


Proposição de uma Matriz Semântica para o Conceito de Elemento Químico

Proposition of a Semantic Matrix for the Concept of Chemical Element Propuesta de una Matriz Semántica para el Concepto de Elemento Químico

Isaac Bruno Silva Souza,  e João Roberto Ratis Tenório da Silva 

Resumo

O objetivo do presente artigo é apresentar a estruturação de uma matriz semântica para o conceito de elemento químico, a fim de discutir a heterogeneidade de pensamento sobre este conceito. A matriz semântica é uma ferramenta de sistematização dos significados sobre os conceitos encontrados nas diversas fontes, que caracterizam os seguintes domínios genéticos: sociogenético, ontogenético e microgenético. Para construção da matriz semântica, seguimos, basicamente, duas etapas metodológicas: (1) levantamento de trabalhos acerca do desenvolvimento histórico do conceito em tela, na literatura sobre concepções informais relativas e em sala de aula, em uma turma de ensino médio; (2) análise dos dados a partir da definição, *a posteriori*, de categorias e temas semânticos a partir de compromissos epistemológicos e ontológicos. Foram definidos sete temas e dezenove categorias diante dos significados atribuídos a elemento químico, identificados nos três domínios explorados. Esses dados sinalizam que concepções semelhantes podem emergir em diferentes domínios genéticos, bem como evidenciam que esse conceito é suficientemente polissêmico para justificar a futura proposição de um perfil conceitual.

Palavras-chave: polissemia, domínios genéticos, sistematização dos significados

Abstract

The aim of this article is to present the structure of a semantic matrix for the concept of chemical element, in order to discuss the heterogeneity of thinking about it. The semantic matrix is a tool for systematizing the meanings of the concept identified in different sources, which characterize the following genetic domains: sociogenetic, ontogenetic, and microgenetic. The construction of the semantic matrix followed, essentially, two methodological stages: (1) a survey of studies on the historical development of the concept under analysis, in the literature on informal conceptions and in classroom contexts with a high school group; and (2) data analysis based on the *a posteriori* definition of categories and semantic themes grounded in epistemological and ontological commitments. Seven themes and nineteen categories were defined based on the meanings attributed to the chemical element identified across the three domains explored. These findings indicate that similar conceptions may emerge across different genetic domains and suggest that this concept is sufficiently polysemous to warrant the future proposal of a conceptual profile.

Keywords: polysemy, genetic domains, systematization of meanings

Resumen

El objetivo del presente artículo es presentar la estructuración de una matriz semántica para el concepto de elemento químico, con el fin de discutir la heterogeneidad del pensamiento sobre dicho concepto. La matriz semántica es una herramienta de sistematización de los significados del concepto identificados en diversas fuentes, las cuales caracterizan los siguientes dominios genéticos: sociogenético, ontogenético

y microgenético. Para la construcción de la matriz semántica se siguieron, básicamente, dos etapas metodológicas: (1) el levantamiento de trabajos sobre el desarrollo histórico del concepto en cuestión, en la literatura sobre concepciones informales y en el aula, con un grupo de educación secundaria; y (2) el análisis de los datos a partir de la definición a posteriori de categorías y temas semánticos, fundamentados en compromisos epistemológicos y ontológicos. Se definieron siete temas y diecinueve categorías a partir de los significados atribuidos al elemento químico, identificados en los tres dominios explorados. Estos datos señalan que concepciones semejantes pueden emerger en distintos dominios genéticos, así como evidencian que este concepto es suficientemente polisémico como para justificar la futura proposición de un perfil conceptual.

Palabras clave: polisemia, dominios genéticos, sistematización de significados

Introdução

Comumente, as pessoas e as comunidades se relacionam com o mundo natural, físico e sociocultural de diferentes formas, orientadas por experiências, aprendizados, convivências e narrativas. Cada comunidade insere-se em um contexto cultural específico, constituído por um sistema de crenças, valores e costumes que representam uma visão de mundo própria (Pedreros, 2011). Como circulamos cotidianamente por diferentes contextos e convivemos com uma diversidade de pessoas, é comum termos acesso e utilizarmos distintas formas de falar sobre um mesmo conceito, variando conforme a situação comunicativa.

Ao considerarmos ser relevante adotarmos uma abordagem que reconheça essa pluralidade, nossa pesquisa fundamenta-se na Teoria dos Perfis Conceituais, a qual leva em consideração a heterogeneidade do pensamento conceitual (Mortimer & El-Hani, 2014). Essa perspectiva reconhece a diversidade de sentidos e significados atribuídos a um mesmo conceito, cada qual com validade em contextos específicos de uso. Assim, um sujeito pode expressar a polissemia relativa ao termo elemento químico a partir de diferentes sentidos e significados atribuídos ao termo elemento, úteis em situações específicas, tais como: pessoa acusada de um crime: “o elemento foi preso esta manhã e prestará depoimento”; componentes de um conjunto: “o conjunto dos números naturais é formado por infinitos elementos” ou um conjunto de átomos: “são átomos que possuem mesmo número atômico”. Contudo, a existência de outros sentidos e significados só pode ser identificada mediante o estudo da gênese conceitual. Assim, Mortimer et al. (2014) ressaltam, como pressuposto metodológico central para a proposição de perfis conceituais, a noção vigotskiana de que compreender a gênese de um conceito exige a análise de diferentes domínios genéticos.

Então, para construir um perfil conceitual, é necessário considerar a gênese sociocultural do conceito, observando como este surge, evolui e se consolida nas comunidades científicas e na sociedade. Simultaneamente, devem ser analisadas experiências pessoais, práticas culturais e a formação escolar, que informam como o conceito é aprendido e mobilizado ao longo da história individual, caracterizando

o domínio ontogenético. Por fim, observa-se o domínio microgenético, relativo à construção imediata de significados em situações interativas (Amaral & Mortimer, 2004; Simões Neto, 2016)¹.

A polissemia, identificada a partir da análise dos dados, nesses domínios poderá ser visualizada a partir da definição de categorias e temas semânticos, na constituição da matriz semântica. Assim, a matriz semântica pode ser compreendida como uma ferramenta de sistematização dos significados sobre o conceito, encontrados nas diversas fontes que caracterizam domínios genéticos. A sua definição é um estágio anterior às zonas do perfil, contendo todos os significados identificados e permitindo a organização dos compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos. A partir disso, as zonas do perfil são propostas quando há junção de categorias e temas semânticos que compartilham dos mesmos compromissos.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar a estruturação de uma matriz semântica para o conceito de elemento químico, considerando concepções identificadas na literatura sobre concepções informais, em pesquisas sobre a evolução histórica do conceito de elemento químico e na aplicação de uma intervenção didática, contemplando os domínios sociogenético, ontogenético e microgenético.

A Teoria dos Perfis Conceituais

Sabendo que diferentes modos de pensar sobre um conceito podem coexistir em um mesmo indivíduo, Mortimer (1995) propôs a noção de Perfil Conceitual, modelo que considera a diversidade de sentidos atribuídos a um conceito e que reconhece que o predomínio de certas concepções filosóficas não impede o surgimento de outras interpretações (Amaral & Mortimer, 2001).

A proposta foi influenciada pela noção de Perfil Epistemológico de Bachelard (1978), para quem cada sujeito desenvolve concepções sobre um conceito conforme seu estágio de desenvolvimento. Assim, nem todas as pessoas possuem todas as concepções filosóficas (Viggiano & Mattos, 2007), e algumas se tornam mais relevantes pelo uso frequente. Desse modo, é esperado que um professor de Física apresente com mais frequência formas de falar sob um viés racionalista do que realista. Além disso, no perfil epistemológico, embora considere-se a pluralidade, muitas ideias eram tratadas como obstáculos ao pensamento racional (Bachelard, 1978).

