dialética entre o racional e o emocional, permitindo uma abordagem mais profunda da ciência por meio da análise dos elementos ficcionais. A ficção científica constitui um discurso social sobre a ciência, no qual é possível encontrar visões e debates relacionados à ciência. Nesse sentido, os autores afirmam que para abordar a ciência através da ficção científica, é necessário ir além da simples busca por conceitos apresentados nas obras, ou seja, para uma compreensão mais aprofundada dessas obras de ficção, são necessários instrumentos que possibilitem uma análise que ultrapasse os aspectos superficiais.

Assim, Piassi e Pietrocola (2009) apresentam um caminho de análise dos elementos ficcionais estáticos nas histórias de ficção científica, revelando os mecanismos de constituição que evidenciam os possíveis caminhos epistemológicos que partem do conteúdo científico para o conteúdo ficcional, revelando diversas possibilidades de abordagens didáticas.

Os autores também abordam a questão dos erros, com relação ao conhecimento científico, que estão presentes nas obras ficcionais. Para eles, os "erros ficcionais" nas obras fazem parte de um espectro de mecanismos de contar histórias, que vão desde a suposta precisão conceitual até sua violação, e ambos estão interligados ao conhecimento científico. A relação íntima entre esses erros e os erros conceituais dos estudantes só pode ser encontrada no ato de leitura crítica, que torna sua irreabilidade em realidade sociocultural, permitindo que os estudantes questionem sua própria experiência com os conceitos científicos no contexto da vida humana. Para Piassi e Pietrocola (2009), é nesse momento que pode ser encontrado o valor dos instrumentos de análise, que podem levar ao professor que deseja trabalhar a ficção científica em sala de aula, ir além da abordagem superficial, possibilitando explorar múltiplos aspectos de valor didático nas aulas de ciências e refletir sobre a própria construção do seu conhecimento.

Nesse sentido, Ramos e Piassi (2013) afirmam que não há dúvidas de que existe uma relação entre a ciência e a arte. Assim, buscar o diálogo com outros campos do conhecimento como a arte, pode ser uma boa oportunidade para trabalhar os conteúdos de ciências de formas multidisciplinares, interdisciplinares ou transdisciplinares. Ramos e Piassi (2013) também levantam o diálogo a respeito do riso, e defendem que está relacionado com o papel de mostrar a realidade a partir de outro ponto de vista para explicar o mundo. Essa perspectiva é especialmente relevante no ensino de ciências, uma vez que a ciência busca compreender o universo e suas interações.

No trabalho de Ramos e Piassi (2013), o livro Guia do Mochileiro das Galáxias (2009) foi utilizado como um recurso mediador da cultura que visou o engajamento dos alunos em atividades envolvendo viagens no sistema solar. O Guia do Mochileiro das Galáxias (2009) é uma obra de ficção científica com elementos de humor do autor Douglas Adams.

Os autores afirmaram que o uso da obra de ficção científica pode ser destacado seis pontos principais em relação à leitura da obra. O primeiro é o entusiasmo despertado pela leitura, indicando o interesse e envolvimento do leitor. O segundo é o desejo de explorar e experimentar os elementos apresentados na obra. O terceiro refere-se às críticas presentes no livro e às observações a respeito delas. O quarto é o senso de estranhamento em relação a certos elementos da obra, que contribui para o humor presente. O quinto ponto aborda os comentários sobre a ciência. Por fim, o sexto ponto engloba as referências a outras obras, escritores e eventos externos mencionados na obra.

Os resultados, indicam um interesse genuíno dos alunos pela leitura do livro utilizado, evidenciado pelo número de alunos que realizaram o trabalho e pelas opiniões expressas sobre o livro. Isso se deve ao fato de o livro ser engraçado, dinâmico e ter uma relevância na cultura geek ou nerd, incentivando os alunos a buscar mais conhecimento. Além disso, a presença de críticas e ironias em relação à ciência e à sociedade é um aspecto fundamental do livro. Os alunos identificaram essas críticas e as relacionaram com sua experiência acadêmica, demonstrando que o livro vai além de um simples diálogo com a ciência.

Nessa perspectiva, a forma como a obra de ficção científica vai ser trabalhada em sala de aula requer um trabalho cuidadoso por parte do professor que vai mediar esse processo. Segundo Piassi (2013) essa perspectiva em que se encontra as intersecções dos diferentes campos de conhecimento podem enriquecer bastante a abordagem didática. Para ele, obras como as de ficção científica podem trazer grande enriquecimento para a abordagem dos conteúdos em sala de aula por envolver um modo crítico de raciocínio sobre o mundo natural. Sendo capaz de promover problematizações que podem servir de ponto de partida para um raciocínio crítico e as respectivas consequências e implicações epistemológicas e socioculturais.

Freudenrich (2000) defende o uso da ficção científica em sala de aula e afirma que uma das maneiras de estimular e manter o interesse em ciência por parte dos alunos é proporcionar um ambiente de contextualização para o aprendizado e uma das formas é a utilização da ficção científica. Dessa forma, podemos relacionar que os signos presentes na ficção científica podem ser relacionados com aspectos

da afetividade e da racionalidade para que os conteúdos possam ser melhor aproveitados em sala de aula.

De acordo com Leroy Dubeck et al. (1993), o uso de filmes pode auxiliar os estudantes na aprendizagem da ciência de várias maneiras. Primeiramente, os princípios científicos ilustrados ou violados em um filme são mais facilmente compreendidos pelos alunos em comparação com abordagens tradicionais, como fórmulas matemáticas e descrições em livros-texto, que muitas vezes podem ser confusas. A visualização direta dos princípios científicos torna o abstrato mais compreensível de uma forma atraente.

Além disso, segundo os autores, exibir um filme e discuti-lo aprimora a compreensão da ciência como um processo racional e de descoberta, ajudando os alunos a aprenderem abordagens científicas para resolver problemas e a identificarem abordagens pseudocientíficas. Os filmes também tornam a ciência mais relevante aos estudantes ao apresentá-la em situações dramáticas e relacioná-la a questões socialmente significativas.

Assim, utilizar-se de elementos lúdicos e pensar ciência a partir deles, pode ser um caminho que desperte interesse nos alunos. Essa abordagem fornece ferramentas para realçar o senso crítico e imaginário deles. O papel do professor é mediar o processo de conhecimento, o uso da ficção científica pode fornecer suporte suficiente para que o educando encontre prazer em estudar os conhecimentos científicos, por estarem relacionados com histórias cativantes e auxiliar na construção de uma intelectualidade crítica e reflexiva.

Dessa forma, conforme apontado por Shaw e Dybdahl (2000), além do aprendizado de ciência nas fontes formais, como a escola, as crianças também aprendem ciência em fontes informais, que incluem o contato com a ciência na mídia, como filmes, programas e comerciais de televisão, bem como na mídia impressa, como jornais, revistas e livros. As interações entre o aprendizado formal e informal de ciência podem ser complexas, podendo tanto auxiliar quanto entrar em conflito com o currículo formal. Considerando que as crianças têm acesso à ciência por meio de ambas as fontes, os professores podem melhorar a qualidade da aprendizagem dos alunos ao planejar deliberadamente a integração dessas duas formas de aprendizado.

Em complemento a tal visão, a abordagem de recursos lúdicos, como a ficção científica em sala de aula, não é apenas um recurso didático ou método estimulante, mas um elemento cultural que possui potencial para trabalhar as abordagens científicas. Os signos presentes nessas obras podem ser fortes ferramentas de mediação, provendo o contexto necessário e um ambiente afetivo favorável para o desenvolvimento das habilidades cognitivas relacionadas e necessárias para a construção do conhecimento e raciocínio científico, podendo estimular o senso crítico a ponto de questionar não só as consequências socioambientais do trabalho científico como também a própria natureza da atividade científica.

3.8 ANIMES E O ENSINO DE QUÍMICA

Os animes são produtos da mídia japonesa, na forma audiovisual geralmente baseado nos mangás, que são histórias em quadrinhos japonesas, geralmente os animes são baseados nos mangás que fazem sucesso (ALMEIDA, 2022). Segundo Gravett (2006, p. 25) a palavra mangá vem da junção de dois caracteres chineses, que pode ser entendido como sendo um desenho que possui rascunhos mais espontâneos e inconscientes, nos quais é possível explorar a liberdade de brincar com o exagero e capturar a essência da caricatura.

O anime se refere às animações feitas no Japão e segundo Moliné (2004), os animes se caracterizam por ter personagens com olhos grandes, cabelos espetados e coloridos, descrições psicológicas profundas das personagens que enfatizam os aspectos da narrativa e amadurecimento psicológico conforme o desenvolvimento da história. Segundo o autor, essas características foram fixadas pelo trabalho do desenhista Osamu Tezuka, que pelo seu trabalho caracterizou o que conhecemos como o Anime hoje.

Almeida (2022), também comenta que o trabalho realizado com os animes tem se destacado como ferramenta didática em decorrência da curiosidade que os desenhos causam e, segundo ela, isso é devido a alguns animes tratarem de temas relevantes que possuem algumas ligações com o meio científico. Nesse sentido, para a autora, o Anime não pode ser colocado como imposição para fixação de conteúdo mas que possa surgir como um elo entre o conteúdo científico e o lazer,

sendo a intervenção do professor essencial para direcionar os temas abordados nos animes.

No entanto, para Almeida (2022), é preciso ter cuidado com os elementos científicos, pois, sabe-se que a mídia se constitui como fonte autônoma dos conteúdos que são produzidos pela sociedade industrial com vista para a sociedade consumidora, portanto, não possuem compromisso de ensinar, e os conceitos abordados não são obrigados a estar em consonância com os conceitos científicos reais. Dessa forma, é necessário um aprofundamento para entender até que ponto o Anime pode ser utilizado para a abordagem de conceitos científicos em sala de aula.

De acordo com Campos (2020), devido a variedade de temas e formas de apresentar tais temáticas, os animes são bastante interessantes para serem utilizados na sala de aula como recurso pedagógico ou como objeto de discussão. Nessas narrativas, temas tão diversos quanto viagens espaciais e realidade virtual são abordados de forma realista, ou mesmo como uma forma de escapismo do próprio mundo real cada vez mais sofisticado. Isso também pode torná-lo uma ferramenta educacional para tópicos que podem não ser abordados em sala de aula. Alguns animes tratam de temas relevantes e de interesse atual. Isso permite uma participação mais efetiva nas discussões com o objetivo de ensinar sobre um tema, ou torná-lo mais compreensível e acessível.

A escolha do anime depende da adequação ao conteúdo científico e interesse pela ciência, que pode estar diretamente associado a ele. Além disso, a mídia pode ser uma ferramenta para a socialização da ciência e seu desenvolvimento na sociedade. o anime tem esse potencial de se tornar um veículo para o aprendizado de ciências, estimulando os alunos a conhecer e utilizar o conhecimento científico como formas legítimas de suprir suas necessidades práticas. Nesse sentido, o Anime escolhido por este trabalho para trabalhar o conteúdo de lei da conservação das massas foi o Fullmetal Alchemist Brotherhood, que traz elementos científicos como ponto central em sua trama.

A utilização de Fullmetal Alchemist Brotherhood, pode proporcionar o aluno a ter uma identificação com a trama e uma motivação para compreender os conceitos que embasam a noção científica e filosófica da série que é a “troca equivalente”. Na animação japonesa, a Alquimia é utilizada para fazer transformações utilizando os

elementos químicos para fazer mudanças físicas das propriedades dos materiais, e essas transformações são chamadas de “trocas equivalentes”, ou seja, utilizam a mesma massa e os elementos químicos de um material para moldar e mudar a forma desse material. A trama aborda principalmente elementos sociais, políticos, religiosos, filosóficos e científicos, que pode ser uma abordagem rica em sala de aula.

3.9 A ALQUIMIA E FULLMETAL ALCHEMIST BROTHERHOOD

A Alquimia, segundo Burckhardt (1976, pág. 2) é um campo do conhecimento que a maioria dos pesquisadores que estudaram limitou-se a buscar nos escritos alquímicos os fundamentos para as descobertas químicas posteriores. Essa abordagem unilateral permitiu que fossem reveladas várias práticas antigas realizadas por artesãos na preparação de metais, corantes e vidros, que desempenharam um papel significativo na alquimia. Para o autor, o legado da Alquimia torna ainda mais intrigante a adesão obstinada dos alquimistas às suas fórmulas e métodos questionáveis, ressaltando que a única explicação plausível era o desejo incessante de obter ouro, o qual levava os indivíduos a acreditar em fórmulas fantásticas que, na verdade, eram apenas a aplicação prática de antigas filosofias naturais misturadas com superstições.

De acordo com Nummedal (2016), a Alquimia é uma tradição intelectual notavelmente coesa que remonta seu início desde o Egito greco-romano, local onde se acredita que a Alquimia teve suas origens, até os dias atuais. Segundo Alfonso-Goldfarb e Ferraz (2011), durante os séculos XVII e XVIII, ocorreu uma quebra de paradigma significativa da alquimia para a química, com marcos importantes como o trabalho de R. Boyle e seu livro "O Químico Cético", em 1661, considerado o início da química moderna, e o Tratado Elementar de Química de, A. Lavoisier, em 1789, que marcou um ponto crucial nessa mudança da Alquimia para a Química. Contudo, essa passagem da alquimia para a química foi marcada por acontecimentos relevantes, um ponto crucial foi a padronização dos métodos de pensamento e operação no laboratório, conhecida atualmente como "materiais e métodos". Enquanto a alquimia lidava com teorias e receituários sigilosos, que

continham segredos de ofício e até mesmo de Estado, havia pouca circulação de ideias entre os estudiosos. Isso resultava em diferentes abordagens e práticas na maneira de lidar com a matéria.

Para Silva e Moura (2021) a Alquimia compreende não só conceitos e literatura, mas também procedimentos. Por exemplo, Perez Pariente (2016, apud SILVA e MOURA, 2021), relata o que está escrito no Papiro Leiden I do século III, uma série de procedimentos para obtenção de uma liga metálica que imita a aparência do ouro e da prata, bem como informações para tingimento de tecidos. Ainda, segundo o autor, várias outras características foram observadas das práticas da Alquimia, tais como: uso de linguagem simbólica, alegórica e até hermética para expressar feitos ou escondê-los; vitalismo, a constante comparação entre processos de evolução da matéria e a comparação com os organismos vivos; a crença na existência de uma linha evolucionária de metais, desde os mais comuns como o ferro e o chumbo, para os metais mais perfeitos como prata e ouro.

Esses conceitos alquímicos marcaram e guiaram as práticas alquímicas da época. O conceito da transformação dos metais, sendo de um imperfeito para um perfeito, foi chamado de *Chrysopoeia*, que Silva e Moura (2021) definem como sendo a técnica da transformação desses metais imperfeitos em ouro, sendo o ouro, o mais perfeito, pois essa perfeição seria explicada pela resistência do ouro a vários reagentes químicos, por exemplo. Também, segundo os autores, há uma influência da doutrina aristotélica na explicação da constituição da matéria, notadamente a teoria dos quatro elementos, que foi proposta por Empédocles, mas adotada e propagada por Aristóteles, assim como e elementos de magia e misticismo que são comumente associados à tradição alquímica.

