

DO ESPONTÂNEO AO CIENTÍFICO: um estudo sobre a formação do conceito de transformação química

FROM THE SPONTANEOUS TO THE SCIENTIFIC: a study on the formation of the chemical transformation concept

Rafael Moreira Siqueira¹
Lucas dos Santos Fernandes²

RESUMO

O conceito de transformação química caracteriza-se como um dos mais importantes para o estudo da Química, e está diretamente relacionado com diversos outros conhecimentos da ciência. Neste trabalho, foram realizados dois tipos de análise do conceito de reação química: (i) análise filosófica, por meio da teoria do conceito de Hardy-Vallée, e (ii) análise psicológica, à luz da teoria histórico-cultural da formação de conceitos de Vigotski. O conceito de reação química apresenta componentes científicos e espontâneos. Neste estudo, buscou-se analisar o desenvolvimento do conceito de reação química partindo dos componentes espontâneos para os componentes científicos. Ao fim, apresentamos possibilidades de tratamento a partir da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico-crítica.

PALAVRAS-CHAVE: Reações químicas; Aprendizagem; Conceito científico; Psicologia histórico-cultural.

ABSTRACT

The concept of chemical transformation is one of the most important for the study of Chemistry and is directly related to several other science concepts. In this work, we have analyzed the concept of chemical reactions in two different manners: (i) philosophical analysis through Hardy-Vallée concept theory; (ii) psychological analysis in the light of the historical-cultural theory of Vigotski's concept formation. The concept of chemical reaction presents scientific and spontaneous components. We sought to peruse the development of the concept of chemical reaction starting from the spontaneous components to the scientific components. To the end, we present possibilities of its treatment from historical-cultural psychology and historical-critical pedagogy.

KEYWORDS: Chemical reactions; Learning; Scientific concept; Historical-cultural psychology.

DOI: 10.21920/recei72019514265282
<http://dx.doi.org/10.21920/recei72019514265282>

¹Doutorando em Ensino, Filosofia e História das Ciências na UFBA. Professor Assistente na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: rafaelsiqueira@ufrb.edu.br / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9032-5831>

²Professor efetivo da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf) / Universidade Federal da Bahia (UFBA). Colegiado das Ciências da Natureza (SRN) - Ensino das Ciências. E-mail: luckfernandez@hotmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9433-724X>

INTRODUÇÃO

Conforme aponta a literatura, um dos principais focos de estudo da Química, especialmente para a educação de Química dentro da educação básica, é o estudo das transformações químicas ocorridas com os materiais (BRASIL, 2002; MINAS GERAIS, 2007). Como Lima e Barboza (2005) corroboram, as reações químicas são um conceito estruturador do pensamento químico, de forma que suas ideias seriam, portanto, estruturadoras desta ciência – isto porque seu conhecimento possibilita uma maior compreensão da Química, de outras ciências e do próprio mundo. A perpetração ocorre por meio da proposição de explicações sobre os fenômenos que ocorrem ao redor dos estudantes, da capacidade de relacionar tal conceito com outros, com a capacidade de síntese que seu conhecimento proporciona, entre outras possibilidades.

Por outro lado, está claro para nós que o estudo das transformações químicas é muito amplo e não se encerra em si mesmo, sendo interdependente de outros focos nesta ciência, como as propriedades e constituição dos materiais e substâncias. Forma-se, assim, uma rede de conhecimentos e conceitos necessários para uma adequada compreensão da ciência como um todo, em particular durante a escolarização dos estudantes na educação básica. Tal compreensão se dá, no caso das transformações, não apenas pelo seu caráter fenomenológico, visível e concreto, ou a partir das mudanças das propriedades de materiais e de substâncias com o tempo. As relações de massa e energia, bem como o entendimento dos rearranjos atômicos, e a dinâmica de tais reações presentes nas transformações, por vezes microscópicas e não diretamente acessíveis aos estudantes, também são essenciais para uma construção adequada e aprofundada do conceito de transformações químicas (BRASIL, 1999).