Além das semelhanças entre perfil epistemológico e conceitual, como a pluralidade de formas de falar e sua organização em zonas conceituais, Mortimer et al. (2014) incorporaram características adicionais, como a importância dada à consciência dos estudantes sobre seus próprios perfis e a caracterização das zonas conceituais por aspectos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos, e não apenas por escolas filosóficas. Ademais, a constatação de que zonas não científicas são influenciadas

¹ Devido a proposição de perfis conceituais se tratar de estudos que envolvem a produção de conhecimentos científicos, nos limitamos à espécie humana, não sendo necessário considerar o domínio filogenético. Pois a filogênese refere-se à questões da espécie, de âmbito biológico, e não explica a diversidade conceitual contemporânea nem as variações que surgem nas interações sociais, históricas e culturais (Wertsch, 1988).

pelo contexto sociocultural levou à articulação entre o perfil epistemológico e o construtivismo sociocultural de Vigotski (Vairo & Rezende Filho, 2013), substituindo a noção de obstáculo pela de valor pragmático.

Destarte, a Teoria dos Perfis Conceituais procura adotar uma perspectiva pragmatista, mais especificamente a pragmatista objetiva (Mortimer et al., 2011). Uma visão pragmatista objetiva está associada à ideia de uma comunidade de indivíduos capazes de tomar decisões acerca dos modos de pensar a partir de determinados critérios, como: consistência teórica e/ou empírica; poder explicativo; poder de predição; precisão e simplicidade na abordagem (Simões Neto, 2016).

Com a incorporação de outros aportes teóricos da abordagem sociocultural como as noções de heterogeneidade do pensamento, baseada em Wertsch (1991), e de linguagem social e gêneros do discurso, apoiada em Bakhtin (1986, 2011), os perfis conceituais constroem uma base teórica que lhe permite se tornar uma teoria de ensino e de aprendizagem.

Desse modo, para termos uma visão mais ampla acerca dos modos de pensar com valor pragmático para o ensino desse conceito, ao tentarmos propor um perfil conceitual, devemos tentar identificar os diferentes significados atribuídos a um conceito em diferentes domínios genéticos, a saber: o sociocultural, o ontogenético e o microgenético.

Domínios Genéticos e a Sua Relação com o Perfil Conceitual

No domínio sociocultural, Vigotski entende que a construção dos conceitos não resulta de um processo evolutivo, mas das relações sociais, influenciadas pela cultura e pela época, constituindo uma construção coletiva do conhecimento em um contexto específico (Wertsch, 1988). Por isso, nas pesquisas sobre Perfis Conceituais, a gênese sociocultural tem sido investigada a partir das ideias presentes em estudos da História da Ciência sobre o conceito analisado (Sepúlveda et al., 2013).

Por outro lado, segundo Wertsch (1988), o domínio ontogenético não pode ser compreendido isoladamente, pois incorpora aspectos dos outros domínios, embora não haja paralelismo simples entre eles. Além disso, para Vigotski, a ontogênese distingue-se por envolver a atuação simultânea de múltiplas forças de desenvolvimento, já que o indivíduo constrói e reconstrói conceitos ao longo da vida por meio de interações sociais, culturais e históricas; assim, a construção de significados é simultaneamente natural, social e cultural (Wertsch, 1988). Esse domínio corresponde à trajetória do indivíduo, do embrião à morte, abrangendo os significados formados nas relações sociais e culturais (Simões Neto, 2016). Em pesquisas com Perfis Conceituais, ele é representado pelas concepções dos estudantes, identificadas tanto na literatura quanto em questionários aplicados em sala de aula (Simões Neto, 2016).

O domínio microgenético, por fim, refere-se à construção de significados em situações específicas, resultante das experiências e das interações sociais em escala micro (Wertsch, 1988). O que o diferencia dos demais é o enfoque nas particularidades de cada sujeito, permitindo processos únicos de construção de significados; por isso, a microgênese torna cada indivíduo distinto dos outros (Wertsch, 1988).

Ao reunir os dados desses domínios, o pesquisador identifica não apenas a pluralidade de significados atribuídos a um conceito, mas também recorrências entre domínios. Para visualizar semelhanças e diferenças nos modos de pensar, organiza-se os dados em um quadro subdividido em categorias e temas semânticos, denominado matriz semântica.

A Estruturação de uma Matriz Semântica

A matriz semântica pode ser compreendida como um quadro que esquematiza e organiza a polissemia subjacente aos significados de um conceito (Reis, 2018). Logo, pode ser interpretada como uma ferramenta de sistematização dos significados sobre o conceito encontrado nas diversas fontes consultadas. O seu objetivo, portanto, é organizar a diversidade de compromissos, relacionando-os a temas e categorias a partir das quais a polissemia em torno do conceito pode ser gerada (Reis, 2018).

Segundo Diniz Júnior (2022), os temas podem ser interpretados como organizadores da polissemia, ou seja, é uma forma de sistematizar a polissemia do conceito através do agrupamento dos temas comuns que emergem durante a pesquisa teórica. De outro modo, as categorias podem ser entendidas como forma de estabelecer uma relação dialógica entre os dados oriundos de fontes distintas e os modos de expressão recorrente. Dessa forma, elas podem ser compreendidas como desdobramentos dos temas, que dizem respeito às concepções que são recorrentes nas fontes analisadas e estão atreladas diretamente a diferentes compromissos, sejam eles epistemológicos, ontológicos e axiológicos.

Em suma, o compromisso epistemológico diz respeito às diversas interpretações relacionadas ao conceito, representadas por meio das diferentes correntes filosóficas. Portanto, tem suas raízes na História e na Filosofia da Ciência, assim como na História do próprio homem (Bezerra, 2018). Sendo assim, o seu estudo nas pesquisas sobre Perfis Conceituais busca investigar qual o contexto histórico ou a qual escola filosófica determinadas concepções pertencem.

Por outro lado, o compromisso ontológico se refere à natureza dos conceitos. Segundo Dimov et al. (2014), a ontologia é a parte da filosofia voltada a estudar sobre como é constituído tudo que existe no mundo. Esse compromisso responde ao “o que” é o objeto. Dessa maneira, está intimamente ligado à polissemia de um conceito (Rodrigues & Mattos, 2007).

Já a axiologia é um termo pautado em uma reflexão filosófica sobre os valores (éticos, morais, políticos, estéticos, ecológicos, vitais, espirituais, religiosos, econômicos etc.) que os sujeitos atribuem às coisas (Santos et al., 2019). Além disso, a partir do compromisso axiológico, podemos reconhecer as razões afetivas das escolhas na representação dos objetos em determinados contextos (Simões Neto, 2016).

Portanto, a finalização da matriz só ocorre quando há um diálogo entre os dados dos três domínios mencionados anteriormente e a definição dos compromissos relacionados a cada categoria.

Procedimentos Metodológicos

Para elaboração da matriz semântica para elemento químico, seguimos o procedimento a seguir para coleta e análise dos dados.