A forma como a Alquimia mais tarde “se tornou” Química, segundo os autores Silva e Moura (2021), ainda são muito discutidas, mas, com análises históricas bem fundamentadas, é possível observar que muitas das práticas científicas de hoje em dia, surgiram das ideias e práticas alquímicas, sendo possível observar uma sobreposição de instrumentos, técnicas e ideias entre as duas práticas, mesmo as duas sendo profundamente diferentes hoje. A Alquimia, fortemente baseada em misticismo e religiosidade, teve uma transição para a ciência Química, segundo os autores, de forma lenta. Para lidar com esse período de intersecção, Newman e

Principe (1998) sugerem o uso do termo *chymistry* para se referir a disciplina híbrida datada do século XVI até o final do século XVII.

Antes desse período, segundo os autores, o uso do termo Química era bastante insignificante, mas após o final do século XVII, a Alquimia começou a se desgastar. Assim, a criação do conceito *chymistry*, como algo que está entre a Alquimia e Química, pode ser considerada como uma reflexão de como algo emerge das relações de tensão entre duas perspectivas, neste caso, dois campos de conhecimento distintos. Na concepção de Silva e Moura (2021), demorou algum tempo para que o pensamento científico se sobressaísse, em um processo de significação, mediado pela cultura semiótica.

De acordo com o roteiro proposto em Fullmetal Alchemist Brotherhood (2009), a Alquimia é entendida como: “A ciência que analisa, transforma e reconstrói a matéria. No entanto, não é uma técnica de poder absoluto, pois não se pode criar algo do nada. Para se obter algo é necessário ofertar algo de igual valor. Esse é o conceito de troca equivalente”. Nesse sentido, podemos observar que a noção de Alquimia utilizada pelo anime é diferente da noção de Alquimia apresentada na literatura, havendo a inserção de conceitos que não existiram de fato, como recursos de roteiro para desenvolvimento da trama. Por exemplo, termos bastante utilizados no anime como “círculos de transmutação” e “troca equivalente”, são introduzidos na série como recursos narrativos para adaptar conceitos existentes na Alquimia, contudo, não se encontra uma literatura em História da Ciência que trate desses conceitos.

Nesse caso o “círculo de transmutação” usado no anime é entendido como um local em que o alquimista precisa colocar suas anotações e simbologia para que seja possível fazer a “transmutação”, que na concepção do anime é regida pelo princípio da “troca equivalente”, pois a matéria não pode ser criada do nada. Então para que se obtenha algo, é preciso que se sacrifique algo de igual valor. Esse conceito pode ser entendido como uma extrapolação dos conceitos relativos às leis da conservação das massas e energia, como a própria ideia de transmutação, que parte do princípio da necessidade de existência de uma entidade alquímica anterior para que se tenha a transformação.

A ideia da “troca equivalente” está ilustrada na Figura 7, em que o protagonista se utiliza do material do chão (madeira) para que, por meio do círculo de transmutação, consiga fazer a “transmutação” (modificar a forma do material - madeira - , na forma de um pato), ressaltando que, no caso do anime, as transmutações são formas de apenas reorganizar a matéria, ou seja, não transformam um elemento em outro. Portanto, a transmutação do anime não reflete o conceito original da transmutação da Alquimia, que, como foi dito anteriormente, consistia em transformar um elemento em outro. Por exemplo, transformar um metal menos nobre como o ferro em um metal mais nobre como a prata ou o ouro.

Figura 7: Troca equivalente em Fullmetal Alchemist Brotherhood



Fonte: Fullmetal Alchemist Brotherhood (2009)

O anime usa uma mistura de conceitos científicos conhecidos hoje com algumas noções de Alquimia, criando uma ciência fictícia própria, portanto, o uso da palavra “ciência” na série, deve ser entendida como uma ciência fictícia. Dessa forma, é interessante que se tenha em mente a não obrigatoriedade do anime de refletir conceitos científicos de forma acurada, pois se trata de uma obra de entretenimento que possui liberdade artística para definir como funciona a ciência fictícia e o enredo do anime. No entanto, essas questões precisam ser levadas em consideração, para que ao utilizar trechos do anime como proposta didática, o professor não acabe corroborando para a construção de noções deformadas da ciência e do trabalho científico (PÉREZ et al., 2001). Essa noção de Alquimia do anime pode ser trabalhada em sala de aula por possuir base científica em alguns conceitos. Por exemplo, a noção de Alquimia do anime respeita o postulado

científico da lei da conservação das massas e pode ser utilizado na abordagem desse conteúdo, com as devidas ressalvas supracitadas, como será observado no desenvolver deste trabalho.

3.10 LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS E O ENSINO DE QUÍMICA

O princípio da lei da conservação das massas é uma das leis fundamentais da ciência é usualmente creditado a Antoine Lavoisier (MARTINS e MARTINS, 1993). Segundo Guimarães e Castro (2019a) no contexto do ensino da lei de conservação das massas na educação básica, é comum que seja realizado o experimento clássico de queima do papel e da palha de aço, no qual verificamos a variação de massa por meio de uma balança, para que se possa “comprovar” a conservação da massa. Esse experimento, segundo os autores, costuma ser utilizado para corroborar a ideia reducionista, presente na maioria dos livros didáticos, atribuída a Lavoisier, que “na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”.

Nesse sentido, para Guimarães e Castro (2019b) erroneamente alguns livros didáticos atribuem ao químico francês a descoberta da Lei da Conservação das Massas como sua única contribuição ou que a construção da teoria se deu apenas por ele. No entanto, eles afirmam que a ideia de que uma simples experiência científica possa provar ou refutar uma teoria científica é questionável. Assim, Galiazzi e Gonçalves (2004) discutem que alunos e professores possuem concepções epistemológicas simplistas, baseadas em uma visão de Ciência neutra, objetiva, progressista e empirista. Para eles, é necessário que haja uma problematização originária da história da ciência, para se ter uma compreensão mais profunda e mais assertiva da teoria estudada.

De acordo com Trindade (2008), a história da Química pode contribuir em mostrar como o pensamento científico mudou ao longo do tempo, revelando que as teorias científicas não são definitivas e inquestionáveis. Entretanto, Martins (2007) investigou as dificuldades e experiências de professores em relação ao uso da história da Química como recurso didático, concluindo que há uma lacuna entre o valor atribuído a essas disciplinas e sua utilização efetiva nas salas de aula. Matos (2011) contribui dizendo que o ensino de Química enfrenta diversos problemas,

sendo um deles a forma como é concebido pelas escolas, com ênfase na memorização de fatos, fórmulas e nomenclaturas desconectadas.

De acordo com Paixão e Cachapuz (2000), a lei da conservação das massas é um tema de extrema importância e um pré-requisito para a progressão nos estudos subsequentes em Química. Além disso, o conhecimento da teoria geral das reações químicas é essencial para compreender a estrutura da Química como ciência das propriedades e transformações das substâncias. No entanto, conforme os autores, os professores de Química frequentemente adotam uma abordagem tradicional ao ensinar o conceito de conservação de massa. Segundo eles, o foco, erroneamente, está na aprendizagem de conceitos e processos isolados da ciência, utilizando o tópico exclusivamente como conteúdo para resolver exercícios de balanceamento de equações químicas e problemas estequiométricos. No entanto, é importante destacar que a capacidade dos estudantes de resolver esses problemas não necessariamente reflete uma compreensão dos conteúdos.

Nesse sentido, contribuindo para o entendimento da lei da conservação das massas com uma visão voltada para a história da Química, Martins e Martins (1993) fazem uma análise histórica da contribuição de diversos pesquisadores para a construção do conceito da lei da conservação das massas. Para eles, a atribuição de Lavoisier como “descobridor” da conservação das massas é equivocada, pois ele não foi o primeiro a afirmar esse princípio e nem foi quem o fundamentou experimentalmente. Os autores afirmam que um dos poucos autores que se dedicou ao estudo dos surgimento desse princípio foi Émile Meyerson, que dedicou um capítulo de sua obra, *Identité et réalité* (Identidade e Realidade), ao estudo do tema. Martins e Martins (1993) frisam que o trabalho deles não fez distinção entre o uso das palavras peso e massa, pois os autores de seu estudo usam indistintamente os dois termos.

O trabalho de Meyerson, para Martins e Martins (1993), busca creditar as ideias pré-concebidas sobre o princípio da conservação da substância (no sentido aristotélico), no desenvolvimento do princípio de conservação da massa. Entretanto, Meyerson, segundo os autores, mostra que a base empírica desse princípio tanto antes quanto depois de Lavoisier, não era muito sólida, porém, de modo geral, os adeptos do atomismo afirmavam a conservação do peso. No outro espectro, os alquimistas negaram que o peso dos corpos fosse constante, acreditavam na

possibilidade de sua alteração, assim como a cor, dureza, densidade ou qualquer outra propriedade.

Segundo Martins e Martins (1993), a formulação mais antiga da lei da conservação das massas está descrita na obra *De rerum natura* (Sobre a Natureza das Coisas) de Lucretius, pois ele afirma que nada pode ser criado do nada nem ser destruído de forma absoluta. Para ele, os átomos, que na sua concepção eram eternos, increados e indestrutíveis, não poderiam ser destruídos, a sua lógica era que os átomos possuem peso e eles são imutáveis, então o peso dos corpos que são devidos aos seus átomos também deveriam ser imutáveis.

Essa afirmação é verdadeira em um sistema fechado, em que o peso dentro do sistema deve-se manter constante, pois em um sistema fechado o peso não do sistema não pode aumentar ou diminuir sem a entrada ou saída de matéria (ou átomos). No entanto, os autores chamam a atenção que essa consequência lógica não aparece explicitamente na obra de Lucretius. Meyerson especula que outros atomistas também discutiram esse assunto, ele assinala um testemunho antigo que em algumas escolas filosóficas da Antiguidade já se falava da conservação do peso nas transformações. Ele mostra uma passagem de um tratado que é atribuído a Luciano o atesta, em que ele diz: “Se eu queimo mil 'minas' de madeira, quantas 'minas' de fumaça haverá?” - “Pese a cinza, disse ele; a fumaça que se quer é o resto” (MARTINS e MARTINS, 1993). Para Martins e Martins (1993), não há qualquer argumento defendendo a conservação de peso, mas o uso implícito da conservação já que ele afirma que o peso da fumaça é a diferença entre o peso da madeira e o peso das cinzas.

Nesse sentido, é possível afirmar que havia uma concepção antiga sobre a conservação da matéria e indícios que já se acreditava nisso antes da formulação da lei atribuída a Lavoisier. Mas, para Martins e Martins (1993), essas concepções não tinham nenhum fundamento empírico, provindo de concepções vagas. Para eles, alguns autores como Nicolau de Cusa, Geber, Francis Bacon, Jean Rey, porém, fizeram fundamentações empíricas a respeito desse princípio em questão, e é interessante ver como foram desenvolvidos, antes da lei de Lavoisier.

De acordo com Meyerson (1932, apud MARTINS e MARTINS, 1993), Nicolau de Cusa realizou um experimento com o objetivo de demonstrar que as plantas

obtêm sua matéria principalmente da água. Ele pesou uma quantidade de terra em um vaso, plantou algumas sementes nessa terra, regou-as e, após o crescimento das plantas, retirou-as do solo. Ao pesar novamente o vaso e a terra, observou que o peso era praticamente o mesmo, concluindo que a matéria das plantas não poderia ter vindo da terra. Nesse experimento, embora Nicolau de Cusa não estivesse preocupado com a conservação do peso, é possível perceber que ele utiliza implicitamente esse princípio em seu argumento. A preservação do peso é fundamental para inferir que a matéria das plantas não pode ter sido originada da terra.

O autor afirma que esse experimento foi repetido diversas vezes e posteriormente analisado por Lavoisier, que erroneamente atribuiu a Van Helmont o primeiro teste desse tipo em que ele afirma que “nada vem do nada, portanto o peso é feito de outro corpo de igual peso no qual há um tipo de transmutação de matéria”. Ele também chama a atenção para experimentos feitos por Robert Boyle, fazendo o vegetal crescer exclusivamente em água, sem a terra e que em todos os casos, aparece o uso inconsciente do mesmo princípio: “se o peso do vegetal não é igual à redução do peso da terra, esse excesso de peso veio de fora, de alguma outra matéria, seja a água ou qualquer outra coisa”.

Assim, Martins e Martins (1993) afirmam que do ponto de vista empírico, o peso das substâncias que reagem podia diferir de forma significativa para o peso dos produtos, pois, naquele tempo, no final do século XVIII, não se compreendia o papel dos gases nas reações químicas. Portanto, a lei da conservação das massas, segundo Martins e Martins (1993), não podia ser estabelecida de forma adequada e fundamentada experimentalmente naquele tempo, antes do conhecimento do papel dos gases (principalmente do oxigênio) nas reações químicas, bem como o uso de sistemas isolados e de métodos quantitativos cuidadosamente calculados.

Nesse sentido, Martins e Martins (1993) questionam qual foi a real contribuição de Lavoisier. Para os autores, o estabelecimento da lei da conservação das massas nas reações químicas foi pressuposta em seus trabalhos. Os autores afirmam que em sua obra de 1789 “*Traité élémentaire de chimie*” a ideia de conservação da massa (ou do peso) aparece no livro, mas, de forma casual, em um ponto ou outro, como algo já sabido e que não precisaria ser discutido em detalhes e

chegam a conclusão que Lavoisier acreditava no princípio da conservação do peso e o utilizava sem ter se ocupado com a sua fundamentação.

No entanto, Martins e Martins (1993), argumentam que, apesar de Lavoisier não discutir diretamente a fundamentação do princípio da conservação, ela aparece durante a sua obra. Os autores explicam que por volta de 1792, Lavoisier planejava uma nova versão de seu "Tratado elementar de química" e expressava sua insatisfação com a versão anterior. Em um manuscrito chamado "Sur la manière d'enseigner la chimie" (Sobre a forma de ensinar Química), Lavoisier enfatizava a importância do estudo das propriedades gerais da matéria, começando pelo conceito de peso. Ele reconhecia que todos os corpos possuem peso e discutia a atração gravitacional entre os corpos, incluindo as moléculas que os compõem.

Assim, é possível inferir que Lavoisier provavelmente pretendia discutir a lei da conservação do peso nas reações químicas e fundamentar esse princípio com base nos princípios físicos já que a força gravitacional é exercida por cada partícula da matéria, e como essas partículas não se alteram nas reações químicas, sofrendo apenas separações e reuniões, seria então plausível que suas forças gravitacionais não sejam alteradas por essas reações e que, portanto, o peso total dos reagentes, em uma reação química, não deve sofrer alterações. Isso sugere que Lavoisier considerava o princípio da conservação do peso como uma consequência da lei da gravitação, não sentindo necessidade de testá-lo especificamente por meio de experimentos químicos.