Lima e Barboza (2005, p.40) aproximam-se dessa nossa percepção trazendo à tona os denominados conceitos estruturantes, “ideias que gravitam em torno das estruturadoras”. No caso das reações químicas, enquanto ideia estruturadora do pensamento químico, seus conceitos estruturantes poderiam estar relacionados às questões cinéticas e termodinâmicas, como, por exemplo, a velocidade das reações, a extensão na qual ocorrem, se em equilíbrio ou não, sua reversibilidade, a energia que absorvem ou liberam em sua realização, ou até mesmo a energia necessária para que ocorram.

Define-se transformação química como “um processo que resulta na interconversão de espécies químicas” (IUPAC, 2014, p.1, tradução nossa). Assim, uma transformação química (a qual também será chamada de reação química, de forma sinônima) poderia ser constatada apenas de forma atômico-molecular, por meio de uma observação do rearranjo dos átomos em espécies diferentes, pois não seríamos capazes de verificar essa interconversão de forma macroscópica (considerando aqui espécies químicas como entidades químicas idênticas entre si, com sua abundância isotópica elementar natural). Na história da construção do pensamento químico, e também na construção de um pensamento sobre as transformações químicas na educação básica, isso é, obviamente, inviável. A análise do fenômeno como um todo se faz necessária de forma a verificar outros indícios da ocorrência da transformação – tais como mudanças de estados físicos, desprendimentos de gases, formação de sólidos, mudanças na temperatura do sistema, entre outras formas de verificar a ocorrência de uma reação química de forma mais direta. Outras formas, essas de natureza indireta, também poderiam ser utilizadas, como com o uso de indicadores, instrumentação analítica (espectroscopia) etc.

Portanto, é importante entender que nem todo fenômeno de transformação é decorrente de uma reação química. Para Olmsted e Williams (1996), transformação é todo fenômeno que altera as propriedades das substâncias presentes no sistema estudado. Caso não haja mudança na

natureza química das espécies presentes, ou seja, não haja conversão de espécies químicas em outras, a transformação é considerada física - como na fusão de uma pedra de gelo ou na dissolução de uma colher de sal em um copo de água. Indo além, a simplória classificação entre transformações físicas e químicas pode levar a distorções do conhecimento mais elaborado dos fenômenos químicos, visto que tais classificações podem ser limitadas, conforme aponta Lopes (1995). Em um processo tal, como a neutralização de uma solução de ácido clorídrico com a utilização de carbonato de cálcio sólido, ocorrerá uma transformação química, com a reação entre estas substâncias para a formação de gás carbônico (e outros produtos); porém, outras transformações também ocorrerão concomitantemente, como a solubilização do sal em água com sua dissociação em íons, bem como a hidratação destes íons - sendo estes processos físicos.

A literatura aponta que o conhecimento das transformações químicas passa pela necessidade da compreensão dos fenômenos e de sua multiplicidade de eventos, por sua adequada descrição, análise e explicação, com a utilização dos modelos existentes, tanto em nível macroscópico (fenomenológico), quanto em nível atômico-molecular (microscópico ou teórico), bem como a nível representacional (da linguagem química apropriada para essa compreensão) (LOPES, 1995; MORTIMER; MIRANDA, 1995; MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000). Entretanto, um obstáculo comum para o conhecimento mais aprofundado, e cientificamente elaborado, sobre transformações químicas se dá pela exacerbação que geralmente ocorre no ensino da forma representacional dessas transformações por meio das equações químicas (MORTIMER; MIRANDA, 1995; MINAS GERAIS, 2007). A atuação dos professores, muitas vezes centrada na utilização reprodutora dos livros didáticos, é carregada da utilização da forma representacional no ensino de reações químicas. Neste caso, os estudantes acabam por não conseguir relacionar aquilo que leem por meio de símbolos, fórmulas e equações (ou mesmo de forma discursiva), com as transformações em si, tomando estas representações às vezes como o real (MACHADO; MOURA, 1995). Os estudantes acabam por conseguir entender apenas como, mecanicamente, os símbolos e as fórmulas se modificam de um lado para o outro de uma equação, sem, de fato, serem capazes de conseguir compreender a forma como as substâncias interagem para as transformações. Ou seja, eles não associam como ocorre a conversão das espécies reagentes em seus produtos (rearranjo atômico), e nem como as mudanças nas propriedades do sistema estudado se refletem por meio da presença de novas substâncias no sistema (FINZI; PAIVA; FAJONE-ALARIO, 2005).