Coleta de Dados

Domínio Sociogenético

Estabelecemos uma trajetória do conceito de elemento químico a partir de trabalhos que discutem a origem e desenvolvimento desse conceito. Para isso, selecionamos algumas fontes secundárias da história da ciência, exclusivamente por meio eletrônico, focando em artigos e livros, através do mecanismo de busca Google Acadêmico. Para isso, utilizamos as seguintes palavras-chave: desenvolvimento histórico “elemento químico”; evolução do conceito de “elemento químico” e história da ciência “elemento químico”, em língua portuguesa, inglesa e espanhola. Assim, utilizamos como critério de inclusão trabalhos que discutissem efetivamente sobre a evolução histórica do conceito de elemento químico. De outro modo, utilizamos como critério de exclusão trabalhos em duplicata (publicados pelos mesmos autores, com mesmo título, mas em meios diferentes). Para estabelecermos essa trajetória, selecionamos trinta trabalhos, não delimitando um espaço temporal.

Domínio Ontogenético

Além disso, realizamos um levantamento de pesquisas sobre concepções informais relacionadas ao conceito em tela, através desse mesmo mecanismo de busca, utilizando as seguintes palavras-chave: concepções informais “elemento químico”; concepção dos estudantes “elemento químicos” e sentidos e significados atribuídos ao conceito “elemento químico”, em língua portuguesa, inglesa e espanhola. Adotamos como critério de inclusão, pesquisas que evidenciassem os procedimentos metodológicos utilizados e destacassem as concepções apresentadas pelos sujeitos investigados. Por outro lado, utilizamos como critério de exclusão as pesquisas em duplicatas ou que não evidenciassem como os dados foram levantados. Devido a baixo volume de pesquisas, selecionamos apenas sete trabalhos para identificação dessas concepções. Não estabelecendo, igualmente ao domínio anterior, uma delimitação temporal.

Domínio Microgenético

A obtenção dos dados empíricos ocorreu a partir da aplicação de uma intervenção didática com estudantes numa escola da rede estadual de Pernambuco, localizada na cidade de São Caetano (PE), a qual foi estruturada em 5 (cinco) momentos.

Neste artigo, no recorte aqui proposto, apresentaremos os dados advindos do momento 3. Esse momento consistiu na realização de um debate sobre a transmutação dos metais no período da alquimia. Para isso, apresentamos um vídeo do YouTube, cujo título é “descubra o que é a Pedra Filosofal na Alquimia!”. A nossa discussão,

nesse primeiro instante, foi baseada nas seguintes perguntas aos estudantes: como seria possível alcançar essa transmutação? e qual estratégia utilizariam para alcançar essa transmutação? Na sequência, ainda questionamos: a retirada de um próton do núcleo pode alterar as propriedades dos elementos? É possível ocorrer a transmutação, por que não se realiza esse procedimento? A fim de manter o anonimato, as respostas dos estudantes serão representadas por um código. Nesse caso, EREMx, em que o “x” representará um número atribuído conforme a ordem de participação dos estudantes nas atividades.

Análise de Dados

Para a análise dos dados, apresentaremos categorias e temas semânticos, com base nas propostas de Reis (2018) e Silva et al. (2021). Para isso, seguimos os critérios a seguir:

- Categorias: foram propostas a partir da identificação da pluralidade de modos de pensar e formas de falar sobre elemento químico em cada domínio genético. Mas para isso, buscamos agrupar as concepções a partir das semelhanças entre si e identificar os compromissos epistemológicos e/ou ontológicos associado a cada uma delas.
- Temas semânticos: foram propostos após a definição das categorias. Estes são mais amplos e, portanto, podem englobar mais de uma categoria. Dessa forma, a definição de cada tema semântico também deve estar associada a um compromisso epistemológico e/ou ontológico, que lhe diferenciara dos demais temas.

Para o conceito de elemento químico, consideramos os seguintes critérios para identificação dos compromissos:

1. Epistemológico: será tomada por base a noção estabelecida por Bachelard (1996), levando em consideração, principalmente, os compromissos realista, animista, substancialista, empirista e o racionalista. Por exemplo, uma forma mais simples e ingênua de tratar o conceito de elemento, numa visão pré-científica, pode se enquadrar nos compromissos realista, animista ou substancialista. Já ideias científicas sobre o conceito se enquadram nos compromissos empirista e racionalista, a partir da complexidade de interpretação das ideias.
2. Ontológico: os compromissos ontológicos serão identificados com base nas categorias estabelecidas por Chi (1992). Segundo essa autora, existem três categorias ontológicas básicas, a saber: matéria (quando os elementos são tratados como entidades concretas), eventos (quando os elementos são relacionados a processos que garante e justifica sua existência) e abstrações (quando os elementos são tratados como entidades abstratas, um modelo científico, não havendo sua existência no mundo real).

3. Axiológico: já os compromissos axiológicos estão relacionados às crenças e aos valores que os sujeitos atribuem às coisas. É através deste que podemos reconhecer as razões afetivas das escolhas na representação dos objetos em determinados contextos (Dalri, 2010). Quando, por exemplo, a noção de elemento é interpretada a partir de sentidos pessoais que expressam valores (e.g. a crença em determinados elementos como purificadores de pessoas e ambientes, como cristais ou pedras preciosas).

Resultados e Discussão

Para sistematizar os resultados desta pesquisa, apresentaremos os dados na seguinte ordem: (1) levantamento histórico do conceito (domínio sociogenético); (2) levantamento das concepções informais dos estudantes (domínio ontogenético); e (3) dados obtidos na intervenção em sala de aula (domínio microgenético). Após apresentar os dados de cada domínio, destacaremos as categorias e os temas semânticos identificados e, por fim, apresentaremos a matriz semântica completa.

Um Recorte para o Desenvolvimento Histórico do Conceito de Elemento Químico — Sociogênese

Dividimos o desenvolvimento histórico do conceito de elemento químico em três grandes blocos históricos:

1. O conceito de elemento químico na filosofia antiga:

No mundo antigo a noção de elemento tinha natureza filosófica. Os pré-socráticos buscaram um princípio primordial para explicar a constituição do cosmos: Thales de Mileto (640 a.C–546 a.C.) propôs a água como o princípio fundamental (Silva, 2009), Anaximandro (610 a.C–545 a.C.) introduziu o conceito abstrato do *apeíron* (Santos, 2015) e Anaximenes de Mileto (585 a.C–526 a.C.) considerou o ar, em diferentes graus de compactação, como princípio que explica a diversidade das coisas (Peduzzi, 2008). Porém, foi Empédocles de Agrigento (490 a.C–430 a.C.) o responsável por estabelecer a *Teoria dos quatro elementos – ar, água, terra e fogo* (Silva, 2009). De outra forma, para Platão (427 a.C–347 a.C) os quatro elementos não seriam os princípios primordiais dos corpos, como propunha Empédocles, mas os números que representam a chave das transformações (Vidal, 1986). Devido à forte influência matemática em suas ideias, Platão concebe a matéria como forma geométrica, um volume. Além do mais, tal como Platão, Aristóteles (384–322 a.C.) admitia a possibilidade de os elementos se transformarem uns nos outros (Vidal, 1986). Mas, como contribuição a proposta de Empédocles, incluiu um quinto elemento, o *éter*, considerando-o a *matéria constituinte dos corpos celestes* (Oki, 2002).

A base da suposição da transmutação pode ser identificada desde a formação das primeiras sociedades agrícolas. O homem da época da metalúrgia acreditava que a “mãe terra” guardava em seu ventre os *embriões metálicos que, como sementes, se desenvolveriam e se transformariam* (Alfonso-Golfarb, 2001).

Ainda, na idade antiga, por volta do século VI a.C, os babilônicos e os persas propuseram uma junção de magia e astrologia e associaram os deuses-planetas a metais. Essa associação entre os pares era feita a partir de características comuns. *Assim, o Sol possui a mesma cor amarela do ouro e é o mais brilhante dos astros* (Alfonso-Golfarb, 2001).