Assim, Martins e Martins (1993) chegam à conclusão que Lavoisier não foi o primeiro a estabelecer a lei da conservação das massas, mas reconheceu a importância dessa lei e não o discute, mas, foi o primeiro a utilizá-lo como base de toda a sua pesquisa e teoria química. Após Lavoisier, para os autores, todos os aceitam como uma verdade básica. Na concepção de Martins e Martins (1993), é bastante marcante a diferença entre o estilo do trabalho de Lavoisier e de outros químicos da época. Os autores observaram que os métodos empregados por Lavoisier não apenas diferiam dos usuais na Química, mas também se opunham à metodologia química da época. Os autores reforçam que a grandeza de Lavoisier é suficientemente garantida por aquilo que ele realmente fez, não sendo necessário tratá-lo como "o descobridor" para torná-lo um pesquisador muito importante para a história das ciências.

4 METODOLOGIA

Este trabalho é de natureza básica, que segundo Moresi (2003), busca a geração de conhecimentos novos que contribuam para o avanço da ciência, mesmo sem uma aplicação prática prevista. Como também possui uma abordagem qualitativa e se caracteriza como um estudo de caso. Segundo Moresi (2003), uma abordagem qualitativa considera que há um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Como também é descritiva, por isso o processo e seu significado são os focos principais de abordagem deste trabalho. Enquanto que o estudo de caso, para Moresi (2003) é circunscrito a uma ou poucas unidades, tem caráter de profundidade e detalhamento, podendo ou não ser realizado no campo.

4.1 PARTICIPANTES

Os participantes do estudo foram quatro alunos do segundo ano do Ensino Médio, independente do sexo. A justificativa de escolhermos apenas quatro participantes foi possibilitar uma análise mais profunda de cada um dos estudantes, assim como a análise em grupo, entendendo como cada um dos participantes aprenderam o conteúdo em questão, se caracterizando como um estudo de caso. O motivo de serem estudantes do segundo ano é já possuir uma base construída a respeito dos conceitos da Química ministrada no Ensino Médio.

Para participar do estudo, definimos os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

- Critérios de inclusão: estar cursando o Ensino Médio, saiba ler e escrever, goste de assistir desenhos, tenha interesse em ciências, tenha disponibilidade de responder à entrevista;
- Critérios de exclusão: estar cursando ensino superior e não gostar de assistir séries animadas.

4.2 COLETA DE DADOS

Neste estudo, a coleta de dados foi realizada com o objetivo de analisar a trajetória de aprendizagem de estudantes do 2º ano do Ensino Médio na abordagem do conteúdo de lei conservação das massas, utilizando a animação Fullmetal Alchemist Brotherhood como recurso mediador. Os dados foram coletados por meio de um questionário individual, que foi respondido de forma escrita e socializado com os demais participantes, assim como também foram coletados por meio de uma discussão coletiva envolvendo a resolução de um problema.

A coleta de dados ocorreu em 50 minutos, sendo 25 minutos com uma breve explicação introdutória e também o vídeo com algumas cenas selecionadas da animação (total de 4 minutos), e 25 minutos de coleta de dados por meio da resolução dos problemas propostos. O pesquisador responsável por este trabalho foi o responsável por conduzir a aula introdutória expositiva, assim como também foi o mediador da discussão coletiva e da socialização das respostas escritas. Nesse sentido, o pesquisador também foi o responsável por coletar, organizar e utilizar os trechos da série animada Fullmetal Alchemist Brotherhood (2009) utilizada como recurso mediador.

As etapas a seguir mostram a sequência lógica de ações que foram tomadas para a coleta de dados:

1. Os estudantes envolvidos na pesquisa participaram de uma aula introdutória de 25 minutos (Anexo 1) sobre a lei da conservação das massas em que também assistiram a alguns trechos selecionados da série animada Fullmetal Alchemist Brotherhood. A aula introdutória foi feita de forma expositiva explicando o conteúdo.
2. Em seguida, os estudantes responderam a um problema em grupo e um questionário, individual, que foram gravadas em vídeo, em que os participantes explicaram o que entenderam do conteúdo.
3. As atividades desenvolvidas aconteceram em duas etapas: a primeira foi a resolução de um problema em que os alunos fizeram reflexões e resoluções para a atividade em grupo, de forma que eles pudessem dialogar e procurar a solução para o problema apresentado.

4. Na segunda etapa, os alunos responderam individualmente, um questionário, em que expressaram quais são conclusões, reflexões e resolução de problemas sobre o conteúdo apresentado. Após esse momento, as respostas escritas foram socializadas.

Seguem abaixo as atividades que foram desenvolvidas na coleta de dados:

- Problema: Durante uma pesquisa, um grupo de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio, assistindo ao anime Fullmetal Alchemist Brotherhood, percebe que a alquimia utilizada em uma das cenas do enredo pode ter violado a lei da conservação de massas. Eles observaram que em um certo momento, um alquimista acaba se utilizando de 2 kg de ferro e faz uma transmutação em que ele molda uma espada que pesa 5 kg. Explique o que pode ter acontecido para que essa espada possa ter um peso final maior do que o peso inicial de ferro utilizado na transmutação.

A discussão pode levar os alunos a compreenderem que, mesmo em um mundo fictício, é importante que as leis da ciência sejam seguidas de forma lógica e coerente. Assim, o intuito é que eles possam raciocinar de forma lógica, com base nas cenas assistidas do anime e com base no conceito científico, possíveis resoluções para os problemas propostos.

- Questionário: Esta foi realizada de forma individual e depois houve a socialização das respostas. A análise foi feita com as seguintes perguntas:
 1. Por que você acha que a massa se conserva durante as transformações químicas ou físicas?
 2. Represente da forma mais adequada para você (pode ser desenho, frase, um texto, etc) um processo em que a massa se conserva. Explique sua representação, caso esta seja um desenho.
 3. Como você explicaria a lei da conservação das massas para alguém que não conhece esse conceito? Descreva como explicaria e os exemplos que utilizaria.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

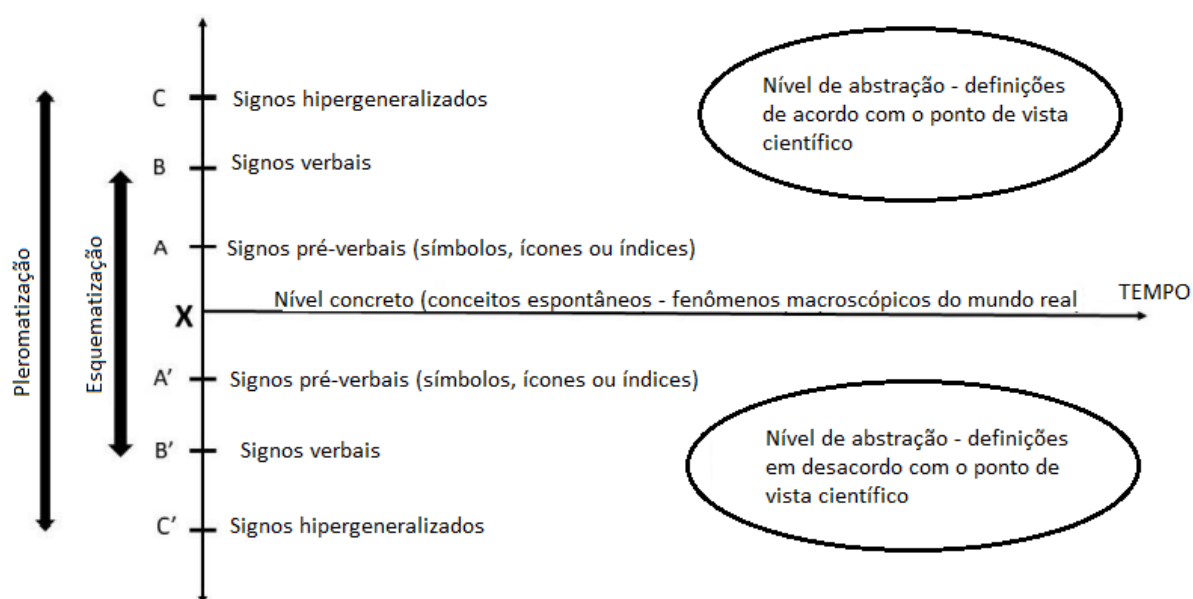
A análise dos dados foi realizada a partir dos dados coletados através do problema discutido durante a aula e as respostas no questionário para entender como o uso da animação como recurso mediador influenciou na aprendizagem dos estudantes participantes da pesquisa.

Primeira etapa: Os dados coletados foram transcritos. Houve a transcrição da discussão da resolução do problema e a socialização das respostas individuais escritas. A análise dos dados coletados foi feita a partir da ferramenta de análise MTA, formulada por Silva (2023), utilizando o vídeo e a transcrição dos dados coletados, possibilitando analisar como os signos da animação vão influenciar na trajetória de aprendizagem e conceituação do conteúdo trabalhado.

Segunda etapa: A partir da análise das respostas escritas, com base no referencial teórico deste trabalho, foi avaliado e identificado a influência dos signos presentes na animação, via esquematização e pleromatização, e como eles contribuem para uma conceituação em concordância com o ponto de vista científico, de acordo com o referencial teórico utilizado.

Essa ferramenta desenvolvida por Silva (2023) é baseada na teoria de Vygotsky (1962) sobre os conhecimentos cotidianos ou espontâneos e conhecimentos científicos e, também, na teoria de Jaan Valsiner (2006) sobre esquematização e pleromatização. Essa ferramenta é de abordagem qualitativa e se chama Modelo de Trajetória da Aprendizagem, proposta para descrever o percurso da aprendizagem dos alunos a partir de diálogos baseados em questões científicas. Essa ferramenta, sendo associada às teorias citadas, permite observar as transições entre três níveis de abstração por meio da esquematização e pleromatização. A Figura 8 mostra os níveis de abstração dessa ferramenta analítica e como ela se apresenta:

Figura 8: Modelo de Trajetória de Aprendizagem para investigar os níveis de abstração de conceitos científicos



Fonte: Silva (2023, tradução nossa)

A Figura 8 mostra os níveis de abstração potenciais na trajetória de aprendizagem que os alunos podem alcançar no processo de construção de significado. Segundo o autor, a ferramenta é dividida em duas partes: sendo a primeira (A, B e C), relacionada à abstração do conceito na direção do que está de acordo com a visão científica; o segundo (A', B' e C') está relacionado com a abstração do conceito em direção ao que está em desacordo com a visão científica. Essa divisão, segundo o autor, se baseia na ideia de que o aluno, durante a trajetória da aprendizagem de um conceito, pode transitar entre vários tipos de ideias (sendo científicas ou não) e sobre o papel importante das conceituações equivocadas na aprendizagem de conceitos científicos (HAMZA e WICKMAN, 2007, apud SILVA, 2023).

Nesse sentido, a esquematização e pleromatização dependem da natureza do signo e como as pessoas vão interagir com esse signo. Os intervalos de esquematização estão entre o ponto B e o ponto B', enquanto que a faixa de pleromatização é mais ampla, abrangendo todos os níveis, de C até C'. Segundo o autor, para se deslocar para A, B, C ou A', B', C' a mediação dos signos pode

transitar também no eixo “X”, o eixo do concreto, em que o aluno tenta estabelecer relações com fenômenos macroscópicos para conectar conceitos cotidianos aos científicos. Por fim, os níveis A, B, C e A', B', C' são definidos pelo autor como:

- A – A': primeiro nível – uso de signos concretos para representar uma ideia (por exemplo, a substância da água é representada por uma imagem icônica de um copo com pequenas moléculas);
- B - B': segundo nível - uso de linguagem verbal para representar uma ideia (por exemplo, explicação verbal sobre a diferença entre substância simples e composta);
- C – C': terceiro nível – os alunos são capazes de resolver um problema científico, mas não são capazes de verbalizá-lo por meio de signos generalizados e explicar como o problema foi resolvido ou justificar suas respostas. Além disso, os alunos podem ter um “sentimento” que os orienta na direção de uma definição relacionada com o conceito científico. (SILVA, 2023, tradução nossa)

Conforme representado na Figura 8, o autor afirma que é importante destacar que esses níveis de abstração coexistem na linguagem verbal e não verbal, semelhante à noção de que a esquematização e a pleromatização são expressas em linguagem verbal e linguagem interna (FOSSA, 2017, apud, SILVA, 2023). Assim, é possível observar qual o nível predominante de abstração expressado em momentos específicos de análise na aplicação do MTA, compreendendo o tipo de signo expresso (esquemático ou pleromático; signo-ponto ou signo-campo). A ideia central da ferramenta, para Silva (2023), é a possibilidade de acompanhar o percurso da aprendizagem dos alunos através da classificação de ideias externalizadas por eles com base nas teorias de Vygotsky e Valsiner. Como consequência, o autor afirma que o MTA mantém uma natureza descritiva e analítica para lidar com dados qualitativos coletados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, o grupo foi conduzido para a biblioteca da escola, em que tiveram uma breve exposição do conteúdo, por meio da explicação do pesquisador deste trabalho, também utilizando slides como recurso didático. Os estudantes já haviam tido contato em sala de aula com o conteúdo em questão no ano anterior. Logo após a explicação os estudantes viram um vídeo curto de 4 minutos, com cenas do anime Fullmetal Alchemist Brotherhood que ilustrava a lei da conservação das massas. A introdução inicial e o vídeo duraram cerca de 25 minutos e a resolução das duas atividades propostas tiveram duração de cerca de 20 minutos.

5.1 ANÁLISE DO PROBLEMA

No Quadro 1, apresentamos o diálogo entre os estudantes sobre as possíveis explicações para esse problema. O intuito do diálogo é analisar através do discurso de cada um deles, assim como suas gesticulações e expressões faciais, em que nível de abstração vão estar a cada turno de fala. Sendo A, B e C, os níveis relacionados à abstração do conceito na direção do que está de acordo com a visão científica; e A', B' e C' níveis relacionados com a abstração do conceito em desacordo com a visão científica.

Quadro 1: Diálogo e níveis de abstração acerca da lei da conservação das massas

Turno	Pessoa	Diálogo	Nível de abstração
1	Maria	Eu acho que ele se utilizou de outras coisas além do ferro para colocar naquela espada...(4 segundos de silêncio e olhando para os outros participantes).	Pleromatização C
Comentário: O participante tem ciência de que provavelmente há algo além do ferro utilizado pelo alquimista para fazer a espada, contudo, não tem clareza sobre a formulação que quer fazer para explicar o que possivelmente poderia ter acontecido para que houvesse essa mudança na massa do objeto. Nesse sentido a predominância do nível da pleromatização é evidenciado pela pausa em sua fala e a busca de validação olhando para os outros colegas.			
2	Maria	Porque se fosse dois gramas de ferro para quantidade de sangue que tinha. É muita coisa! Então teria que ter muito sangue.	Esquematização B
Comentário: Nesse caso, Maria vai para o nível da esquematização. Contudo, é preciso ressaltar que no problema não se utiliza a palavra sangue. Ela acabou se confundindo com o exemplo utilizado em vídeo em que a personagem principal da animação faz uma transmutação de uma espada de ferro em meio a uma grande quantidade de sangue. Seu raciocínio estava certo, com relação a quantidade de ferro que se pode extrair de uma amostra de sangue, em proporção estequiométrica.			
3	Maria	Então ele deve ter misturado com alguma outra substância para poder alcançar uma quantidade boa para poder moldar a espada.	Esquematização B
Comentário: A noção de que o apenas o ferro não seria suficiente para explicar o porquê a espada do exemplo continha 5 kg de massa está correta. Contudo, ainda é uma definição vaga, que se enquadra na pleromatização, pois ela identifica que pode estar misturado com outras substâncias mas não chega a definir o que poderia ser, que é o intuito do problema. Enquadrando-se assim, na pleromatização.			