É clara a importância do conceito de transformações químicas e de seus estudos para a Química, de modo a auxiliar a compreensão, análise e explicação dos fenômenos que ocorrem na vida e no cotidiano dos estudantes - apesar da existência de dificuldades e obstáculos apontados para uma adequada construção na escolarização dos mesmos. De forma similar, nos é claro que este conceito é um saber sistematizado produzido pela sociedade, sendo de especificidade da escola e da educação sua transmissão para as próximas gerações, sendo necessária tal transmissão de forma a garantir a reprodução e avanço da sociedade (SAVIANI, 2013). Assim, este texto pretende uma análise mais profunda da construção do conceito de transformações químicas sob diferentes óticas filosóficas e psicológicas, incluindo a análise de como este conceito é construído durante a escolarização no ensino básico - partindo de seus anos iniciais até o ensino médio - por meio da análise da literatura.

ANÁLISE DO CONCEITO DE TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA PELA ÓTICA DE HARDY-VALLÉE

Iniciamos nosso estudo sobre o conceito de transformação química, sob a ótica de Hardy-Vallée, com uma importante consideração sobre a teoria de conceito, de acordo com o autor: a diferenciação do que seria *conceito* para aquilo que ele indica como *noção*. A noção se trataria do conceito estabelecido cientificamente, ou seja, o conceito presente nas teorias, algo enciclopedicamente posto e que não está, portanto, na mente deste ou daquele indivíduo. Por outro lado, o conceito seria aquele individualmente construído, tratando-se da forma como o sujeito mentalmente o utiliza, podendo estar cientificamente correto (como é a noção) ou não (como é um conceito espontâneo) (HARDY-VALLÉE, 2013). O autor afirma que algumas dimensões categóricas estão sempre presentes nas teorias sobre conceitos: o invariante, o critério, a aquisição e o formato, a organização e a função. Resumindo, assim, que:

(...) os conceitos são universais abstratos, organizados sistematicamente, que aplicam a representação de propriedades invariantes de uma categoria a objetos particulares em função de um critério. O conceito serve diferentes funções epistemológicas (inferência, categorização, gnosiologia, linguagem) e metafísicas (taxonomia normativa e modalidade). (HARDY-VALLÉE, 2013, p. 20).

Inicialmente, analisemos o conceito de transformações químicas caracterizado por sua noção, ou seja, o conceito estabelecido que nos fora apresentado na seção anterior como “um processo que resulta na interconversão de espécies químicas” (IUPAC, 2014, p.1, tradução nossa). Isto para que, de fato, seja verificado se o mesmo atende aos aspectos apresentados por Hardy-Vallée. Consideraremos para análise a primeira categoria, *o invariante*, que, conforme o autor indica, trata-se da presença de características encontradas nos individuais (objetos ou situações) que pertencem ao conceito de forma invariante, ou seja, que estão presentes em qualquer singularidade que pertença a esse conceito (HARDY-VALLÉE, 2013). De fato, podemos afirmar que, sim, existem invariâncias nas transformações químicas. A própria definição, quando afirma que nas transformações químicas ocorre uma interconversão de espécies químicas, nos caracteriza que, em qualquer unidade singular que pudermos pensar de reações químicas, sempre ocorre mudança da natureza química das substâncias participantes. Em outras palavras, o que ocorre é um rearranjo atômico-molecular das substâncias presentes nas reações, ou mudanças em suas composições químicas, com a conversão de reagentes em produtos, sendo esta característica, portanto, um invariante do conceito de transformação química. Poderíamos ainda encontrar outros invariantes, não tão óbvios, para o conceito de transformação química, como a ocorrência de mudanças nas propriedades do sistema. Em qualquer transformação química, com a ocorrência de interconversão das espécies, as novas espécies irão garantir propriedades diferentes ao sistema, como densidade, índice de refração, cor, etc., mesmo que estas não sejam facilmente identificáveis.