2. Concepção moderna para o elemento químico:

Francis Bacon (1561–1626) foi um dos primeiros filósofos a se afastar das noções da filosofia antiga. Para ele, forma é, antes de mais nada, *a estrutura interna de um corpo, constituída por partículas que conferirão determinadas propriedades*, atribuindo-lhe, assim, sua especificidade (Zaterka, 2012). De modo semelhante, Robert Boyle (1627–1691) defendia que os *elementos químicos eram corpos primitivos e simples, puros de qualquer mistura, dos quais derivavam os mais complexos* (Boyle, 1680). Apesar dessas contribuições e de sua influência no avanço da Química, concepções antigas persistiram até o século XVIII. Todavia, nesse século, Lavoisier (1743–1794) realizou reações de combustão, observou aumento de massa e, ao identificar o oxigênio, contestou a teoria do flogisto e explicou cientificamente a combustão (Vidal, 1986). Descreveu ainda o elemento como um corpo não decomposto por métodos químicos, chamando-o de *princípio, substância simples e corpo simples* (Baia, 2010). Nesse contexto, Berzelius (1779–1848) teve papel central ao consolidar o conceito de elemento como corpo simples e ao introduzir a simbologia moderna dos elementos, baseada nas iniciais dos nomes latinos de certos elementos (Vidal, 1986). Com o desenvolvimento da química teórica no século XIX e sua aproximação da Física, surgiram novos critérios para caracterizar elementos, como valência e peso atômico (Oki, 2002).

Sendo o peso atômico uma característica tão importante para a diferenciação de cada elemento químico, houve uma grande preocupação em determinar esse peso para cada elemento e que esta fosse feita com uma relativa precisão (Santos, 2015). No congresso de Karlsruhe (Alemanha), em 1860, o professor Stanislao Cannizzaro (1826–1910), destacou a importância da hipótese de Avogadro² e de levarmos em consideração a atomicidade dos elementos para determinação dos pesos atômicos. Em sua concepção, o peso atômico seria “o menor peso de um elemento descoberto no peso da molécula-grama de seu composto” (Brooke, 1981 citado em Baia, 2010, p. 89) e este seria importante na realização dos cálculos estequiométricos (Oki, 2009). Após essa definição de peso atômico, alguns pesquisadores tentaram estabelecer a relação entre o peso atômico e as propriedades dos elementos. Em seu livro *Organicheskaya khimiya*, Mendeleev se baseou no método de Cannizzaro para determinar os pesos atômicos, e a partir daí, *propôs a sua lei periódica* (Baia, 2010), *classificando os 64 (sessenta e quatro) elementos químicos* conhecidos à época e organizando-os pela ordem crescente do seu peso atômico (Silva, 2009).

2 Amedeo Avogadro (1776–1856) considerou que volumes iguais de gases distintos, nas mesmas condições de temperatura e pressão, possuíam o mesmo número de moléculas (Oki, 2009).

3. Visão atual sobre elemento químico:

Porém, em janeiro de 1913, Antonius van den Broek (1870–1926) propôs que as propriedades químicas e óticas (incluindo os Raios X) de um elemento seriam determinadas pelo seu “número atômico”, Z , e não pelo seu peso atômico (Tavares, 2013). Nesse contexto, a partir dos *resultados dos seus experimentos com espectros de Raios X*, Henry G. J. Moseley (1887–1915) propôs uma mudança significativa em relação ao conceito de elemento: a sua caracterização a partir do seu número atômico. Por conseguinte, as propriedades químicas dos elementos passaram a ser entendidas como funções periódicas do número atômico (Tavares, 2013).

Atualmente, o conceito de elemento químico leva em consideração a estrutura microscópica da matéria, visto que nesse nível as propriedades químicas se manifestam (Tunes et al., 1998). Além disso, a proposição dos conceitos de isótopo e de nuclídeo foram fundamentais para a elaboração de um novo conceito de elemento químico (Oki, 2002).

Assim, desde o ano de 1997, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) aceitou a conceituação dual do elemento químico da seguinte forma: (i) uma espécie de átomos, todos os *átomos com o mesmo número de prótons no núcleo atômico*; ou (ii) uma substância química pura, composta de átomos com o mesmo número de prótons no núcleo atômico (López Valentin & Furió Más, 2021).

Desse modo, o desenvolvimento do conceito de elemento químico evidenciou uma pluralidade de significados, os quais nos permitiram definir as seguintes categorias, apresentadas na Figura 1, a seguir:

Figura 1

Categorias identificadas a partir da análise do domínio sociogenético

Categorias	Definições
Elementos químicos como algo presente em tudo, generalizável	Os elementos químicos são entendidos como constituintes de tudo o que existe no universo.
Elemento químico como algo germinável	O elemento químico é concebido por analogia ao desenvolvimento de seres vivos ou vegetais., no sentido de algo que pode “germinar”.
Elemento químico em uma visão antropomórfica	O elemento químico apresenta características típicas dos seres vivos.
Elementos químicos definidos a partir das propriedades da matéria	Os elementos químicos são identificados ou diferenciados por propriedades gerais ou específicas da matéria.
Elementos químicos compreendidos a partir de suas representações	Os elementos químicos são identificados por símbolos que permitem sua distinção.
Elementos químicos como parte de um sistema de classificação	Os elementos químicos são definidos por sua organização e classificação na Tabela Periódica.

Figura 1

Categorias identificadas a partir da análise do domínio sociogenético (continuação)

Categorias	Definições
Elemento químico identificado a partir de instrumentos ou técnicas laboratoriais	O elemento químico é reconhecido por meio de técnicas e instrumentos laboratoriais ou de informações por eles fornecidas.
Elementos químicos como a menor parte da matéria	O elemento químico é compreendido como a menor representação de uma substância, se aproximando da definição de átomo.
Elementos químicos são definidos em termos dos seus núcleos ou isótopos	Os elementos químicos são definidos em termos dos seus núcleos ou isótopos.

Concepções Informais Sobre Elemento Químico — Ontogênese

Neste tópico apresentaremos alguns trabalhos na literatura que abordam as concepções informais de estudantes e professores sobre o conceito de elemento. Tal levantamento é importante quando da proposição de uma matriz semântica, a fim de identificarmos quais concepções guardam um compromisso (ontológico, epistemológico ou axiológico) com ideias provenientes dos contextos históricos.

Na pesquisa realizada por Nuñez et al. (2003), cujo objetivo foi levantar as concepções sobre elemento químico entre estudantes do curso de licenciatura em química, algumas observações interessantes foram feitas. Em geral, o conceito é associado as características dos átomos (referente a um mol de elemento); como a *menor representação da substância (ideia de Boyle); como algo que pode ser encontrado na natureza ou a própria substância simples.*

Além disso, na pesquisa realizada por Silva (2009), que buscou examinar a apropriação e o uso do conceito de elemento químico entre estudantes do 8º ano do ensino fundamental, outras concepções podem ser identificadas. Durante o diálogo, alguns estudantes afirmaram que um elemento químico é algo *presente na tabela periódica; outros acreditam ser alguma substância existente*, acreditando que o carboidrato seria um elemento químico. Porém, ao não identificarem os carboidratos na tabela periódica e sim o cálcio de forma isolada, alguns estudantes passaram a fazer suposições que os elementos que estão na tabela periódica são puros.