4	Júlia	Ou então... Talvez seja o mesmo caso da ferrugem, não? (a sua fala foi bem baixa e olhando para baixo)	Pleromatização C
Comentário: Nesse caso, o participante relaciona o possível aumento de massa do ferro com a reação de oxidação, explicada na aula introdutória, de como o oxigênio pode aumentar a massa de um material por meio da ferrugem. A postura da resposta mostra que houve predominância da pleromatização, falou em um tom de voz muito baixo e evitou o contato visual com os outros participantes ou o pesquisador, também sem formular uma explicação sobre como poderia ter acontecido a influência da ferrugem.			
5	Júlia	Também pode ser!	-
6	João	Será que ele teria todo o oxigênio presente no ambiente? (gesticulando muito, mão no rosto, e tom de dúvida na resposta)	Pleromatização C
Comentário: Aqui novamente é levantado um questionamento vago a respeito do quanto de oxigênio presente no ar precisaríamos para ter 3 kg a mais (na forma de ferrugem) em uma espada que foi utilizado 2 kg de ferro. Novamente se enquadra na pleromatização, pois o participante levanta o questionamento, mas, sem verbalizar suas ponderações a respeito da afirmação do outro participante, deixando apenas a sensação de que seu questionamento era válido naquela situação.			
7	Maria	Isso pode ser também	-
-	Professor	Naquela cena que vocês viram que ele está num mar de sangue e vocês veem que ele consegue tirar uma espada de ferro. Só que a gente viu que a relação é muito, muito diferente da quantidade de sangue que precisa para fazer uma graminha de ferro. Então, o que é que vocês acham sobre isso?	-

Comentário: Aqui, como os alunos não haviam formulado outras possibilidades, o professor fez uma intervenção. Trazendo novamente à tona a questão da proporção de ferro que há no sangue para que eles possam formular mais os seus pensamentos, mesmo que saia do problema inicial que em nenhum momento foi dito que o material teria vindo do sangue, mas sim do ferro como material originário. O intuito da intervenção é que os participantes verbalizem mais os seus conhecimentos e impressões sobre a lei da conservação das massas em suas palavras.

8	Maria	Teve um erro ali, né, De ter muito, tem que ter muito ferro pra poder formar esses dois gramas, esses dois quilogramas, né? Porque para essa quantidade tinha que ser muito grande, porque é muito ferro que ele teria que utilizar.	Esquematização B
---	-------	--	---------------------

Comentário: Aqui o participante faz um comentário relevante, sobre a quantidade de ferro possível de extrair do sangue, que é mínima. Explicitando que conseguiu entender a ideia da conservação das massas, entendendo que as massas devem se conservar a partir do material originário, ou seja, a quantidade de ferro que pode ser extraída de uma amostra de sangue é igual a quantidade de ferro que havia no sangue inicialmente.

9	João	Poderia ser por causa do oxigênio presente no ambiente? (Gesticulando com uma das mãos no rosto e o tom de pergunta na resposta)	Pleromatização C
---	------	--	---------------------

Comentário: O participante faz um comentário ainda na mesma linha do seu pensamento anterior, se haveria oxigênio suficiente, se esse oxigênio poderia ser utilizado para aumentar a massa da quantidade de ferro presente inicialmente, mas novamente, sem formular, apenas fazer uma menção de que poderia ser possível. Se enquadrou como uma pleromatização pela gesticulação excessiva de sua mão na altura do rosto e ter apresentado sua resposta como uma pergunta... Inseguro do que estava falando.

-	Professor	E esse oxigênio. E aconteceu o que com ele?	-
---	-----------	---	---

Comentário: A ideia do professor nesse momento era fazer com que o aluno pudesse ir ao nível da esquematização, formalizando mais os seus pensamentos a respeito da possível causa da influência do oxigênio no problema em questão.			
10	João	Não sei... Talvez ele pudesse ter usado o oxigênio que estava em contato com o sangue, assim como no experimento de Lavoisier... Se ele tivesse feito na temperatura diferente daquela que ele fez, se tivesse feito um alívio no caso, poderia ter dado errado.	Esquematização B
Comentário: Apesar da resolução do problema ter ido a uma direção diferente com influência da cena do anime vista pelos participantes, pode-se dizer que a formulação dele vai na mesma direção do que foi pensado anteriormente, só que pensando também na influência que o oxigênio presente no sangue, carregado pela hemoglobina, que poderia ter afetado o resultado do experimento do problema em questão. Esse levantamento é pertinente para a discussão e também fez uma ponderação com referência da importância das condições que são feitos os experimentos, como a temperatura, no exemplo dado pelo estudante.			
11	Maria	Então pode ter sido reação com outros gases além do oxigênio também... (pausa longa para pensar)	Pleromatização C
Comentário: O participante nesse momento levanta mais uma hipótese, que não foi completamente formulada, há uma pausa longa na resposta, indicando que ela não conseguiu verbalizar mais a fundo o que gostaria de dizer, ficou como uma resposta inacabada, indo novamente ao nível da pleromatização.			
12	Júnior	Porque pela lógica, isso é a espada que ele faz é de cinco quilos e dois gramas só de ferro. Esses outros três que ele está sobrando... (Participante estava rabiscando no papel e fazendo pausas para explicar)	Pleromatização C

Comentário: Nesse turno o estudante revisa e formula uma resposta depois de estar rabiscando no papel, dá algumas pausas para pensar e formular. Nesse caso, o nível de abstração predominante também foi a pleromatização.

13	Júnior	Ele teoricamente tem que ser de outros gases, porque se não ele vai ter que vai ter meio que quebrado uma lei que é inquebrável, digamos assim. (O aluno estava gesticulando e demonstrou pelo seu tom de voz, ter um pouco de dúvida com relação a sua resposta)	Pleromatização C'
----	--------	---	----------------------

Comentário: Não necessariamente teria que ter vindo de outros gases. Além de ter sido uma hipótese vaga, está em desacordo com a visão científica do conceito, pois em nenhum momento é dito que o aumento de massa veio de outros gases especificamente. Assim como a gesticulação e ainda estar pensando enquanto verbalizava sua resposta, a caracteriza como uma pleromatização.

-	Professor	Isso é certo, mas só poderia ter sido gases? Porque se ele faz uma transmutação no chão, no chão, pode ter outros materiais.	-
---	-----------	--	---

Comentário: O professor novamente tenta tirar uma formulação mais completa dos participantes, fazendo-os pensar se somente a sua hipótese com relação a hemoglobina, o oxigênio e outros gases seriam pertinentes para a discussão. Fazendo-os refletir sobre quais os outros materiais que poderiam ter influenciado naquela liga metálica.

14	Maria	É, pode ter substâncias do chão também, ou até do próprio sangue... Ele poderia ter usado outra coisa além do ferro.	Esquematização B
----	-------	--	---------------------

Comentário: Após a intervenção, foi possível extrair dos alunos uma resposta mais completa, que existem outras substâncias que podem ter afetado o peso da espada do problema.

-	Professor	Certo. Por exemplo, o aço, como vocês sabem, é uma liga metálica? No solo tem a presença de outros minerais. E vocês acham que isso pode ter feito alguma influência nessa transmutação?	-
Comentário: Nesse momento, o professor tentou sugerir outra coisa para que surgissem novos questionamentos e pudéssemos analisar a trajetória de aprendizagem dos alunos.			
15	Júnior	Esses três quilos ficam sobrando pode também ser de impureza, digamos assim, de outras coisas além do ferro. Na teoria... (silêncio por alguns segundos, pensando)	Esquematização B
Comentário: Sim, poderia ter vindo de impurezas do solo, minerais, é um problema aberto, então é importante que eles se questionem das possibilidades que podem ter acontecido, mostrando que estão a par da abrangência do problema.			
16	Maria	Ele pegou todos os elementos do ar da terra e acabou juntando, numa espada.	Esquematização B'
Comentário: Nesse momento aqui eu acho que foi uma extrapolação do que pode ter acontecido, apesar do conceito de elemento utilizado nessa fala, que está em desacordo com a visão científica.			
17	Júlia	E juntou!!	-

Fonte: Própria

Como é possível observar no Quadro 1, durante todo o diálogo relativo ao problema, aconteceram oscilações entre os níveis pleromatizados e os níveis verbalizados. Tendo em vista que a categorização feita em cada turno considerou o nível de abstração dominante em cada turno de fala, em alguns momentos, como no

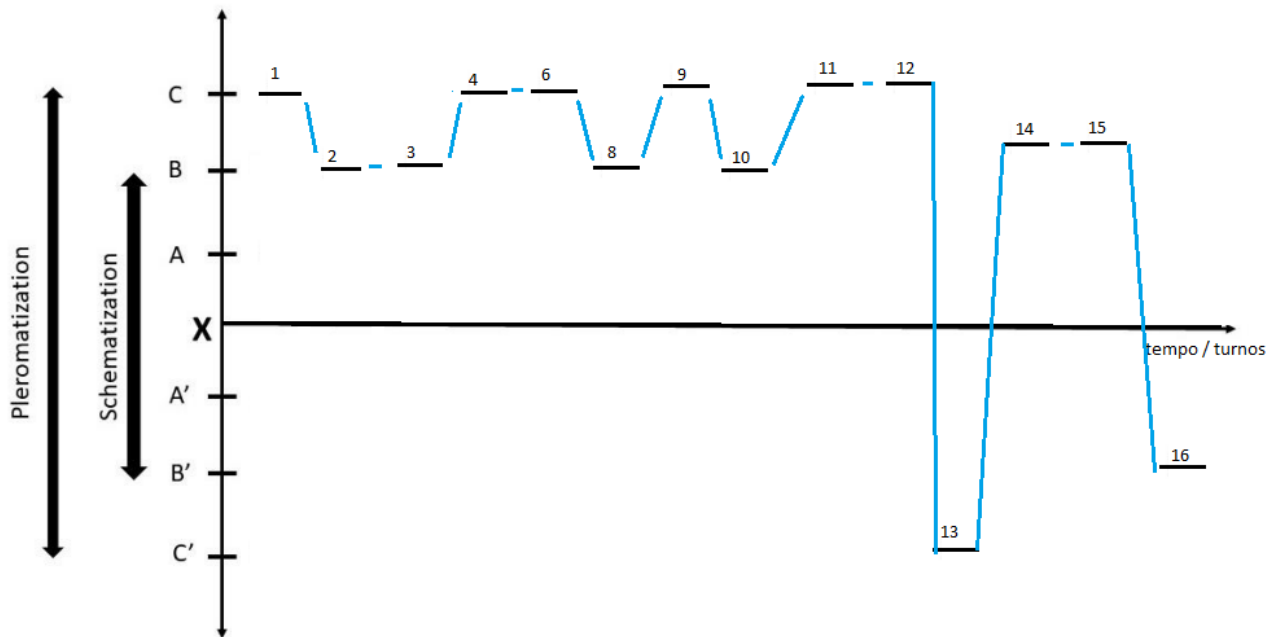
turno 13 e 16, os alunos teceram comentários equivocados, em desacordo com a visão científica do problema trabalhado.

Também é possível destacar os turnos 2, 3, 10, 14 e 15, nos quais os alunos se enquadraram predominantemente no nível de abstração da esquematização nível B, em que se utilizaram da expressão verbal para formular o que havia sido pedido, conseguindo organizar as ideias de forma clara, concisa e de acordo com o ponto de vista científico.

Contudo, é importante também observar o grande papel da pleromatização na construção da compreensão dos conceitos científicos. Nos turnos 1, 4, 6, 9, 11, 12 pudemos observar que houve predominância no nível de abstração da pleromatização de acordo com o ponto de vista científico. Isso significa que os alunos, em sua predominância, tiveram dificuldade de verbalizar, gesticulando bastante, mostrando a predominância da afetividade na externalização do seu pensamento, eles mostraram que estavam indo na direção certa, com formulações que estavam de acordo com as bases do conceito trabalhado mas não conseguiram verbalizar. O que foi verbalizado aconteceu de forma vaga, deixando claro que estava havendo grande predominância da dimensão afetiva, pela tentativa de expressão, utilizando pausas para formular melhor, assim como gestos que deixam claro a tentativa de expressão dos seus pensamentos.

É possível observar na Figura 9, a representação da trajetória de aprendizagem dos estudantes durante a resolução do problema proposto. É importante ressaltar que essa é a trajetória de aprendizagem conjunta dos estudantes, que mostra qual a predominância do nível de abstração dos estudantes em cada turno de fala.

Figura 9: Trajetória de Aprendizagem coletiva com as respostas do problema



Fonte: elaboração própria

A pleromatização, vista nos turnos 1, 4, 6, 9, 11, 12, se caracteriza como um signo-campo hipergeneralizado, em que estava ali caracterizado a complexidade do pensamento dos estudantes a respeito daquele conceito, que estavam tentando externalizar de forma verbal, a interpretação de todos os diversos signos que tiveram contato durante sua trajetória de aprendizagem do conceito em questão. Lembrando que a trajetória de aprendizagem de um conceito começa desde o momento que se tem contato com ele até a sua compreensão em maior profundidade, sendo a trajetória traçada neste trabalho apenas um pequeno recorte da aprendizagem, que se trata de um fenômeno muito complexo de se captar por completo e que não se dá em um momento específico. Não é possível ter acesso ao que o estudante está pensando ou em que momento ele está formulando novas ideias. Os participantes desta pesquisa, afirmaram e foi confirmado pelo professor da disciplina, que eles já haviam estudado A lei da conservação das massas e que já era um conceito que eles tinham domínio, mas, ao se deparar com um problema, fica claro que eles ainda não tinham esquematizado o conceito com profundidade, ainda sem conseguir decodificar a complexidade do fenômeno e as possibilidades práticas de interpretação do problema.

Assim, esses turnos conseguem mostrar a importância do professor prover ao aluno vários tipos de “pontos de vista” e contato com as diferentes linguagens que explicam um fenômeno, sendo ele trabalhado em um jogo, um anime, um filme, uma aula, um documentário, um experiência prática, etc, provendo assim uma gama de signos que são necessários para que o aluno possa ter uma compreensão maior dos fenômenos, que são as bases para a formulação de conceituações e teorias, para que o aluno possa verbalizar a respeito do conteúdo trabalhado de forma mais profunda. Nesse sentido, a quantidade e qualidade dos signos providos pelo professor, que é o mediador da construção do conhecimento dos alunos é de suma importância para que eles tenham mais possibilidades de interpretação da complexidade natural dos fenômenos e desenvolver em seu intelecto a melhor forma de conseguir entendê-lo e verbalizá-lo, esquematizando-o em um signo-ponto reduzindo sua complexidade ao campo da linguagem mas sem perder a essência do entendimento do fenômeno em questão.