Em relação à segunda dimensão de análise, *o critério*, é possível que haja o estabelecimento de regras para a inclusão de uma situação ou um fenômeno, como sendo pertencente ao conceito estudado, ou seja, das transformações químicas. Um dos critérios seria a própria mudança da natureza química das substâncias. Conforme já discutido, essa análise não é possível macroscopicamente, contudo, outros critérios poderiam ser estabelecidos, como é o caso dos indícios da ocorrência de reações: mudança de estado físico, desprendimento de gases ou precipitação de sólidos, mudança de cor ou temperatura, etc. A mudança da natureza química (a interconversão de espécies) seria um critério que o autor indica como do tipo *condição necessária e suficiente* (CNS). Ou seja, seria uma das CNS, um critério que sempre estará presente e, caso presente, será suficiente para que o fenômeno seja caracterizado como reação

química (HARDY-VALLEE, 2013). Contudo, não podemos dizer o mesmo sobre os indícios de reação, pois nem sempre quando ocorre mudança de estado físico em um sistema é garantida a ocorrência de uma transformação química. Para a última, de fato, são necessárias separações e caracterizações, de forma a verificar se, antes do fenômeno e após, ocorrem diferenças nas substâncias presentes, afinal, pode ter ocorrido simplesmente um fenômeno físico.

Para o terceiro aspecto estudado, *a aquisição e o formato*, Hardy-Vallée indica várias concepções sobre como o conceito é adquirido e como se forma ou se molda na mente do indivíduo, as quais ele divide em mentalista e não-mentalista (HARDY-VALLEE, 2013). As concepções sobre a aquisição do conceito se unificam na questão da abstração: os conceitos são abstratos. Não se pode prever nada menos que isto, visto que consideramos o conceito como uma generalização mental. As transformações químicas se comportam similarmente enquanto conceito: elas são, em si, todas distintas, apresentando-se de forma diferenciada para nós, nenhuma é igual à outra. Contudo, apesar de todas as diferenças, conseguimos generalizá-las mentalmente e chamá-las todas de transformações químicas. O processo contrário também é válido nesse movimento de abstração, afinal, mentalmente, conseguimos formar uma imagem ou representação a partir dos invariantes e de critérios conhecidos para o conceito de transformações químicas (já tendo tido contato direto com estas ou não).

A abstração, ou generalidade, que damos ao conceito de reação química, ou a qualquer outro conceito, faz com que possamos também ter uma ideia sobre o conceito enquanto esse universal abstrato: a de que não existe, na verdade, uma representação concreta do conceito. Há concretude apenas nos indivíduos singulares que, coletivamente, são todos pertencentes a esse conceito, mas nenhum deles representa em si o conceito abstrato. Desta forma, os conceitos, abstratos em sua essência, acabam por serem permitidos apenas na faculdade intelectual, impossíveis de serem percebidos por meio dos sentidos. Por consequência, podemos identificar como isso corrobora com o que discutimos previamente acerca do conceito de transformações químicas: não podemos, na faculdade perceptiva, eleger algo concreto como o conceito de transformações químicas. A interconversão de espécies químicas, como pensamos, é algo não perceptível, exceto por meio de modelos e/ou teorias, ou por meio de observações que se dão, suportadas, por esses modelos e/ou teorias, como nas medições instrumentais já citadas. Qualquer fenômeno, portanto, observado como transformação química, terá sido, em sua natureza mais intrínseca, apenas um particular pertencente a essa abstração.