Outro diálogo com possibilidade de reconhecermos a diversidade de significados atribuídos ao conceito de elemento químico pode ser visto na pesquisa de Pieper (2018). Alguns estudantes, denominados de A8, A13 e A1, respectivamente, apresentaram os seguintes modos de pensar: “os elementos químicos *estão presentes em todos os ambientes, coisas*, como sal, pasta de dente e cloro, estão presentes em nosso cotidiano e na Tabela Periódica como elemento químico” (A8); “estão em tudo, pois tudo que nos rodeia é um elemento químico [...], *então estamos com contato direto com os elementos* no nosso dia a dia” (A13); “Nós *usamos os elementos químicos em todo nosso dia-a-dia. Sem eles não existiria vida*, pois os elementos químicos constituem tudo que nós conhecemos” (A1).

Ademais, nos turnos de fala do professor/pesquisador também é possível identificar mais de um modo de conceituar o elemento químico. Primeiramente, é possível identificarmos a noção de elemento químico como constituinte de todas as coisas em nosso cotidiano ou como algo intrínseco à matéria. Igualmente, esse professor apresenta uma noção de elemento químico como um átomo capaz de realizar ligações químicas, ao justificar que a matéria não é constituída por átomos isolados.

A pesquisa realizada por Leite (2020), com estudantes de uma turma do primeiro ano do ensino médio, buscou explorar concepções sobre elemento químico a partir da utilização de Histórias em Quadrinhos. Assim, quando questionados sobre o que seria um elemento químico, alguns estudantes responderam que os elementos químicos são responsáveis por formar substâncias ou que *participam de uma reação química e se transformam*, ao mencionar: “elementos [...] que *se transformam e interagem entre si*”. Mas também é visto como algo *essencial para os seres vivos* (“nosso corpo precisa de elementos químicos como o oxigênio”) e que podem ser *utilizados para criar objetos* (“servem para fazer objetos e para os experimentos”). Por outro lado, alguns estudantes procuraram associar os elementos químicos aos *seus respectivos símbolos* (“símbolo que representa alguma coisa”); aos seus nomes (“são hidrogênio e oxigênio”) e a algo que está presente na tabela periódica (“são conhecidos como tabela periódica, possui 115 elementos”).

Na pesquisa de Silva (2021) o objetivo principal era mapear compromissos epistemológicos para o conceito de elemento químico, a partir das respostas dos estudantes do curso de Licenciatura em Química. Destarte, ao serem questionados sobre o que é um elemento químico, alguns estudantes recorreram a aspectos subatômicos, afirmando que o elemento químico é um conjunto de *átomos com o mesmo número atômico*, mas que *possuem massas diferentes*, ou que é uma *representação simbólica* de um grupo de partículas que *possuem propriedades físico-químicas* idênticas. Outros estudantes consideram o elemento químico como um componente importante na composição da matéria ou apenas como um elemento da química.

Além disso, ao serem questionados sobre como poderíamos identificar os elementos na natureza, alguns estudantes afirmaram que os elementos químicos podem ser identificados a partir da consulta à tabela periódica ou através de *técnicas específicas como a espectrofotometria*.

Por fim, no trabalho de Pastana et al. (2022), cujo objetivo foi desenvolver e avaliar uma sequência didática utilizando o tema gerador Astroquímica com estudantes do 9º ano do ensino fundamental, ao buscarem levantar as concepções dos estudantes sobre a origem dos elementos químicos, os pesquisadores obtiveram respostas como: eles são descobertos “por recursos naturais” (Aluno F) ou “para mim os elementos já estavam no planeta e os humanos precisaram descobrir” (Aluno H). A partir da resposta do aluno H o professor fez uma segunda pergunta: “Será que a Terra foi criada com todos os elementos químicos aqui?”, e obteve respostas como: “Acho que tudo é uma questão de evolução, *eles foram evoluindo até chegar nos elementos químicos* que a gente conhece hoje, assim como a gente, a gente surgiu, mas a gente não era assim, com o passar dos anos a gente foi evoluindo até chegar como é hoje [...]”.

Essa gama de significados associados ao conceito de elemento químico no domínio ontogenético, nos levou a identificar as seguintes categorias, apresentadas na Figura 2.

Figura 2

Categorias identificadas a partir da análise do domínio ontogenético

Categorias	Definições
Elementos químicos como algo presente em tudo, generalizável	Os elementos químicos são entendidos como constituintes de tudo o que existe no universo.
Elementos químicos surgem de eventos de ordem natural	O elemento químico é relacionado a sua origem natural ou a eventos cosmológicos.
Elemento químico como componente de uma reação química	O elemento químico é descrito de forma indistinta como íon, composto, moléculas ou substância.
Elemento químico como algo essencial para manutenção da vida	O elemento químico é entendido como condição necessária para a existência da vida.
Elemento químico a partir de uma visão utilitarista	Assim como são necessários à atividade química, os elementos químicos são concebidos em função de sua utilidade prática ou tecnológica.
Elemento químico como algo manipulável	O elemento químico como algo que pode ser tocado, dividido em porções menores ou modificada manualmente.
Elemento químico identificado a partir de instrumentos ou técnicas laboratoriais	O elemento químico é reconhecido por meio de técnicas e instrumentos laboratoriais ou de informações por eles fornecida.
Elementos químicos como parte de um sistema de classificação	Os elementos químicos são definidos por sua organização e classificação na Tabela Periódica.
Elemento químicos como a menor parte da matéria	O elemento químico é compreendido como a menor representação de uma substância, se aproximando da definição de átomo.
Elementos químicos são definidos em termos dos seus núclídeos ou isótopos	Os elementos químicos são definidos em termos dos seus núclídeos ou isótopos.
Elementos químicos diferenciados a partir do número atômico	Os elementos químicos são definidos pelo número de prótons no núcleo atômico.

Concepções dos Estudantes Sobre Elemento Químico — Microgênese

Análise dos Dados da Intervenção Didática

Como mencionado na metodologia, no recorte aqui proposto usaremos os dados coletados no terceiro momento da intervenção, que consistiu na apresentação de um vídeo sobre a transmutação e seu debate. Na Figura 3, abaixo, apresentaremos o diálogo estabelecido com os estudantes sobre a possibilidade de se alcançar a transmutação dos metais.

Figura 3

Debate com estudantes sobre a possibilidade da transmutação ocorrer

PESQ	Então, como vocês acham que esse processo ocorreu? Quais foram os caminhos que eles percorreram ou quais foram as estratégias que eles utilizaram para alcançar esse feito?
EREM21	Eu acho que eles <i>utilizaram reações químicas</i> para alcançar essa transformação.
EREM1	Eu acho que essa pedra não existiria, não teria como você pegar uma pedra e sair transformando tudo que você quisesse em ouro. Então <i>eles foram buscar outras experiências para tentar modificar a matéria</i> .
PESQ	Aí eu vou fazer uma pergunta a vocês: por que essa emissão de energia e a consequente retirada de um próton do núcleo pode transformar mercúrio em ouro?
EREM1	Porque <i>o núcleo é a base</i> dos elementos.
PESQ	EST22 você pode comentar?
EREM22	<i>A retirada de um próton vai meio que energizar e vai alterar a composição química de um elemento e, conseqüentemente, vai alterar a composição física. O mercúrio deixa de ser líquido e passa a ser ouro que é sólido</i>
PESQ	EREM17 o que você acha?
EREM17	Eu acho que tipo assim... <i>A quantidade de prótons é quem vai definir qual é o elemento. Então ele retirando ou acrescentando vai transformar em outro elemento.</i>

Inicialmente, o posicionamento de EREM1 e EREM21 nos leva a interpretar que a ocorrência da transmutação seria possível através da utilização de reações químicas ou de procedimentos experimentais. Mas ao prosseguirmos com a apresentação do vídeo e questionarmos se a retirada de um próton do núcleo do mercúrio poderia transformá-lo em ouro. Segundo EREM1 seria possível pelo fato de o núcleo ser a “base” dos elementos. É como se o átomo fosse compreendido como algo material. Como se a perda de um próton resultasse em uma modificação na sua “estrutura”.