O papel do anime na resolução do problema foi de fornecer o estímulo visual e contextual do fenômeno em questão, assim como também fornecer o contexto do problema, ajudando o aluno a relacionar o que ele aprendeu com o universo fictício que ele teve contato. Por isso que, nesse sentido, várias vezes os alunos recorreram a alguma cena que foi vista no vídeo (de 4 minutos), para conseguir explicar e trazer uma lógica por trás da sua fala. Nesse sentido, ficou claro que a utilização do anime teve influência na resposta dos alunos, apesar de ter sido um breve contato com o universo do anime, trouxe a representação do fenômeno de forma visual, assim como também de forma lúdica e divertida, que pode ter auxiliado eles, apesar de muitas falas um pouco vagas, eles a todo momento tinham a sensação de estar chegando em uma formulação.

No que diz respeito aos turnos 13 e 16, as concepções formuladas pelos participantes, nesse momento, se configuraram como concepções equivocadas, em desacordo com o conhecimento científico. No turno 13 o participante Júnior respondeu o seguinte: “ Ele teoricamente tem que ser de outros gases, porque se não ele vai ter que vai ter meio que quebrado uma lei que é inquebrável, digamos assim”. Essa resposta não estaria em desacordo com o ponto de vista científico se ele tivesse dito que poderia ter vindo de outros gases, mas sua fala dá a entender que a alteração da massa do objeto só poderia ter vindo de “outros” gases, quando

na verdade, o problema deixa bem claro que não tem como saber qual foi a substância que impactou na mudança da massa, mas que existiu a influência de outras substâncias para haver a alteração da massa e assim dar a impressão de que a lei da conservação das massas foi “quebrada”. Também se caracterizou como uma pleromatização pela insegurança que o aluno formulou a hipótese, assim como estava gesticulando e a hipótese era vaga, em nenhum momento foi explicado porque teria de vir de “outros” gases a alteração da massa do objeto.

No turno 16, a seguinte resposta chama a atenção: “Ele pegou todos os elementos do ar, da terra, e acabou juntando, numa espada”. Essa resposta mostra estar em desacordo com o ponto de vista científico pela utilização da palavra elemento, que nesse sentido proposto, significa que o alquimista do problema, teve influência de várias substâncias e fatores presentes nos arredores para haver uma alteração da massa, que seria uma possível resposta para o problema proposto, mas, o problema está em confundir os conceitos de substâncias e elementos, que é um resquício de antigas concepções da matéria, antes do entendimento de átomo. Por isso, o turno foi qualificado como verbalização em desacordo com o conhecimento científico (B’).

No que tange a participação do professor, é importante ressaltar que o principal intuito seria conseguir extrair mais respostas dos alunos, ou seja, indagá-los com o objetivo que eles pudessem expressar melhor os seus pensamentos. Contudo, também é preciso observar que essa intervenção acaba mudando o rumo da conversa e até a opinião dos estudantes em alguns momentos, por não se sentirem muito seguros das suas respostas. Após o turno 7, a primeira intervenção foi feita, após eles iniciarem falarem sobre uma das cenas do anime, em que a personagem em questão consegue “transmutar” uma espada a partir de um mar de sangue, surgiu a oportunidade de questionar eles a respeito da quantidade de ferro presente na hemoglobina, que leva os alunos a se questionar sobre a veracidade da cena do ponto de vista científico, pois precisaria de uma quantidade de sangue muito grande para conseguir retirar mais de 1kg de ferro. Que acabou sendo uma observação válida, afinal é preciso respeitar as proporções nas transformações, pois não é possível criar, no dado contexto, criar elementos que não estavam presentes antes de uma transformação, seja ela física ou química.

Também, após o turno 8, em que um dos participantes levanta uma possibilidade, dizendo que a influência na massa da espada do problema poderia ter se dado pelo oxigênio presente no ambiente, mas ainda pouco formulada, se caracterizando como uma pleromatização, o professor fez uma intervenção, estimulando o aluno a formular melhor sua resposta, que acabou formulando melhor. O participante reformulou: “[...] Talvez ele pudesse ter usado o oxigênio que estava em contato com o sangue, assim como no experimento de Lavoisier... Se ele tivesse feito na temperatura diferente daquela que ele fez, se tivesse feito um alívio no caso, poderia ter dado errado”. Essa observação é relevante pois fala sobre as condições necessárias para que uma transformação aconteça, assim como também levanta a possibilidade para a influência de outras substâncias que estão presentes no sangue, como foi levantado a partir do turno 2.

É interessante observar como as experiências passadas e os conhecimentos prévios têm influência na aprendizagem de novos conceitos ou na conceituação de um fenômeno já conhecido. Nesse turno em questão, o participante utilizou de seus conhecimentos prévios no estudo de química para fazer uma ressalva a respeito das condições necessárias para que uma transformação aconteça, destacando a contribuição de Lavoisier. Nesse caso, o participante não se baseou em um conhecimento cotidiano, mas se baseou em um conhecimento científico relacionado com o conceito em questão de lei da conservação das massas e levantou uma observação relevante.

Uma outra intervenção do professor que influenciou na resposta dos alunos, foi com relação ao turno 13, em que o participante chama a atenção dizendo que a influência de gases causaram a alteração na massa. Então o professor disse: “Isso é certo, mas só poderia ter sido gases? Porque se ele faz uma transmutação no chão, no chão, pode ter outros materiais”. Chamando a atenção para a necessidade de uma reformulação, fazendo com que o aluno saia do nível de abstração da pleromatização em desacordo com os conhecimentos científicos (C’) e possa esquematizar, organizando melhor o pensamento. Então, a proposta inicial da fala do aluno no turno 13, que era que a alteração foi causada por gases, foi reformulada da seguinte forma como mostra na Quadro 1, turno 15: “Esses três quilos ficam sobrando pode também ser de impureza, digamos assim, de outras coisas além do

ferro [...]”, esquematizando o conhecimento agora de forma mais assertiva e mais abrangente, de acordo com a visão científica.

O questionamento levantado pelo professor também foi motivador para que outro participante se manifestasse, como mostrado no turno 14, que também levantou um ponto relevante para a discussão: “É, pode ter substâncias do chão também, ou até do próprio sangue... Ele poderia ter usado outra coisa além do ferro”. Essa fala mostra que eles entenderam a proposta do problema e a necessidade da abrangência da resposta, que não haveria uma resposta exata e mostra que eles desenvolveram um bom domínio do conteúdo trabalhado. Dessa forma, é possível destacar a importância da atuação do professor como mediador da construção do conhecimento e significados feito pelos alunos durante toda a trajetória de aprendizagem.

5.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

No que tange o segundo momento da coleta de dados, os participantes foram solicitados a responder um questionário de 3 perguntas, que tinha o objetivo de conseguir extrair um pouco mais do que eles puderam aprender a respeito do conceito trabalhado na pesquisa, contribuindo para uma análise mais detalhada da trajetória de aprendizagem. Assim, a primeira pergunta do questionário foi: “Por que você acha que a massa se conserva durante as transformações químicas e físicas?”. O intuito dessa pergunta é entender melhor o que eles conseguem sintetizar de lei da conservação das massas, de forma escrita, assim como explicar na opinião deles, o porquê da massa se conservar, ou seja, porque esse fenômeno é observado. As respostas dos alunos, que foram feitas de forma manuscrita, estão transcritas no Quadro 2, também adicionado comentários do pesquisador.

Quadro 2: Resposta escrita dos alunos para a primeira pergunta

Participante	Resposta	Nível de abstração
Júnior	Essa é uma lei universal, faz também lógica dentro da perspectiva humana, não faz sentido algo sumir ou aparecer “do nada”, sendo essa uma das leis que o universo possui, sendo percebida por Lavoisier.	Esquematização A
Comentário do Pesquisador: O comentário mostra que o participante tem a percepção que a lei da conservação das massas é um postulado que é necessário para que o universo seja coerente. Contudo é preciso ter cuidado ao afirmar que algo é absoluto ou que foi percebido por uma pessoa em específico. Lavoisier foi um dos que contribuíram para formular esse postulado, mas não foi o primeiro nem o único a perceber. Pode ser categorizado como uma esquematização (A) que está de acordo com a visão científica, apesar das ressalvas destacadas.		
João	Pois não é possível que os elementos se percam na reação.	Esquematização A'
Comentário do pesquisador: É possível afirmar que essa resposta foi um pouco simplista, pois a lei da conservação das massas na verdade versa sobre a conservação das massas e não dos elementos químicos. Isso significa que o estudante ainda apresentou uma visão limitada com relação à abrangência do conceito científico. É uma resposta insuficiente para explicar o porquê a massa se conserva. Podendo ser categorizado como uma esquematização tipo A' que não representa com assertividade o conceito de acordo com a visão científica.		
Maria	Porque a substância, ou o elemento químico, é transformado a partir de uma reação, química ou física. Se não fosse assim, um questionamento deveria ser levantado: “Para onde	Esquematização A

	iria a massa?”. Dessa forma, podendo concluir que a massa se conserva porque ocorre uma transformação, não uma perda (ou ganho).	
Comentário do pesquisador: Essa resposta é interessante porque ela se utiliza apenas da lógica para justificar seu argumento, sem comentar sobre os experimentos que foram necessários para que essa hipótese se mostrasse verdadeira. É uma resposta que é suficiente e trás um argumento lógico para explicar porque a massa se conserva durante as transformações.		
Júlia	Porque não faria sentido a massa sumir, se ela é transformada ela apenas se modifica, como acontece em alguns processos, mas sua composição ainda permanece	Esquematização A
Comentário do pesquisador: Segue a mesma lógica da resposta anterior, que não faria sentido a massa sumir pois ela sofre transformações, então a matéria deve se conservar mesmo que seja de outras formas. Contudo, houve um pequeno equívoco com relação à composição, pois uma reação química é capaz de mudar a composição da matéria, o que se conserva é a massa.		

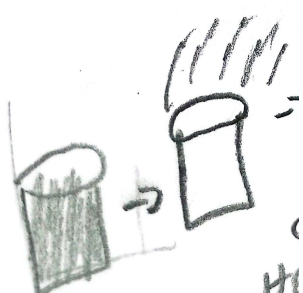
Fonte: própria

De forma geral, as respostas dos participantes seguem uma linha lógica. Contudo, o participante João comete um equívoco ao falar de elementos químicos, pois a lei da conservação das massas não é sobre a conservação de elementos químicos em uma transformação. Os outros participantes deram respostas que mostraram domínio com relação à lógica do conceito científico em questão, respondendo o intuito inicial da pergunta que seria entender melhor o que eles entenderam e como eles explicam o porquê do fenômeno da massa se conservar.

A segunda pergunta abordada no questionário foi: “Represente da forma mais adequada para você (pode ser desenho, frase, um texto, etc) um processo em que a massa se conserva. Explique sua representação, caso esta seja um desenho”. O

intuito principal dessa pergunta é entender quais as representações que os alunos vão utilizar para explicar o conceito e como vão relacionar o conceito com exemplos, ou seja, o tipo de signo que será utilizado para relacionar com a lei da conservação das massas. É possível observar, no Quadro 3, as respostas para a segunda pergunta, com os comentários do pesquisador:

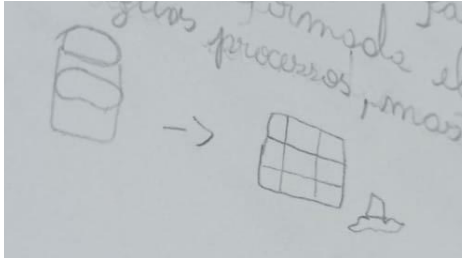
Quadro 3: Resposta escrita dos alunos para a segunda pergunta

Participante	Resposta	Nível de abstração
Júnior	Se misturamos cores de tintas azul e vermelho, resultará na tinta roxa, mas com a soma das massas das duas tintas iniciais. Eles se combinaram e resultaram em algo novo, mas com a soma das massas das tintas azul e vermelho, a massa se conserva.	Esquematização A
Comentário: O exemplo de representação escolhido pelo aluno mostra que o aluno recorreu a um exemplo concreto, no caso a tinta, para exemplificar um conceito amplo e abstrato.		
João	 Na evaporação da água é visto que a água após receber uma determinada temperatura ela se transforma em vapor, que apesar de não ser visível, prova que houve a transformação da água, ou seja, ela não desapareceu	Esquematização A
Comentário: A representação da água evaporando pode ser utilizada para mostrar		

que apesar da transformação a massa se conservou. Contudo a explicação do aluno foi insuficiente, pois após chegar a uma certa temperatura (recebendo uma quantidade de calor suficiente para aumentar a temperatura até a temperatura de ebulição), e ocorre a transformação, o vapor prova que a água não sumiu, mas ele não explicou que a massa do vapor deveria ser a mesma que a massa da água inicial utilizada na transformação física. A resposta foi incompleta mas representou que houve apenas a transformação da matéria.

Maria	Poderíamos exemplificar através de um processo longo: decomposição. Quando morremos, nossa massa não “se perde” ela é transformada, por exemplo, em relação a terra, onde se transforma e pode servir de fertilizante. Por isso, os cemitérios possuem um solo fértil, na sua maioria.	Esquematização A
-------	--	---------------------

Comentário do pesquisador: Nesta resposta, podemos observar que o participante utiliza de outras noções, no caso tratando de outro fenômeno, a decomposição, para explicar que a matéria orgânica dos nossos corpos voltam para a terra, ou seja, não se perde, apenas se transforma.

Júlia		Esquematização A
-------	--	---------------------

Comentário: Aqui é interessante que o participante escolheu representar apenas na forma de um desenho, utilizando o que aparenta ser a transformação da água para o gelo, ou seja, apesar da transformação eles são equivalentes. Ou seja, utilizou-se da representação de signos concretos para demonstrar uma ideia.

Fonte: própria

Essa pergunta foi muito importante para observar a trajetória de aprendizagem dos alunos, pois nos permitiu entender melhor qual foi o direcionamento psicológico que os alunos tiveram para representarem a lei da conservação das massas. O participante Júnior escolheu representar o conceito a partir de uma comparação utilizando tintas, que são signos concretos, ou seja, ele se utilizou de um exemplo concreto para representar um conceito genérico e abstrato,

mostrando que muitas vezes recorremos a exemplificações concretas para que possamos aprender melhor alguns conceitos abstratos.

Da mesma forma, o participante João se utiliza de um signo concreto, dessa vez, o participante utilizou um desenho para representar a sua ideia, contudo, na sua explicação do desenho, falou apenas que a água se transformava e não deu a entender que a massa inicial e final permaneceram as mesmas, se caracterizando como uma resposta incompleta, apesar de ter conseguido representar e explicar que apenas houve uma transformação da matéria.

A participante Maria, utilizou um fenômeno complexo para explicar outro conceito, fazendo um movimento com conhecimentos prévios, se apoiando em um conceito para explicar outro, que nesse caso foi a decomposição para explicar a lei da conservação das massas deixando claro que o material decomposto apenas sofreu uma transformação, que ele não “sumiu”.

Já a participante Júlia escolheu uma representação puramente concreta. Por meio de um desenho ela exemplificou a lei da conservação das massas. O desenho em questão mostra um copo de água que virou cubos de gelo, representando que houve uma transformação. Contudo, vale pontuar que a representação não foi suficiente para demonstrar que a massa permanece constante, apenas que houve uma transformação do estado físico.