O quarto aspecto, *a organização*, indica que todas as coisas, e, assim, também os conceitos, têm modos de se organizarem em categorias, relacionando-se de alguma forma com outras coisas e/ou conceitos. Hardy-Valée (2013) indica que esta organização, para muitos filósofos, geralmente se dá por meio de dois eixos: um eixo horizontal e um eixo vertical. No eixo horizontal, organizam-se os conceitos com o mesmo grau de generalidade, enquanto, no eixo vertical, os conceitos que se encontram em níveis de generalização diferentes. Poderíamos exemplificar uma organização dessa forma por meio de um exemplo simples: pera, uva e maçã são frutas, não sendo, portanto, verduras. Em um nível horizontal, de mesmo grau de generalidade, encontrar-se-iam pera, uva e maçã, que são diferentes entre si, mas pertencem à mesma categoria de frutas, que, por sua maior generalização, estariam em um nível acima, verticalmente. Neste nível das frutas, poderíamos organizar horizontalmente as verduras, pois são diferentes das frutas, mas têm o mesmo grau de generalização. Ainda, poderíamos tomar diferentes tipos de uva, como uvas Merlot, Malbec, Cabernet, etc., e colocá-las em um nível inferior – verticalmente falando – que o das uvas, organizados entre si em um mesmo nível horizontal, tratando-se, portanto, de elementos de um mesmo grau de generalização, com características comuns entre si (são todas uvas), mas com suas respectivas diferenças.

Considerando as transformações químicas, parece adequado afirmar que este conceito realmente relaciona-se com outros, de diversas formas, tais como as transformações ou fenômenos (de forma vertical, superiores às transformações químicas), as transformações físicas (de forma horizontal) e as reações endotérmicas, exotérmicas, de oxidação e de combustão (também de forma vertical, abaixo às transformações químicas). Poderíamos, também, tentar relacionar e organizar outros conceitos, juntamente ao conceito de transformação química, os quais, por outro lado, nos parecem um pouco mais complexos de organizar de forma vertical ou horizontal, tais como os conceitos de substâncias, propriedades, etc.

A análise aqui realizada deu-se, como apontado, através do conceito cientificamente aceito de transformações químicas – previamente estabelecida. Todavia, como estas análises se relacionam com os pensamentos de Vigotski na teoria histórico-cultural para a construção de conceitos? De que forma essas análises poderiam auxiliar a compreensão da construção do conceito de transformações químicas durante a escolarização básica?

ANÁLISE DO CONCEITO DE TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA PELA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL

Nesta seção descreveremos, na forma de um breve recorte, como pensamos a construção de conceitos a partir da teoria histórico-cultural por Vigotski³. Esta construção se dá a partir do símbolo (da forma de linguagem que expressa, nem sempre verbal) e da sua relação com este conceito (OLIVEIRA, 1993). Sem o desenvolvimento da linguagem, apenas com um sistema de comunicação primitiva, somente operações inferiores do pensamento são possíveis. Isto é, não há formação de conceitos científicos complexos operando apenas com o que o autor caracteriza como uma “inteligência prática”, ao exemplo da utilização de instrumentos e do que encontra ao seu redor para a solução de seus problemas (VIGOTSKI, 2008). O desenvolvimento dos conceitos realiza-se pelo movimento que o pensamento faz entre a linguagem (os símbolos), a mente e a natureza. No caso, tratando-se de natureza, não consideramos apenas as coisas naturais: consideramos todo o mundo externo, incluindo o ambiente, a sociedade e as coisas, ou seja, a interação social, em uma dinâmica constante de vai e vem entre eles, que nunca acaba e sempre se modifica.

O desenvolvimento da mente e dos conceitos nos indivíduos é, portanto, realizado dialeticamente, nesta relação entre o sujeito, seu psiquismo, e o meio em que vive, isto é, a sociedade mediada pela linguagem e pelos símbolos (SCHROEDER, 2007). É importante estabelecer que, conforme a teoria vigotskiana, este desenvolvimento ocorre de fora para dentro, ou seja, parte do movimento das estruturas socialmente construídas para as estruturas intrapsíquicas (em constante interação). Assim, parece claro concluir que, tratando-se do desenvolvimento de conceitos científicos durante o período de escolarização (aqui falando de ciências, especialmente as naturais), os estudantes não chegam nesta etapa estando vazios de conceitos sobre a forma como a natureza se comporta. Durante toda sua vida, o sujeito foi influenciado pela sociedade em que vive, apreendendo para si concepções sobre as transformações (e para diversos outros conceitos), formando, inclusive, conceitos espontâneos

³A grafia do nome de Lev S. Vigotski foi considerada, em todo o texto, com duas letras *i* em seu sobrenome (uma no início, outra ao final), apesar de diversas grafias serem encontradas em seus trabalhos publicados no Brasil (com duas letras *y*, com uma letra *y* e uma letra *í*, entre outras). Entretanto, nas referências e citações, mantivemos a grafia original da publicação citada.

sobre as coisas do mundo, de forma a possibilitar seu pensamento para a explicação e transformação da sociedade ao seu redor.