De outro modo, para EREM22 a retirada de um próton resultaria em uma mudança de estado físico. Porém, para EREM17 a modificação no número de prótons permitiria a ocorrência da transmutação, pois é a principal característica de cada elemento químico.

Matriz Semântica para Elemento Químico

A análise dos domínios sociogenético, ontogenético e microgenético permitiu classificar os modos de pensar e formas de falar o elemento químico, além de identificar suas semelhanças. Essa estratégia foi essencial para definir os temas semânticos e as categorias da matriz apresentada na Figura 4.

Figura 4

Matriz semântica para o conceito de elemento químico

Tema	Categoria	Compromisso
Elemento químico a partir de pensamentos generalistas	Elementos como algo presente em tudo	Epistemológico realista Ontológico material
	Elementos como resultado de processos nucleares	Epistemológico realista
	Elemento como componente de uma reação química	Ontológico abstrato
Elementos químicos a partir da sua origem	Elementos químicos surgem a partir de eventos de ordem natural	Epistemológico realista Ontológico material
	Elementos químicos surgem a partir da intervenção humana	Ontológico de processo
Elementos definidos a partir de aspectos vitalistas e essencialistas	Elemento como algo essencial para manutenção da vida	Epistemológico animista Ontológico material
	Elemento como algo germinável	Epistemológico animista Ontológico material
	Elemento em uma visão antropomórfica	Epistemológico animista Ontológico material
Elementos como entidades concretas que existem no mundo real	Elemento a partir de uma visão utilitarista	Epistemológico substancialista Ontológico material
	Elemento como algo manipulável	Epistemológico substancialista Ontológico material
	Elementos definidos a partir das propriedades da matéria	Epistemológico substancialista Ontológico material
	Elementos compreendidos a partir de suas representações simbólicas	Epistemológico substancialista Ontológico material
	Elementos como parte de um sistema de classificação	Epistemológico substancialista Ontológico material

Figura 4*Matriz semântica para o conceito de elemento químico (continuação)*

Tema	Categoria	Compromisso
Elementos químicos são identificados, extraídos ou sintetizados por meio de instrumentos	Elemento químico identificado por instrumentos, técnicas laboratoriais ou tecnologias avançadas	Epistemológico Empirista
Elemento químico como um átomo composto por subpartículas	Elemento como a menor parte da matéria	Epistemológico racionalista Ontológico abstrato
Elementos químicos como conjuntos de átomos, cujas propriedades químicas são funções periódicas do número atômico	Elementos químicos diferenciados a partir do número atômico	Epistemológico racionalista Ontológico abstrato
	Elementos químicos definidos em termos dos seus núclídeos ou isótopos	Epistemológico racionalista Ontológico abstrato

Tema 1: Elemento químico a partir de pensamentos generalistas

O primeiro tema reúne concepções generalistas do conceito, nas quais o elemento químico é compreendido como algo que pode existir em qualquer instância do universo. Esse tema originou três categorias: elemento como algo presente em tudo, como resultado de processos nucleares e como componente de uma reação química.

Na primeira categoria, a noção de elemento é superficial e pouco relacionada ao conceito científico, apresentando ampla abrangência ontológica, ao ser associado a toda a matéria do universo. Identifica-se, nesse caso, um compromisso epistemológico realista e uma ontologia material, decorrente da ideia de que o elemento “está em tudo”.

A segunda categoria compreende elementos como resultados de processos, como fissão ou fusão nuclear, sem maiores detalhamentos conceituais, o que impede uma classificação epistemológica mais elaborada. Essa categoria foi identificada no domínio microgenético.

Na terceira categoria, o elemento muda de categoria ontológica, ao ser associado a íons, moléculas, compostos ou substâncias, como reagentes ou produtos de reações químicas. Nesses casos, a ausência de uma concepção consolidada leva à definição do elemento como qualquer componente da química. Apesar do caráter generalista, essa categoria apresenta maior nível de abstração em relação à primeira, aproximando-se da ontologia de abstração (Chi, 1992).

Tema 2: Elementos químicos a partir da sua origem

No segundo tema, o elemento é descrito a partir de seu processo de origem, natural ou artificial, porém sem informações adicionais. O que diferencia as categorias desse tema das anteriores é a presença dos compromissos epistemológico realista e ontológico de processo.

Quando atribuem uma origem natural aos elementos, os sujeitos mencionam teorias explicativas ou os associam diretamente à natureza, evidenciando um compromisso realista, sem preocupação com abstrações, característico do senso comum e de interpretações intuitivas dos fenômenos (Bachelard, 1996).

Por outro lado, ao associar a origem dos elementos a processos artificiais, os estudantes destacam o avanço tecnológico, o desenvolvimento científico ou a intervenção humana, sem mencionar métodos ou instrumentos específicos. Assim, essa categoria se relaciona a um compromisso ontológico de processo, conforme Chi (1992).

Tema 3: Elementos definidos a partir de aspectos vitalistas e essencialistas

No terceiro tema, o elemento químico é concebido como algo associado à vida ou que a possibilita. Para classificar os modos de pensar desse tema, foram definidas três categorias: elemento como essencial à manutenção da vida, como algo germinável e sob uma visão antropomórfica.

Na primeira categoria, o elemento é compreendido como condição para a existência dos seres vivos, noção identificada nos domínios ontogenético e microgenético, quando os estudantes afirmam que o corpo humano necessita de elementos químicos. Essa concepção evidencia um compromisso animista (Bachelard, 1996), caracterizado pelo fetichismo da vida associado a explicações de aparência científica.

A segunda categoria reúne modos de pensar que comparam a origem e o desenvolvimento dos elementos aos processos de desenvolvimento dos seres vivos, como a ideia, identificada no domínio sociogenético, de que os elementos necessitam de “solo fértil” para se desenvolver.

A terceira categoria refere-se à atribuição de características antropomórficas aos elementos, como graus de simpatia ou antipatia, bem como a capacidade de se esconderem ou se deixarem identificar, conforme observado no domínio sociogenético.

Em todas as categorias desse tema, além do compromisso animista, identificamos uma ontologia material, na medida em que os elementos são concebidos como entidades concretas existentes no mundo macroscópico.

Tema 4: Elementos como entidades concretas que existem no mundo real

No quarto tema, o conceito de elemento químico é materializado, sendo organizado em cinco categorias.

Na primeira, elemento sob uma visão utilitarista, o elemento é compreendido como algo útil à atividade química e à produção de objetos do cotidiano. No domínio ontogenético, estudantes costumam associar os elementos à fabricação de materiais e à realização de experimentos.

Na segunda categoria, o elemento é descrito como algo manipulável. Nos domínios ontogenético e microgenético, os estudantes indicam a possibilidade de contato direto com os elementos, bem como de sua manipulação ou “retirar” subpartículas de um elemento e “misturar” em outro. Essa concepção contribui para a substancialização do conceito, evidenciando um compromisso epistemológico substancialista e uma ontologia material.

A terceira categoria reúne modos de pensar a partir dos quais os elementos são identificados ou diferenciados por propriedades da matéria. No domínio sociogenético, por exemplo, metais são associados a planetas com base em propriedades como cor e brilho. Nessa categoria, mantêm-se o compromisso substancialista e a ontologia materialista.