Nesse sentido, as respostas dessa pergunta foram muito interessantes pois nos permite ter acesso à forma de representação que os alunos pensaram durante sua trajetória de aprendizagem. Em sua maioria, os participantes apresentaram signos concretos para representar uma ideia, indo até o nível da representação icônica para que pudessem fazer uma comparação com um conceito abstrato, isso nos mostra que os alunos tendem a se apoiarem em exemplos concretos para entender e explicar conceitos científicos, fazendo um paralelo com a contribuição de Vygotsky (1962) sobre conhecimentos cotidianos e conhecimentos científicos, mostrando que a compreensão do conhecimento científico muitas vezes é apoiado pelo conhecimento cotidiano.

Porém, também foi visto no exemplo da participante Maria, que é possível também que o aluno retorne conhecimentos científicos já vistos anteriormente para explicar um outro conhecimento científico que estão estudando. Nesse exemplo, o

participante se utilizou do conceito de decomposição da matéria orgânica para exemplificar a lei da conservação das massas, ressaltando que o conhecimento e o pensamento nunca vai ser isolado de um contexto ou de conhecimentos relacionados, sempre se apoiando em conhecimentos prévios para formular, representar e construir novas ideias.

Finalmente, a terceira pergunta abordada no questionário foi: “Como você explicaria a lei da conservação das massas para alguém que não conhece esse conceito? Descreva como explicaria e os exemplos que utilizaria”. O intuito principal dessa pergunta é entender quais os exemplos e formas de explicação que os próprios alunos utilizariam para explicar a um terceiro o que é a lei da conservação das massas, pois além de apenas internalizar o conceito e saber, também é importante que uma pessoa que tenha domínio do conteúdo também consiga externalizar e estabelecer relações do conceito científico com outros conhecimentos para explicar a um terceiro. No Quadro 4 as respostas escritas para a terceira pergunta do questionário:

Quadro 4: Resposta escrita dos alunos para a terceira pergunta

Participante	Resposta	Nível de abstração
Júnior	A lei da conservação das massas é uma lei do universo, em que a massa das substâncias não vai sumir ou aparecer, ela é constante, não pode ser destruída ou criada. Um exemplo disso é uma receita de bolo, se adicionarmos 300g de farinha e 7g de manteiga, a mistura final terá 307g, pois as massas se conservam.	Esquematização A
Comentário: Nesse caso o estudante explicou o conceito e exemplificou com um exemplo concreto do conhecimento cotidiano. Foi capaz de relacionar o conhecimento científico com o conhecimento cotidiano. Também trouxe um termo muito importante que é a “constância”, que representa o equilíbrio de massa nas		

transformações.		
João	Citaria o exemplo da queima do papel e diria que apesar das cinzas finais possuem um menor volume que a folha inicial, os gases liberados complementaríamos essa falta.	Esquematização A'
Comentário: Também se utilizou de um exemplo concreto para dar um exemplo da conservação das massas. O que foi interessante observar é que o estudante escolheu um exemplo contra-intuitivo, pois as cinzas finais teriam uma massa menor do que a folha utilizada para queimar o papel, mas que ele complementaria falando dos gases liberados na reação de combustão. O problema nessa fala foi a confusão do termo volume com o termo de massa, estando em desacordo com a lei da conservação das massas.		
Maria	Que é como uma grande balança, na qual ambos os lados precisam estar em equilíbrio, em que, as massas seriam equivalentes. Se um lado “diminui”, o outro também. Então o universo estaria em equilíbrio de massas, afinal, “nada se perde, tudo se transforma”.	Esquematização A
Comentário: Importante destacar que nesse exemplo ela utilizou a palavra equilíbrio de massas no universo, que realmente é importante para conceituar a lei da conservação das massas. Também é interessante cada um escolheu um exemplo diferente, mas todos os exemplos concretos, relacionando o conhecimento cotidiano com o conhecimento científico, que é muito importante para que uma pessoa que desconhece o conceito científico poder entender melhor.		
Júlia	O exemplo da água líquida, que ao se tornar gelo, não muda a composição.	Esquematização A'

Comentário: Nesse caso o participante se utilizou de um exemplo concreto para explicar, mas não escreveu como faria para explicar o exemplo. Além disso, também se utilizou do termo “composição” para falar do equilíbrio de massas, que não é o mais adequado, porque o exemplo se trata de uma transformação física, mas precisa ser levado em consideração que transformações químicas também precisam respeitar a conservação das massas, apesar de haver mudança na composição.

Fonte: própria

Essa pergunta foi interessante do ponto de vista de entender como seria a forma que os participantes explicariam a lei da conservação das massas para uma pessoa que ainda não o conhece. As respostas mostram uma predominância do uso de signos concretos, do cotidiano para exemplificar o conceito científico, assim como a explicação do conceito por meio da escrita, relacionando o conceito ao exemplo concreto. No entanto, é preciso também notar que os participantes Júlia e João deram respostas insuficientes do ponto de vista científico para explicar o conceito.

Júlia utilizou apenas o exemplo concreto, sem relacionar com o conceito científico em questão, assim como também falou da conservação das massas em termos de composição, o que é um equívoco. Na mesma linha, aconteceu o erro de João, em que o participante se utiliza do volume para explicar a lei da conservação das massas.

Isso evidencia que alguns estudantes ainda não tem muito bem consolidados, a aprendizagem de conceitos basilaes da Química, como os conceitos de massa, volume, composição, temperatura (que foi utilizado na resposta da pergunta anterior por João). O entendimento desses conceitos são de extrema importância para se entender conceitos mais complexos e mais abstratos da Química. Assim, pode ser necessário que o professor sempre revise com os alunos as bases fundamentais da Química antes de ensinar conceitos mais complexos e abstratos.

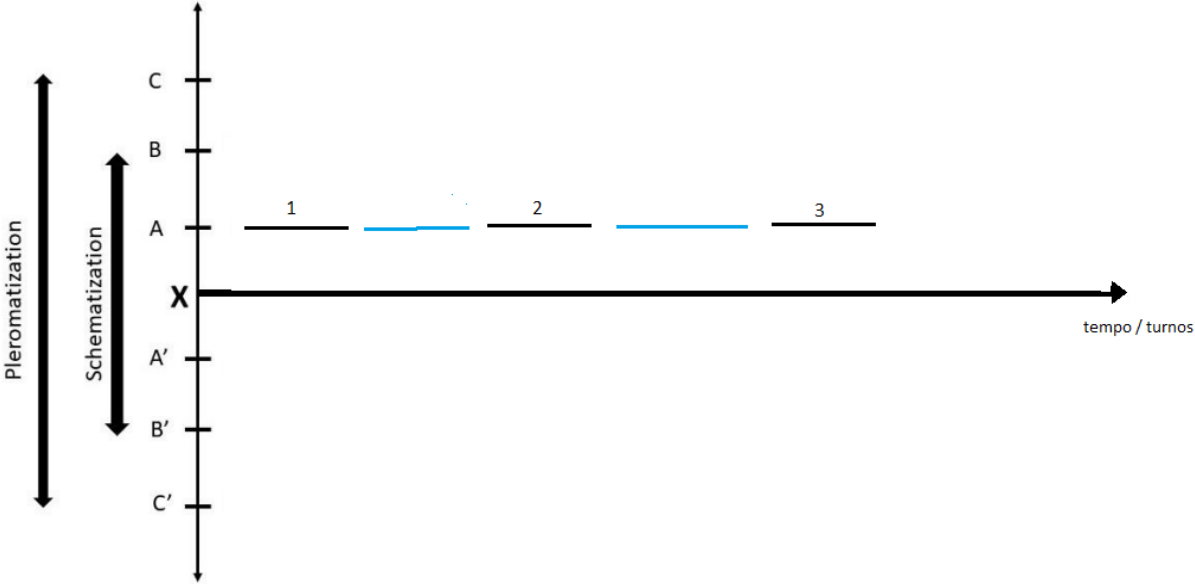
A Trajetória da Aprendizagem dos participantes na segunda atividade mostra que todos se mantiveram na zona de esquematização por signos concretos (escrita e desenhos simples). Dessa forma, esse resultado mostrou uma trajetória de aprendizagem bem diferente do que conseguimos observar na primeira atividade, de forma geral, os alunos se mantiveram no nível de abstração da pleromatização por muito mais tempo durante o decorrer da primeira atividade, enquanto que nas três

respostas do questionário os estudantes não foram a zona da pleromatização, suas respostas se mantiveram no concreto.

Isso pode significar que a primeira atividade pode ter ajudado os participantes a formular melhor os conceitos e por meio da escrita, com exemplos concretos, conseguiram se expressar melhor, mostrando um nível de abstração mais baixo, respondendo de forma bem clara ao questionário proposto. Assim como também isso pode evidenciar a diferença que existe entre a expressão verbal e a expressão escrita, que a expressão verbal exige um nível muito maior de organização das ideias, que se dá enquanto o aluno está falando, pois ele está externalizando a sua ideia. Enquanto que na resposta escrita, o aluno tem mais tempo para pensar, organizar as ideias, fazer pausas na escrita, formular melhor, ou seja, exige um nível menor de abstração para conseguir externalizar, se apoiando nos signos concretos para isso, como a escrita, desenhos, esquemas, etc.

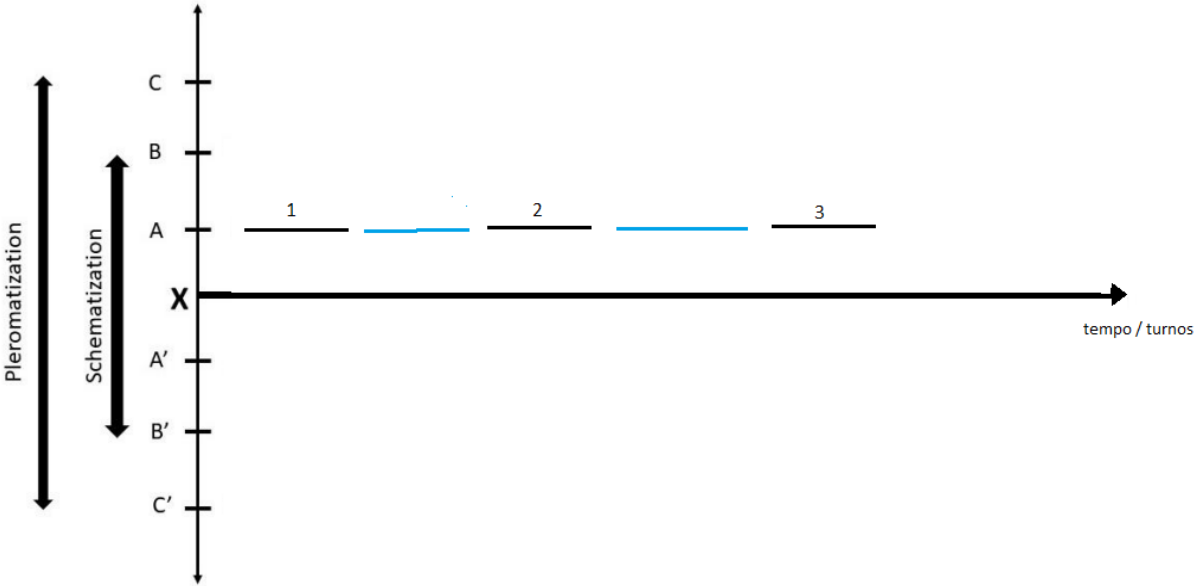
Nas Figuras 10 e 11 podemos ver a representação da trajetória de aprendizagem dos participantes Júnior e Maria com relação às resoluções da segunda atividade. É possível observar que não houve oscilação com relação à primeira atividade respondida em conjunto, corroborando com os pontos supracitados sobre a maior facilidade de externalização da escrita em comparação com a fala, que exige um nível de abstração maior.

Figura 10: Trajetória de Aprendizagem do participante Júnior com relação às respostas do questionário proposto



Fonte: elaboração própria

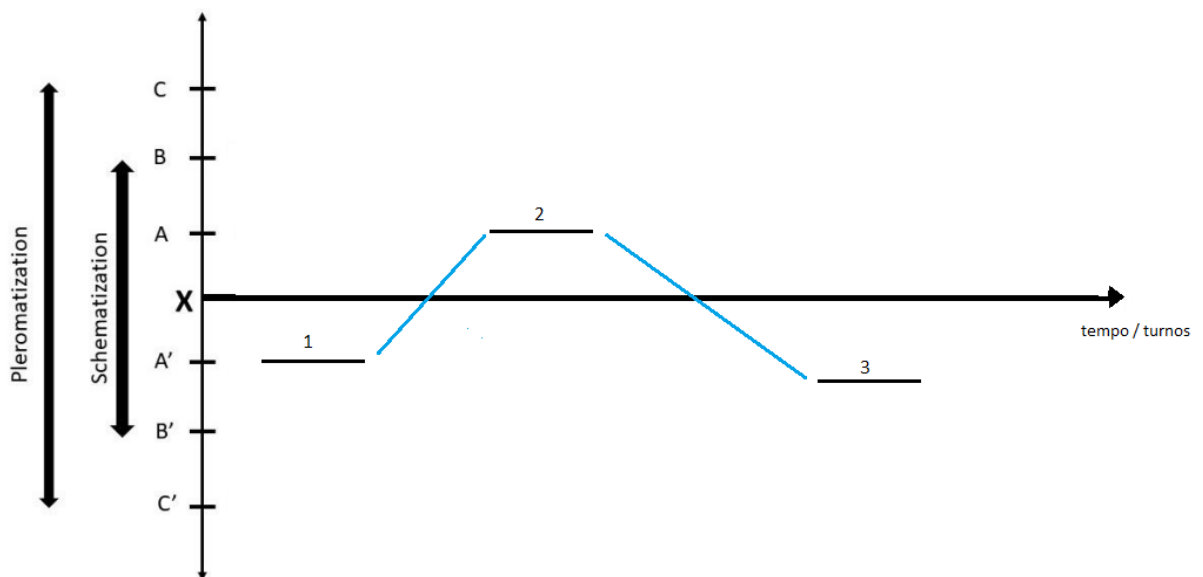
Figura 11: Trajetória de Aprendizagem do participante Maria com relação às respostas do questionário proposto