Portanto, um ensino de ciências voltado simplesmente para a transmissão de informações, memorização de definições, classificações, etc. – algo bastante comum entre os professores –, pouco consegue desenvolver cognitivamente os alunos acerca da formação de conceitos científicos. Como resultado, os estudantes acabam por manter seus conceitos espontâneos, as representações que construíram naturalmente (com ou sem o auxílio da escola) através de sua interação com a natureza, família, amigos, religião e as demais esferas da sociedade, assim como as reflexões sobre suas experiências (MORTIMER; MIRANDA, 1995; SCHROEDER, 2007). Do ponto de vista da teoria histórico-cultural, proposta por Vigotski (2007, 2008, 2009), a construção de um conceito científico não pode ser analisada de forma isolada, pois a formação de conceitos científicos e espontâneos ocorre de forma relacionada, porém apresenta origens diferentes. No que se refere ao conceito de reação química, observa-se que tal conceito científico é intimamente relacionado com o dia a dia do estudante. Apesar da definição de transformação/reação/fenômeno químico ser apresentada somente no ambiente escolar, os estudantes há muito já tiveram contato com fenômenos químicos, visto que eles ocorrem a todo instante, de forma explícita ou implícita no ambiente, fazendo com que os estudantes tenham conceitos espontâneos.

Vigotski (2008) aponta algumas diferenças entre os conceitos científicos e espontâneos, no entanto, é válido afirmar que esses conceitos se relacionam e se influenciam constantemente (VIGOTSKI, 2009). A aprendizagem de conceitos consiste num dos principais fatores que contribuem para o desenvolvimento mental do indivíduo; a teoria vigotskiana aponta o desenvolvimento cognitivo como um desenvolvimento prospectivo, sempre olhando à frente, para o que o sujeito aprenderá e o que ainda ocorrerá em sua jornada – isto é, a aprendizagem antecipa-se ao desenvolvimento (OLIVEIRA, 1993).

De acordo com Vigotskii (2014), o único bom ensino é o que se adianta ao desenvolvimento, ou seja, aquele que, ao se possibilitar a aprendizagem de conceitos, possibilita, posteriormente, o desenvolvimento mental do indivíduo. Essa afirmação aponta para a valorização do processo de aprendizagem de conceitos espontâneos e científicos, tendo em vista que a internalização desses conceitos constitui uma significativa contribuição para o desenvolvimento geral dos estudantes, não apenas para a aprendizagem dos conceitos em si, mas para o desenvolvimento de funções cognitivas como memória, atenção, abstração, entre outras (MARTINS; LAVOURA, 2017).

Na teoria Histórico-Cultural, a formação de conceitos ocorre em diversas fases e estágios, os quais vão do aglomerado sincrético ao pensamento conceitual (VIGOTSKI, 2009). Os conceitos científicos são formados, geralmente, no ambiente escolar, pois é nesse cenário que os estudantes têm contato com conhecimentos sistematizados sobre o mundo. Por outro lado, os conceitos espontâneos são formados a partir das experiências concretas vivenciadas pelos indivíduos. Ambos os tipos de conceitos se desenvolvem de forma diferente, porém sofrem influência mútua. Os conceitos espontâneos são formados de forma inconsciente, enquanto os científicos ocorrem de forma consciente. A consequência disso pode ser observada na maneira a qual esses conceitos são utilizados e evoluem.

A formação de conceitos científicos provoca no indivíduo a consciência reflexiva por meio do sistema de relações hierárquicas que o conceito científico apresenta com outros conceitos. O status dos conceitos científicos, em detrimento dos espontâneos, é concebido devido ao nível de abstração que provoca. Ao entrar em contato com um conceito científico, é possível empregá-lo para explicar situações de todos os tipos; contudo, o contrário não é possível.