Na quarta categoria, os elementos são compreendidos a partir de representações simbólicas, convencionais ou não, sendo concebidos como entidades reais e materiais, passíveis de diferenciação visual. A adoção de referenciais concretos para seu reconhecimento reforça o compromisso substancialista e a ontologia materialista. No domínio sociogenético, destacam-se os símbolos propostos por Berzelius, enquanto, no domínio ontogenético, os estudantes recorrem aos símbolos como forma simplificada de representação e reconhecimento dos elementos no cotidiano.

A quinta categoria considera a ideia de que os elementos podem ser classificados ou ordenados. Nela, os elementos são definidos como constituintes da Tabela Periódica ou como passíveis de agrupamento segundo características comuns. O compromisso substancialista se sustenta na concepção de que os elementos estão organizados e contidos na Tabela Periódica, em consonância com a categoria anterior.

Tema 5: Elementos químicos são identificados, extraídos ou sintetizados por meio de instrumentos

No quinto tema, reconhecemos a presença de um compromisso empirista, no qual a origem ou a identificação de novos elementos químicos é associada ao avanço tecnológico, ao desenvolvimento de instrumentos e à descoberta de técnicas laboratoriais que permitem obter informações relevantes sobre os elementos.

Esse tema deu origem a uma única categoria, denominada a noção de elemento químico associada ao uso de instrumentos ou técnicas laboratoriais, cujos modos de pensar foram identificados nos três domínios genéticos: sociogenético, ontogenético e microgenético.

No domínio sociogenético, esse compromisso empirista é evidenciado quando Francis William Aston, por meio do uso do espectrômetro de massa, demonstrou que o conceito de isótopo poderia ser aplicado a todos os elementos (Oki, 2002). De modo análogo, no domínio ontogenético, Silva (2021) identificou, nos turnos de fala dos estudantes, a menção a técnicas como espectrometria e espectrofotometria para o reconhecimento de novos elementos químicos.

Tema 6: Elemento químico como átomo composto por subpartículas

O sexto tema reúne modos de pensar nos quais o elemento químico é descrito a partir de aspectos microscópicos, aproximando-se da definição de átomo. Em relação aos temas anteriores, observa-se uma mudança no compromisso epistemológico, que passa a ser o racionalismo, bem como na categoria ontológica, que se desloca para a abstração (Chi, 1992).

A primeira categoria, denominada elemento como a menor parte da matéria, compreende concepções nas quais os elementos são reconhecidos, classificados ou diferenciados a partir das quantidades de partículas que constituem o átomo. Esses modos de pensar são identificados no domínio sociogenético, a partir das ideias de Boyle, que concebia os elementos como corpos primitivos e simples (Nuñez et al., 2003), e nos domínios ontogenético e microgenético, quando os estudantes os descrevem como um tipo de átomo.

A segunda categoria envolve a concepção de elemento definido ou diferenciado por propriedades periódicas ou aperiódicas. Essas noções foram identificadas exclusivamente no domínio microgenético, sendo recorrente a menção a propriedades como eletronegatividade e massa atômica para a identificação de elementos específicos.

Tema 7: Elementos químicos como conjuntos de átomos cujas propriedades químicas são funções periódicas do número atômico

No último tema, os elementos químicos são compreendidos como conjuntos de átomos com o mesmo número atômico. A definição e a diferenciação dos elementos a partir desse critério evidenciam os compromissos epistemológico racionalista e ontológico de abstração.

A primeira categoria, elementos diferenciados pelo número atômico, considera que os elementos podem ser originados, reconhecidos ou distinguidos pelo número de prótons no núcleo, bem como pela relação entre esse número e suas propriedades. Os modos de pensar associados a essa categoria foram identificados nos três domínios genéticos: no sociogenético, a partir da descoberta de Antonius van den Broek; e nos domínios ontogenético e microgenético, quando os estudantes concebem o número atômico como a “identidade” do elemento.

Na segunda categoria, os elementos são definidos em termos de nuclídeos ou isótopos, considerando elétrons de valência e configuração eletrônica. No domínio ontogenético, os estudantes classificam o elemento como um conjunto de átomos com o mesmo número atômico, mas com diferentes números de massa ou massas atômicas (Silva, 2021). De modo convergente, no domínio sociogenético, a definição proposta pela IUPAC compreende o elemento como “uma espécie de átomos, todos com o mesmo número de prótons no núcleo atômico” (López-Valentin & Furió-Más, 2021).

Considerações Finais

Os dados apresentados nessa pesquisa evidenciam que o conceito de elemento químico é polissêmico, o que justifica a proposição de um perfil conceitual. Além do mais, observamos que concepções semelhantes podem emergir em mais de um domínio genético. Por exemplo, vimos que os modos de pensar e formas de falar pertencentes às categorias: elemento como parte de um sistema de classificação, elemento identificado a partir de instrumentos ou técnicas laboratoriais ou de tecnologias com alto nível de sofisticação e elemento como a menor parte da matéria, emergiram nos três domínios genéticos explorados.

Além disso, os resultados obtidos nessa pesquisa nos levaram a propor sete temas semânticos e dezenove categorias para dar conta da polissemia associada ao conceito em tela. Além disso, nos possibilitaram observar a presença de compromissos epistemológicos (realista, animista, substancialista, empirista, racionalista e ultrarracionalista) e ontológicos (material e abstrato). Porém, não foi possível identificarmos a presença de compromissos axiológicos durante a análise.

Diante do exposto, a finalização dessa matriz semântica visa dar um direcionamento para a proposição das zonas de um perfil conceitual para elemento químico. Entretanto, vale ressaltar que os temas definidos não correspondem a essas zonas. Afinal, cada zona pode englobar mais de um tema. Porém, essa é uma discussão para abordarmos em outro momento.

Contribuições dos Autores

Administração do projeto: Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Análise formal:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Conceituação:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Gerenciamento de dados:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Escrita — Primeira versão:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Escrita — Revisão e edição:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Investigação:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Metodologia:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Obtenção de financiamento:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Recursos:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Supervisão:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Validação:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.; **Visualização:** Souza, I. B. S., Silva, J. R. R. T.

Disponibilidade de Dados de Pesquisa

Os dados serão fornecidos quando solicitados aos autores.

Agradecimentos

Agradecemos à CAPES e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para o desenvolvimento e a realização desta pesquisa.

Referências

- Alfonso-Goldfarb, A. M. (2001). *Da alquimia à química*. Landy Editora.
- Amaral, E. M. R., & Mortimer, E. F. (2004). Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: Una caracterización de las formas de falar y hablar en el aula de química. *Educación Química*, 15(3), 218–233. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66179>
- Amaral, E. M. R., & Mortimer, E. F. (2001). Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(3), 5–18.
- Bachelard, G. (1978). *A filosofia do não*. Abril Cultural.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico* (E. S. Abreu, Trad.). Contraponto.
- Baia, F. A. S. P. (2010). *Átomos, elementos químicos, planetas e estrelas – Concepções de Mendeleev sobre o mundo microscópico* (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.81.2011.tde-31052012-105355>
- Bakhtin, M. (2011). *Estética da criação verbal*. WMF Martins Fontes.

Bakhtin, M. M. (1986). *Speech genres and other late essays* (C. Emerson & M. Holquist, Eds.; V. W. McGee, Trans.). University of Texas Press.