Fonte: elaboração própria

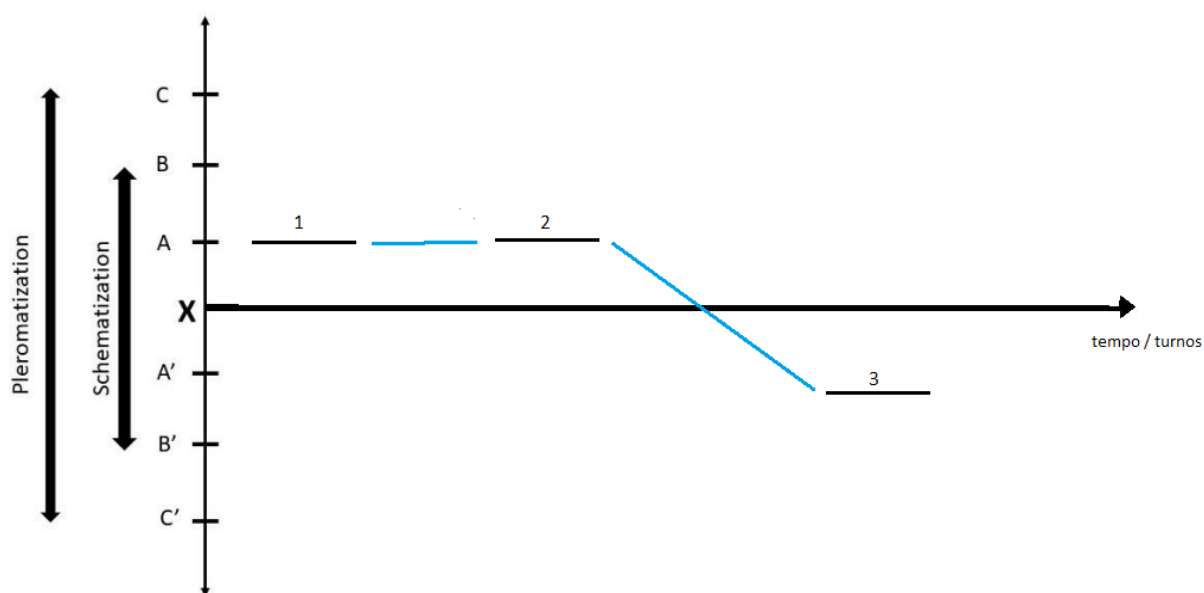
Também é preciso analisar os participantes Júlia e João, que cometeram alguns equívocos em suas respostas escritas no que diz respeito à visão científica do conceito em questão. Essa oscilação entre cometer equívocos algumas vezes e acertar outras, é natural e faz parte do processo de aprendizagem de conceitos científicos, assim como também é natural que ocorra a confusão entre conceitos como volume, massa, composição, elemento ou também a confusão de termos como temperatura e calor, que aconteceram nas respostas, tanto escritas quanto dialogadas. Esses equívocos fazem parte do processo de construção dos significados e evidenciam a importância dos signos no processo de aprendizagem de conceitos científicos. Nas Figuras 12 e 13 vemos as trajetórias de aprendizagem dos participantes João e Júlia, respectivamente. É possível observar as oscilações pontuadas entre os acertos e equívocos cometidos com relação a visão científica do conceito trabalhado:

Figura 12: Trajetória de Aprendizagem do participante João com relação às respostas do questionário proposto



Fonte: elaboração própria

Figura 13: Trajetória de Aprendizagem do participante Júlia com relação às respostas do questionário proposto



Fonte: elaboração própria

Assim, podemos destacar o papel fundamental e central que os signos possuem na aprendizagem. O professor, nesse sentido, precisa entender a importância de conseguir prover os signos necessários para que os alunos consigam ter uma compreensão mais profunda dos conhecimentos científicos trabalhados, internalizados e construídos em sala de aula. Nesse sentido, é importante reforçar a necessidade do professor sempre estar buscando tanto prover os alunos com abundantes signos, por meio da variedade de abordagens possíveis dos conteúdos, como quanto a respeito da necessidade do professor estar presente como mediador durante todo o processo de aprendizagem, sempre buscando indagar, questionar e fomentar o pensamento crítico, com o objetivo final de fazer com que o aluno seja capaz de sair do campo da pleromatização e consiga enfim, verbalizar os conceitos trabalhados, esquematizando-os.

Contudo, é importante lembrar que o maior esforço do professor precisa estar em conseguir promover o ambiente e os insumos necessários para a construção do conhecimento científico, em garantir que os alunos consigam esquematizar os fenômenos e os conceitos científicos trabalhados em sala de aula, mas sem cair no que Pérez et al. (2001) chamaram de visões deformadas do

conhecimento e do trabalho científico, simplificando demais conceitos complexos que devem ser esquematizados mantendo a essência da sua complexidade. Nesse sentido, o professor precisa ao mesmo tempo promover a esquematização da complexidade natural dos fenômenos, e também precisa desconstruir a noção popular da ciência (PÉREZ et al., 2001), pois, muitas vezes os alunos não conhecem a fundo o conceito científico e suas reais aplicabilidades. Problemática que implica diretamente no trabalho docente.

Os resultados obtidos indicam que os estudantes transitaram durante todo o processo entre a pleromatização e a esquematização ao definirem os conceitos na resolução do problema e o questionário proposto, movimento que é entendido como natural por Silva (2023), que indica um contraponto à ideia de que a aprendizagem é um processo linear, de evolução constante, pois a internalização e construção de significados são processos complexos e multifacetados que envolvem conhecimentos prévios, interpretação de signos, abstração, internalização, externalização, etc. Assim, é natural que haja com uma certa frequência a confusão de conceitos, a inconstância de respostas, pois isso indica que ainda não houve uma compreensão e apreensão do conceito científico em questão de forma profunda.

Nesse sentido, os signos utilizados e as estratégias docentes para despertar o interesse dos alunos em aprender os conteúdos trabalhados na escola é essencial para que os estudantes sintam-se instigados ao querer aprender e ao querer construir o conhecimento. Nesse sentido a utilização do anime Fullmetal Alchemist Brotherhood, mostrou que os recursos lúdicos e diferentes estratégias de ensino podem ser um elemento motivador para despertar a atenção dos alunos, no caso do anime utilizado, percebemos que os alunos se basearam nos recursos visuais da animação como ferramenta de exemplificação e explicação para as perguntas em alguns momentos, visto que também uma situação do anime foi utilizada como problema, que indica que o recurso visual pode ter tido um impacto na trajetória de aprendizagem dos estudantes e pode ter auxiliado para que eles prestassem mais atenção ou se interessassem mais pela atividade.

O nível de abstração da pleromatização nas respostas dos alunos predominantes principalmente na primeira atividade indicaram que os estudantes tinham a sensação de que sabiam definir corretamente o que estavam tentando expressar, mas não conseguiam efetivamente ir ao nível esquemático (A e B), isso

se dá pois a pleromatização evidencia que está acontecendo um processo psicológico em que há um campo de significados complexos presentes, que os estudantes não conseguiram ainda esquematizar e colocar em nível esquemático. Esse processo é de suma importância, pois ele preserva a complexidade natural dos fenômenos vivenciados e é um nível de abstração mais forte do que o nível esquemático.

Nesse sentido, o nível pleromático nos mostra que naquele momento ainda há um nível de organização das ideias insuficiente para a verbalização. Os signos esquemáticos, representados pela expressão verbal, escrita, esquemas, também possuíram uma grande importância durante a trajetória de aprendizagem da lei da conservação das massas, pois eles representam a externalização esquemática do fenômeno estudado ou vivenciado. Nesse nível, o professor consegue avaliar melhor a compreensão dos conceitos científicos estudados, diferente da formulação pleromática que é predominante a “sensação” de que sabe a resposta mas não consegue formular ou formula-se de forma vaga, evidenciando a predominância do campo afetivo na externalização do pensamento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível concluir que a abordagem da ludicidade como um recurso metodológico na aprendizagem de conceitos científicos pode ser muito interessante. Por meio da mediação de signos verbais, pré-verbais e afetivos presentes no anime Fullmetal Alchemist Brotherhood foi possível observar que a ludicidade provê para os alunos uma gama de estímulos que podem auxiliar na aprendizagem. O recurso lúdico pode promover um ambiente de aprendizagem muito agradável para os alunos, assim como também a utilização da ficção científica gerar indagações muito importantes no aprendizado dos conceitos científicos.

O professor, como mediador da aprendizagem, também deve levar em consideração a importância de fornecer os signos necessários para que os alunos possam compreender melhor os conceitos científicos trabalhados, internalizando-os, assim como também ter uma boa capacidade de esquematizar esses conceitos de forma mais profunda, externalizando-os. Essa capacidade de internalizar e externalizar o conhecimento é relacionada com a qualidade da aprendizagem, ou seja, relacionado com a qualidade dos signos fornecidos no processo de ensino-aprendizagem. Isso implica em oferecer uma variedade de abordagens dos conteúdos, bem como estimular o pensamento crítico dos alunos ao longo do processo de aprendizagem, estimulando a construção dos conhecimentos científicos de forma crítica.

No entanto, também é importante ressaltar que o trabalho docente não deve ser de simplificar excessivamente fenômenos complexos e conceitos abstratos, o professor deve fornecer signos necessários que os estudantes possam aprender de forma crítica os conceitos em profundidade, mantendo a essência da complexidade dos conceitos abstratos. É necessário, nesse sentido, promover a externalização dos estudantes por meio da esquematização de conceitos complexos, ao mesmo tempo que deve-se também evitar a construção de conceitos superficiais ou noções populares e cotidiana dos conceitos científicos, que muitas vezes podem não refletir a verdadeira natureza e aplicabilidade daquele conceito, evitando a construção de visões deformadas do trabalho científico.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a trajetória da aprendizagem dos alunos tem muitas nuances, transitando a todo momento entre a pleromatização e a esquematização, um movimento natural na aprendizagem de conceitos científicos. É possível observar, que muitas vezes, os alunos também acabam confundindo conceitos básicos da Química como por exemplo confundir massa com volume, temperatura com calor, massa com composição química, etc. Isso acontece porque são conceitos abstratos que muitas vezes ainda não são claros para estudantes do Ensino Médio. Nesse sentido, é importante que o professor também revise conceitos básicos, pois eles são a base para o aprendizado de conceitos mais complexos que exigem maior nível de abstração.

No que tange a aprendizagem, o movimento de oscilação durante todo o processo da aprendizagem é compreendido como natural, uma vez que a internalização e a construção de significados são processos complexos que ainda não somos capazes de compreender em sua totalidade. São processos influenciados por conhecimentos cotidianos, conhecimentos prévios e a vivência de cada estudante. A interpretação dos signos é um processo que também é individual, abstrato, até que o estudante seja capaz de compreender os conceitos científicos em profundidade e ser capaz de externalizá-los, é necessário que o docente forneça as condições necessárias para que isso aconteça com o passar do tempo.

A trajetória de aprendizagem de um conceito é um processo complexo e contínuo, desde o primeiro contato até a compreensão em maior profundidade. O recorte realizado neste estudo é apenas uma parcela desse processo e não captura sua totalidade, uma vez que não é possível acessar completamente os pensamentos dos alunos ou identificar em que momento eles estão formulando novas ideias. Nesse sentido, é esperado que ocorra confusão de conceitos e respostas inconsistentes durante esse processo, pois indicam que ainda não houve uma compreensão profunda do conceito científico em questão.

Assim, as estratégias docentes podem desempenhar um papel fundamental no despertar do interesse dos alunos para a construção do conhecimento científico. Os recursos lúdicos, como o anime utilizado neste trabalho, pode ser um recurso motivador para chamar a atenção do aluno para a ciência, por conter elementos de ficção científica, que se utilizam do conceito científico como gerador de trama e problemas trabalhados no enredo. Assim, existe a importância do professor fornecer

aos alunos diversos tipos de "pontos de vista" e contato com diferentes linguagens que explicam um fenômeno, seja por meio de jogos, animes, filmes, aulas, documentários, experimentos práticos, entre outros.

A utilização do anime na resolução do problema desempenhou o papel de fornecer insumos visuais e contextuais do fenômeno em questão, além de estabelecer um contexto para o problema, ajudando os alunos a relacionarem o que aprenderam com o universo fictício apresentado. Ficou evidente que o anime teve influência nas respostas dos alunos, mesmo com um contato breve, uma vez que eles recorreram a cenas do vídeo para explicar e trazer lógica para suas falas.

Também, é notável que os participantes afirmaram, o que foi confirmado pelo professor da disciplina que eles já haviam estudado a lei da conservação das massas, conceito abordado neste trabalho, e tinham um certo domínio sobre ele. No entanto, ao discutirem sobre um problema envolvendo o conteúdo, podemos perceber que eles ainda não haviam esquematizado o conceito de maneira profunda, demonstrando dificuldade em externalizar o conceito e suas possíveis implicações práticas.

A predominância da pleromatização nas respostas dos alunos indica que, nesse momento, eles tiveram a sensação de que sabiam definir corretamente o conceito, mas não conseguem expressá-lo de forma esquemática. Isso demonstra um processo psicológico em que há um campo de significados complexos presentes, que ainda não foram esquematizados. É importante ressaltar que esse processo preserva a complexidade natural dos fenômenos e representa um nível de abstração maior do que o nível esquemático. Por fim, os signos esquemáticos, como a expressão verbal, escrita e esquemas, desempenham um papel crucial na trajetória de aprendizagem dos alunos, pois representam a externalização esquemática do fenômeno estudado. Nesse nível, o professor pode avaliar melhor a compreensão dos conceitos científicos.

As intervenções do pesquisador também tiveram influência nas respostas dos alunos. Em um momento, o professor questionou sobre a quantidade de ferro presente na hemoglobina, levando os alunos a considerarem a veracidade da cena do anime em termos científicos. Em outro momento, o professor estimulou um aluno a reformular sua resposta, resultando em uma melhor esquematização do

conhecimento de acordo com a visão científica. Essas intervenções demonstram a importância do professor como mediador da construção do conhecimento e significados pelos alunos ao longo de sua trajetória de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ABREU, G. O papel mediador da cultura na aprendizagem da matemática: a perspectiva de Vygotsky. 1996.
- ADAMS, D. O Guia do Mochileiro das Galáxias. Editora Sextante, 2009.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M. A passagem da alquimia à química: uma história lenta e sem rufar de tambores. 2011.
- ALMEIDA, E. A. Anime como possibilidade de ferramenta de apoio ao ensino de química: uma análise pautada na observação do anime Dr. Stone. 2022.
- ALMEIDA, S. H. V.; ANTUNES, M. M. A teoria vigotskiana sobre memória: possíveis implicações para a educação. In: Reunião Anual Da Associação Nacional De Pós-Graduação E Pesquisa Em Educação, p. 28, Caxambu. 2005. Disponível em: <<http://28reuniao.anped.org.br/gt20.htm>>. Acesso em: 6 set. 2022.
- BARKE, H. D.; ENGIDA, E. T. Structural Chemistry and Spatial Ability in Different Cultures. Chemistry Education: Research and Practice in Europe, p. 227-239, 2001.
- BAZÍLIO, H. O.; SOARES, M. H. F. B. Elaboração de jogos e atividades lúdicas para ensinar o conceito de lei de Lavoisier. In: Congresso De Pesquisa, Ensino e Extensão Da UFG. 2005.
- BEN-ZVI, R.; SILBERSTEIN, J.; MAMLOK, R. Macro-micro relationships: a key to the world of chemistry. In: P. L. Lijnse, P. Licht, W. De Vos, A. J. Waarlo (ed.) Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: a central problem in secondary Science Education, 1990.
- BRUNER, J. Uma nova teoria de Aprendizagem. Rio de Janeiro, Bloch Editores, 2a. Ed., 1969.
- BURCKHARDT, T. Alquimia. Significado e imagen del mundo, Barcelona, Plaza y Janés Editores, pág. 2, 1976.
- CABELL, K. Mediators, regulators, and catalyzers: A context-inclusive model of trajectory development. Psychology & Society, v. 3, n. 1, p. 26-41, 2010.
- CACHEFFO, V. A. F. F.; GARMS, G. M. Z. A afetividade nas produções do GT 20 (Psicologia da Educação) da ANPED. In: Congresso Nacional Da Psicologia Escolar E Educacional, p. 10, 2011. Disponível em: <<http://www.abrapee.psc.br/xconpe/trabalhos/1/16.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2022.
- CAMPOS, T. R.; CRUZ, D. M. Análise de conceitos científicos presentes no anime Hataraku Saibou. Debates em Educação, v. 12, n. 27, p. 703-723, 2020.
- CARVALHO, A. C. S. Importância da inserção de filmes e vídeos na prática docente no ensino fundamental I. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG, 2017.
- CHATEAU, J. O jogo e a criança. Traduzido por Guido de Almeida. Summus Editora. São Paulo, p. 84, 1984.