As implicações dessas noções de conceitos espontâneos e científicos são importantes para o ambiente escolar, visto que é nesse ambiente que os conceitos científicos são apresentados aos estudantes. Vigotski (2009, 2014) afirma que o processo de ensino deve estar voltado para a aprendizagem de conhecimentos que ainda não são dominados completamente. As ações do professor, visando à aprendizagem, devem se localizar na zona de desenvolvimento iminente (ou, como alguns textos apontam, zona de desenvolvimento proximal). Essa zona consiste no espaço entre o nível de desenvolvimento real (conhecimentos e habilidades que o indivíduo já domina completamente) e o nível de desenvolvimento potencial (conhecimentos e habilidades que o indivíduo só consegue expressar adequadamente quando é auxiliado por alguém mais experiente).

É na zona de desenvolvimento iminente que o professor deve interagir com os estudantes, no sentido de consolidar as ações que eles não conseguem realizar sem auxílio. É importante afirmar que indivíduos diferentes possuem diferentes zonas de desenvolvimento proximal, mesmo que, por determinado motivo, apresentem níveis de desenvolvimento real semelhantes. Isto se deve, na verdade, aos fatores internos dos indivíduos, os quais interagem com os conhecimentos de forma diferente por conta das diferenças nas redes conceituais que estes já formaram (PRESTES, 2012). Além disso, o professor não pode considerar apenas a realização de operações que o aluno já desempenha sozinho (o atual desenvolvimento deste), pois daí não haveria desenvolvimento. Tampouco, pode o educador solicitar a resolução de problemas difíceis demais para aquele estágio de desenvolvimento, uma vez que não seria possível concluí-los, fator que acabaria por frustrar o estudante.

Sobre o conceito de transformações químicas, conforme apontamos anteriormente, esse conceito é definido apenas no ambiente escolar, afinal, o saber sistematizado da escola dá um caráter científico ao conceito de transformação química. Deste modo, o conceito tem sua definição, bem como classifica os tipos de reações químicas (síntese, análise, simples troca, dupla troca, redox, complexação, ácido-base, reações orgânicas, entre outras), além de transmitir outros conceitos relacionados, como os da termodinâmica, cinética, equilíbrio etc., todos no ambiente escolar. No entanto, os estudantes têm contato com transformações químicas a todo instante, mesmo que não as reconheçam como tal.

A literatura aponta diversas concepções alternativas acerca das reações químicas, as quais são muito comuns por parte dos estudantes (MORTIMER; MIRANDA, 1995). Contudo, esse conceito espontâneo deve ser suplantado na escola, devido a sua importância para a Química, à medida que as transformações químicas correspondem a um dos principais focos de interesse desta ciência. Enquanto o aluno entra em contato com esse conceito científico e o apreende como tal, ele, também, poderá aplicá-lo para explicar as reações químicas que ocorrem no dia a dia, dentro dos contextos em que vive, assim como poder problematizá-los através de práticas pedagógicas apropriadas (VASCONCELOS et al., 2012). Desta forma, contribui-se para a formação do conceito científico, tendo em vista que é a partir desses fenômenos do dia a dia que os alunos podem relacionar os conceitos científicos e os espontâneos, a ponto de superá-los (VIGOTSKI, 2008).

A FORMAÇÃO DO CONCEITO DE TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA DURANTE A ESCOLARIZAÇÃO

Para tentar realizar a análise de como se dá a construção/formação do conceito de transformações químicas durante a escolarização, à luz das teorias já discutidas, inicialmente verificaremos como o conceito aparece e é abordado no ensino fundamental. Apesar de a

Química ser inserida na forma de disciplina curricular apenas a partir do nível médio no Brasil, referências a essa ciência aparecem desde os anos iniciais do nível fundamental, através da disciplina de Ciências (ou Ciências Naturais). Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Fundamental, diretrizes lançadas ao fim da década de 1990 para esta etapa de ensino, e a Base Nacional Comum Curricular, atual documento curricular norteador da produção de currículos para a educação básica, apontam diversos conteúdos que contemplam conhecimentos químicos, tanto nos primeiros anos deste nível (do 1º ao 5º ano), como nos anos finais (6º ao 9º ano) (BRASIL, 1997, 1998, 2018).