Bezerra, B. H. S. (2018). *Abordagem de questões sociocientíficas: Buscando relações entre diferentes modos de pensar e contextos em estudos sobre fármacos e automedicação no ensino de química* (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações — UFRPE. <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7779>

Boyle, R. (1680). *The sceptical chymist or chymico-physical doubts & paradoxes, touching the experiments whereby vulgar Spagyrist's are wont to endeavour to evince their salt, sulphur and mercury, to be the true principles of things*. Kessinger Publishing.

Canal History Brasil. (13 de fevereiro, 2021). *Descubra o que é a Pedra Filosofal na Alquimia* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=j1pSXGu9484>

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129–186). University of Minnesota Press.

Dalri, J. A. (2010). *A dimensão axiológica do perfil conceitual* [Dissertação de Mestrado]. Universidade de São Paulo.

Dimov, L. F., Pechliye, M. M., & Jesus, R. C. (2016). Caracterização ontológica do conceito de fotossíntese e obstáculos epistemológicos e ontológicos relacionados com o ensino deste conceito. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(1), 7–28. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/92>

Diniz Júnior, A. I. (2022). *Uma proposta de perfil conceitual para reações químicas* (Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações — UFRPE. <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/9192>

López Valentín, D. M., & Furió Más, C. (2021). El concepto actual de elemento químico: ¿uno o dos significados? Implicaciones en su enseñanza (Segunda parte). *Educación Química*, 32(1), 32–44. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75259>

Mortimer, E., & El-Hani, C. N. (2014). *Conceptual Profiles: a theory of teaching and learning scientific concepts*. Springer.

Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 267–285. <https://doi.org/10.1007/BF00486624>

Mortimer, E. F., Scott, P., & El-Hani, C. N. (2011). Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (30), 111–125. <https://doi.org/10.17227/ted.num30-1102>

Mortimer, E. F., Scott, P., Amaral, E. M. R., & El-Hani, C. N. (2014). Conceptual profiles: Theoretical-methodological bases of research program. In E. F. Mortimer & C. N. El-Hani (Eds.), *Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts* (pp. 3–33). Springer.

Núñez, I. B., Silva, M. G. L., Neves, L. S., & Ramalho, B. L. (25–29 de novembro, 2003). *O elemento químico: o que pensam os futuros licenciados em Química*. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, São Paulo.

Oki, M. C. M. (2002). O conceito de elemento químico da antiguidade à modernidade. *Química Nova na Escola*, 25(16), 13–17. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf

Pastana, V. G. S., Tolosa, F. E., & Souza, J. P. I. (10–12 de agosto, 2022). *Evolução estrelar: uma sequência didática envolvendo astroquímica no 9º ano do ensino fundamental*. 19º Simpósio Brasileiro de Educação Química (SIMPEQUI), Associação Brasileira de Química (ABQ), online.

Pieper, Q. (2018). *Uso da linguagem química em uma turma de Ensino Médio de uma escola pública de Pelotas* [Trabalho de Conclusão de Curso]. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul.

Pedrerros, R. I. (2015). Compromisos Ontológicos y epistemológicos en el estudio de situaciones de equilibrio en comunidades culturalmente diferenciadas. *Educación Y Ciudad*, (21), 7–28. <https://doi.org/10.36737/01230425.n21.103>

Reis, V. P. G. S. (2018). *O perfil conceitual de herança biológica: Investigando dimensões epistemológicas e axiológicas de significação no contexto de ensino médio de Genética* (Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia & Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, Bahia). Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC) - UFBA/UEFS. <https://ppgefhc.ufba.br/pt-br/o-perfil-conceitual-de-heranca-biologica-investigando-dimensoes-epistemologicas-e-axiologicas-do>

Rodrigues, A. M., & Mattos, C. R. (2007). Reflexões sobre a noção de significado em contexto. *Indivisa: Boletín de Estudios e Investigación*, 7, 323–331.

Santos, V. S. (2015). *Análise da abordagem da história da Ciência nos livros aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015 a partir do tratamento dado ao conceito de elemento químico* [Trabalho de Conclusão de Curso]. Universidade de Brasília.

Santos, J. S., Lima, J. A., Barbosa, L. S., & Gehlen, S. T. (2019). A dimensão axiológica na elaboração de uma rede temática na educação infantil: Contribuições para o ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 19, 649–682. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u649682>

Silva, J. R. R. T., Amaral, E. M. R., & Silva, F. C. V. (2021). Estruturação de zonas do perfil conceitual de substância e suas implicações para a compreensão química em sala de aula. *Educación Química*, 28, 33–38. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.28.77926>

Silva, K. N. (2021). *Identificação de compromissos epistemológicos para o conceito de elemento químico em estudantes do curso de Química-Licenciatura* [Trabalho de Conclusão de Curso]. Universidade Federal de Pernambuco.

Silva, N. S. (2009). *Modos de uso e o processo de apropriação do conceito de elemento químico por estudantes do ensino fundamental* (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais). Repositório Institucional da UFMG. <https://repositorio.ufmg.br/items/d98e61d0-a5d5-451b-bd56-98190cac48a2>

Simões Neto, J. E. (2016). *Uma proposta para o perfil conceitual de energia em contextos do ensino da física e da química* (Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações — UFRPE. <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/8544>

Tavares, O. A. P. (2013). Talento de Moseley: desvendando os segredos do átomo. *Ciência e Sociedade*, 1(1), 45–58. <https://revistas.cbpf.br/index.php/CS/article/view/36>

Tunes, E., Tolentino, M., Silva, R. R., Souza, E. C. P. de, & Rocha-Filho, R. C. (1988). Ensino de conceitos em Química. IV – Sobre a estrutura elementar da matéria. *Química Nova*, 12, 199–202. https://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3419

Vairo, A. C., & Rezende Filho, L. A. C. (2013). Perfil conceitual como tema de pesquisa e sua aplicação em conteúdos de Biologia. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 15(1), 193–208. <https://doi.org/10.1590/1983-21172013150112>

Viggiano, E., & Mattos, C. R. (26 de novembro–02 de dezembro, 2007). *É possível definir contextos de uso de zonas de perfil conceitual com um questionário?* VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC), Florianópolis, Santa Catarina.

Vidal, B. (1986). *História da química* (A. F. Marques, Trad.). Edições 70.

Zaterka, L. (2012). As teorias da matéria de Francis Bacon e Robert Boyle: forma, textura e atividade. *Scientiae Studia*, 10(4), 681–709.

Wertsch, J. V. (1991). *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Harvard University Press.

Wertsch, J. V. (1988). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Paidós.

 **Isaac Bruno Silva Souza**

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife, Pernambuco, Brasil
isaacbsouza@gmail.com

 **João Roberto Ratis Tenório da Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife, Pernambuco, Brasil
joao.rtsilva@ufrpe.br

Editora Responsável: Márcia Gorette Lima da Silva 

Revisado por: Ana Lídia Gonçalves Medeiros

Periódico financiado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências — ABRAPEC



Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e Isenção de Interesse e de Responsabilidade

Os autores declaram ser responsáveis pelo zelo aos procedimentos éticos previstos em lei, não haver qualquer interesse concorrente ou pessoais que possam influenciar o trabalho relatado no texto e assumem a responsabilidade pelo conteúdo e originalidade integral ou parcial.

Copyright (c) 2025 Isaac Bruno Silva Souza, João Roberto Ratis Tenório da Silva



Este texto é licenciado pela **Creative Commons CC BY 4.0 License**

Você tem o direito de Compartilhar (copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, mesmo que comercial) e Adaptar (remixar, transformar, e criar a partir do material para qualquer fim, mesmo que comercial). De acordo com os termos seguintes:

Atribuição: Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.

Sem restrições adicionais: Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.