COOK, M. P. Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, p.1073–1091, 2006.

COSMOS: Uma Odisséia do Espaço-Tempo. Direção: Brannon Braga, Bill Pope, Ann Druyan. Century Fox/National Geographic. 2014.

COUSINET, R. A Pedagogia da Aprendizagem. Traduzido por J. B. Damasco Penna, Editora Nacional. São Paulo, p. 98, 1984.

DUBECK, L. W et al. Finding facts in science fiction films. *The Science Teacher*, Arlington, v. 60, n. 4, p. 46-48, 1993.

FERREIRA, M. L. et al. Lei da Conservação das Massas: Experimentação e Contextualização. *Blucher Chemistry Proceedings*, v. 3, n. 1, p. 157-163, 2015.

FREITAS, M. T. A. As apropriações do pensamento de Vygotsky no Brasil: um tema em debate. In: *Psicologia da Educação. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Psicologia da Educação. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo*, n.10/11, p. 9-28. 2000.

FREUDENRICH, C. C. Sci-fi science: using science fiction to set context for learning science. *The Science Teacher*, Arlington, v. 67, n. 8, p. 42-45, 2000.

FULLMETAL ALCHEMIST: BROTHERHOOD. Criado por Hiromu Arakawa. Direção: Bones. 2009.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. “A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química”. *Química Nova na Escola*. p. 27, 2004.

GILLESPIE, R.G. Commentary: Reforming the General Chemistry Textbook. *Journal of Chemical Education*. p. 74, 1997.

GIORDAN, M. Computadores e linguagens nas aulas de ciências. Ed. Unijuí. Ijuí, Brasil, 2008.

GRAVETT, P. Mangá: como o Japão reinventou os quadrinhos. Conrad Editora do Brasil. São Paulo, p. 25, 2006.

GRESCZYSCZYN, M. C. C. et al. A perspectiva semiótica de Peirce para o Ensino e Aprendizagem de Química. *Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisas em Educação de Ciências, Florianópolis, Santa Catarina*, 2017.

GUIMARÃES, L. P.; CASTRO, D. L. Lavoisier e a experimentação demonstrativa investigativa: uma estratégia didática envolvendo o ensino da lei de conservação das massas. *Scientia Naturalis*, v. 1, n. 4, 2019(a).

GUIMARÃES, L. P.; CASTRO, D. L. Lavoisier na sala de aula: A abordagem da história da química para o ensino da lei de conservação das massas. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, v. 20, p. 63-72, 2019(b).

INNIS, R. E. Semiotic framing of thresholds of sense. In: *Between philosophy and cultural psychology*. Springer, p. 31-48, 2020.

JOHNSTONE, A. H. Chemistry teaching-Science or alchemy? *Journal Chemical Education*, 74,p. 262-268, 1997.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. *School Science Review*, 64(227), p. 377-379,1982.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, p. 75-83, 1991.

JOSEPHS, I. E., VALSINER, J., SURGAN, S. E. The process of meaning construction. In J. Brandtstädter and R. M. Lerner (Eds.), *Action & self development* (pp. 257-282). Thousand Oaks, Ca.: Sage. 1999.

KLUG, A. Percorrendo caminhos: desenho infantil, memória e significação. In: *Ciclo de Investigações. Anais. Florianópolis: CEART/UDESC, 2006. Considerações sobre a função de representação imagética em sala de aula. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication>>. Acesso em 10 de setembro de 2022.*

KOZMA, R.B.; RUSSELL, J. Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, p. 949-968. 1997.

LIBÂNEO, J. C. A aprendizagem escolar e a formação de professores na perspectiva da psicologia histórico-cultural e da teoria da atividade. *Educar em Revista*, p. 113-147, 2004.

MARAVILHAS DO UNIVERSO. Direção: Chris Holt, Stephen Cooter, Michael Lachmann. BBC. 2011.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, p. 112. 2007.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. *Ciência e Cultura*, p. 38-40, 2005.

MARTINS, R. A.; MARTINS, P. L. Lavoisier e a conservação da massa. *Química Nova*, v. 16, n. 3, p. 245-256. 1993

MATOS, M. A. E. de. História da Ciência como princípio da aplicação e análise de uma proposta de ensino para o conteúdo de conservação de massa. *The Electronic Journal of Chemistry*, v. 3, n. 1, 2011.

MESSEDER NETO, H. S.; MORADILLO, E. F. O lúdico no ensino de química: considerações a partir da psicologia histórico-cultural. v. 38, 2016.

MOL, L. S. A. Filmes: instrumentos de mediação pedagógica no processo ensino-aprendizagem. Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

MOLINÉ, A. O Grande Livro dos Mangás. São Paulo: JBC, 2004.

MORAIS, G. A. L. F. O uso de séries como estratégia para o ensino de língua e cultura inglesas. *Revista de Letras. Curitiba*, v. 21, n. 34, p. 146-156, 2019.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. *Comunicação e Educação*. São Paulo, ECA-Ed. Moderna, p. 27-35, 1995.

MORESI, E. et al. Metodologia da pesquisa. Brasília: Universidade Católica de Brasília, v. 108, n. 24, p. 5, 2003.

NEVES, R. A.; DAMIANI, M. F. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. 2006.

NEWMAN, W. R., PRINCIPE, L. M. Alchemy vs. chemistry: The etymological origins of a historiographic mistake¹. *Early Science and Medicine*, p. 32–65. 1998.

NOTH, W. Handbook of semiotics. Indiana University Press, 1990.

NUMMEDAL, T. The Alchemist. In B. Lightman (Ed.), *A companion to the history of science*. p. 59, 2016.

PAIXÃO, M. F.; CACHAPUZ, A. Chemistry Education: Research and Practice in Europe. p. 201. 2000.

PAIXÃO, M. F.; CACHAPUZ, A. Mass conservation in chemical reactions: The development of an innovative teaching strategy based on the history and philosophy of science. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 1, n. 2, p. 201-215, 2000.

PEIRCE EDITION PROJECT; PEIRCE, Charles S. The Essential Peirce, Volume 2. Indiana University Press, 1998.

PEIRCE, C. S. Collected Papers of Charles Sanders Peirce, vols. 1–6, Hartshorne, C., Weiss, P.(eds.); vols. 7–8, Burks, AW (ed.), 1931–1958.

PEIRCE, C. S. O que é um signo. MS, v. 404, p. 297-302, 1894. Traduzido por JORGE, Ana Maria Guimarães. 2007.

PELEGRINI, R. T. A mediação semiótica no desenvolvimento do conhecimento químico. 116 f. Dissertação (Mestrado em Educação na área de psicologia)- Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 1995.

PEREIRA, M. M.; ABIB, M. L. V. S. Memória, cognição e afetividade: um estudo acerca de processos de retomada em aulas de Física do Ensino Médio. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 22, p. 855-873, 2016.

PÉREZ, D. G. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 7, p. 125-153, 2001.

PIASSI, L. P. A ficção científica e o estranhamento cognitivo no ensino de ciências: estudos críticos e propostas de sala de aula. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 19, p. 151-168, 2013.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de ‘encontrar erros em filmes’. *Educação e Pesquisa*, v.35, n.3, p. 525-540. São Paulo, 2009.

POZO, R.M. Prospective teacher’s ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*, p. 353-371, 2001.

RAMOS, E. M. F. Brinquedos e Jogos no Ensino da Física. Instituto da Física. USP, São Paulo, 1990.

RAMOS, J. E. F.; PIASSI, L. P. Humor, ciência, literatura e tudo mais: O Guia dos Mochileiros das Galáxias no Ensino de Ciências. IX ENPEC. São Paulo. 2013.

RESNICK, M. Repensando o aprendizado na era digital. In: WORKSHOP: Scratch e Cricket: Novos ambientes de aprendizagem e de criatividade. Bradesco Instituto de Tecnologia. Campinas, 2006.

RODRÍGUEZ, C. Object Use, Communication, and Signs: The Triadic Basis of Early Cognitive Development. In: The Cambridge Handbook of Sociocultural Psychology. Edited by Jaan Valsiner and Alberto Rosa. 2007.

SANTOS, R. P. B. Relatividade restrita com o auxílio de diagramas. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, p. 238-246, 2006.

SASTRE, G.; MORENO, M. O significado afetivo e cognitivo das ações. In: ARANTES, V. A. (Org.). A afetividade na escola: alternativas teóricas e práticas. São Paulo: Summus, p. 129-152, 2003.

SFORNI, M. S. F. Interação entre didática e teoria histórico-cultural. Educação & Realidade, v. 40, p. 375-397, 2015.

SHAW, D.; DYBDAHL, C. S. Science and the popular media. Science Activities, Philadelphia, v. 37, n. 2, p. 22-31, 2000.

SILVA, F.; SALES, L. L. M.; SILVA, M. N. O uso de metodologias alternativas no Ensino de Química: um estudo de caso com discentes do 1º ano do Ensino Médio no município de Cajazeiras-PB. Revista de Pesquisa Interdisciplinar, Cajazeiras, n. 2, suplementar, p. 333-344, 2017.

SILVA, J. R. R. T. No variables in classroom: understanding learning by a qualitative analytical tool. Jaan Valsiner (Editor). Farewell to variables. 2023.

SILVA, J. R. R. T.; MOURA, C. B. Alchemy. V. P. Glăveanu (ed.), The Palgrave Encyclopedia of the Possible. Springer Nature Switzerland. 2021.

SILVA NETO, J. C. Filmes e séries: uma metodologia alternativa no processo de ensino-aprendizagem da Química e da Engenharia Civil. 2022.

SLUNECKO, T.; HENGL, S. Language, Cognition, Subjectivity: A Dynamic Constitution. In: The Cambridge Handbook of Sociocultural Psychology. Edited by Jaan Valsiner and Alberto Rosa. 2007

SOARES, M. H. F. B. Jogos e Atividades Lúdicas no Ensino de Química: uma discussão teórica necessária para novos avanços. Revista debates em Ensino de Química, v. 2, n. 2, p. 5-13, 2016.

SOARES, M. H. F. B. O lúdico em Química: jogos e atividades aplicados ao ensino de Química. 2004.

TEIXEIRA, S. R. S.; BARCA, A. P. A. O professor na perspectiva de Vigotski: uma concepção para orientar a formação de professores. Educação, Ciência e Cultura, v. 24, n. 1, p. 71-84, 2019.

TRINDADE, D. F. A interface ciência e educação e o papel da história da ciência para a compreensão do significado dos saberes escolares. *Revista Iberoamericana de Educación*. p. 47, 2008.

VALSINER, J. *Culture in minds and societies: Foundations of cultural psychology*. SAGE Publications India, 2007.

VALSINER, J. The overwhelming world: Functions of pleromatization in creating diversity in cultural and natural constructions. *International Summer School of Semiotic and Structural Studies*, 2006.

VYGOTSKY, L. S. *Thought and language*. Cambridge: MIT Press. 1962.

VYGOTSKY, L. S. Interação entre aprendizado e desenvolvimento. In: VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1935/1984.

VYGOTSKY, L. S. *Thought and language*, Londre: MIT Press. 1986

WAGONER, B., VALSINER, J. Rating tasks in psychology: from static ontology to dialogical synthesis of meaning. In A. Gülerce, A. Hofmeister, I. Staeuble, G. Saunders and J. Kaye (Eds.), *Contemporary theorizing in psychology: Global perspectives* (pp. 197-213). Toronto: Captus Press. 2005.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 49-64, 2015.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A representação no ensino de Química Orgânica na perspectiva da Semiótica Peirceana. *XVII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVII ENEQ)*. Ouro Preto, MG, 2014.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. As representações no ensino de química na perspectiva da semiótica peirceana. *Educação Química em Punto de Vista*, v. 1, n. 1, 2017.

ZANELLA, A. V. Atividade, significação e constituição do sujeito: considerações à luz da psicologia histórico-cultural. *Psicologia em estudo*, v. 9, p. 127-135, 2004.

APÊNDICE A - PLANO DE AULA

PLANO DE AULA
Duração: 30 minutos

1. Conteúdo
- Introdução a lei da conservação das massas. - Demonstração da lei da conservação de massas por meio de exemplos simples. - Ilustração da lei da conservação de massas a partir da série Fullmetal Alchemist Brotherhood.
2. Objetivos
Objetivo Geral: - Proporcionar aos alunos uma compreensão clara e completa da lei da conservação das massas e da sua relação com a série Fullmetal Alchemist Brotherhood. Objetivos Específicos: - Explicar a lei da conservação das massas de forma clara e concisa. - Demonstrar a validade da lei por meio de cenas da série Fullmetal Alchemist Brotherhood. - Estimular a reflexão dos alunos sobre a relação entre a lei da conservação das massas e a série Fullmetal Alchemist Brotherhood.
3. Metodologia
O professor iniciará a aula apresentando a lei da conservação das massas e seus conceitos básicos, para estabelecer um contexto para a utilização da série Fullmetal Alchemist Brotherhood como elemento mediador. Exibição de trechos selecionados da série: O professor exibirá trechos relevantes da série que demonstram claramente a lei da conservação das massas e sua aplicação na trama. Em seguida, o professor abordará problema em grupo e um questionário individual, os alunos serão estimulados a discutir sobre o que viram na série,

relacionando-o à teoria da lei da conservação das massas por meio de uma discussão e resolução de um problema e um questionário.

Esta metodologia busca tornar a série Fullmetal Alchemist Brotherhood o elemento central da aula, estimulando a participação dos alunos e a reflexão sobre a teoria da lei da conservação das massas de uma forma lúdica e interativa.

4. Recursos didáticos utilizados

- Quadro branco e marcadores;
- Data Show;
- Slides;
- Computador.

5. Avaliação da aprendizagem

Problema: a participação ativa dos alunos na discussão sobre o que viram na série e como se relaciona com a lei da conservação das massas será avaliada.

Apresentação de ideias: as conclusões apresentadas pelas duplas serão avaliadas, observando se houve compreensão e aplicação correta da lei da conservação das massas.

O questionário envolvendo a lei da conservação das massas permitirá avaliar a compreensão dos conceitos apresentados, além da capacidade de relacioná-los aos elementos da série.

A avaliação da construção da aprendizagem se dará de forma contínua durante toda a realização das atividades. Esta avaliação busca medir o nível de compreensão dos alunos sobre a lei da conservação das massas e sua aplicação na série Fullmetal Alchemist Brotherhood, com o objetivo de estimular a participação, a reflexão e a aprendizagem de uma forma lúdica e interativa.