As atuais normas para o currículo da área de Ciências da Natureza para o ensino fundamental, apresentadas pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), atuam de forma similar aos PCN, ou seja, apresentando a necessidade do estudo dos conhecimentos científicos específicos da Química, por meio das propriedades e usos dos materiais, misturas, transformações reversíveis e irreversíveis (1º ao 5º ano); misturas homogêneas e heterogêneas, separação de materiais, materiais sintéticos, transformações químicas, aspectos quantitativos das transformações, estrutura da matéria e radiações (6º ao 9º ano). Outros conhecimentos, de áreas transversais à Química, também podem compreender conhecimentos correlatos com essa ciência, em especial conhecimentos da área da saúde e ambiente, bem como sobre a Terra (atmosfera, solo, etc.). Percebe-se, portanto, que o conceito de transformações químicas, entre outros conceitos químicos, se encontra intrinsecamente posicionado em vários dos conteúdos a serem estudados ainda no ensino fundamental. Mesmo na educação infantil, prévia ao ensino fundamental, alguns aspectos da ciência, relacionados às transformações químicas, também já são apontados como necessários para a compreensão do mundo e da natureza, apesar de não haver a divisão disciplinar (com a disciplina de Ciências); contudo, para este trabalho, esta etapa foi deixada de fora do estudo (BRASIL, 2018).

Theodoro et al. (2014) analisaram uma série de coleções de livros didáticos de Ciências no ensino fundamental, em busca do modo como os conceitos de transformações (conceito geral e, também, o de transformações químicas) são abordados nesses materiais. No estudo, verificou-se que o conceito de transformação parece fundamental para o estudo da Química, como já se ratificou na primeira seção, desde esse nível de ensino – tal verificação deu-se por meio da análise das obras e confecção de um mapa conceitual a partir delas. Os autores apontaram o conceito de transformações como central para o estudo de Química no ensino fundamental, podendo ser utilizado em diversas intervenções pedagógicas para o ensino de uma gama de conceitos químicos a partir do conceito de transformações, desde os estados físicos até a matéria e os materiais (THEODORO; KASSEBOHEMER; FERREIRA, 2014).

Mesmo assim, apesar de fundamental, os conceitos de “transformações” e de “transformações químicas” não estão presentes em todas as obras estudadas pelos autores, somente em pouco mais da metade. Além disso, o tratamento é, em especial, para as “transformações físicas”, relacionando esses conceitos com os de “matéria” e “substância”, e, em todos os casos, nenhuma menção se faz com os conceitos de transformações junto à energia, como se não houvesse uma relação entre estes (THEODORO; KASSEBOHEMER; FERREIRA, 2014). Apesar disso, os autores informam que o tratamento que as coleções dão aos conceitos é em nível macroscópico, com referências ao cotidiano dos estudantes, caracterizando-o como adequado ao nível de ensino.

De fato, considerando que o conceito de transformações químicas dos livros, nesta etapa de escolarização, é no nível macroscópico, prioritariamente fenomenológico, e que referencia o que está presente no dia a dia do estudante, ele deve possibilitar uma visualização de forma mais concreta das transformações. Analisando esta construção de acordo com a teoria histórico-

cultural, a abordagem é adequada, pois deve possibilitar ao aluno desta faixa etária estruturar o pensamento por meio dos complexos, afinal, o estudante ainda necessita da relação com o plano real (das coisas) para sua operação, percebendo os atributos recorrentes nas transformações (VIGOTSKI, 2009).

De acordo com Vigotski (2008), as funções responsáveis pela aprendizagem de conceitos científicos, em sua forma abstrata mais elaborada, só estão plenamente desenvolvidas a partir da adolescência. De modo que, o conceito de transformação química, ensinado no ensino fundamental, deve ser capaz de se relacionar de forma mais intrínseca com aqueles exemplares de transformações que os estudantes conseguem perceber em seu dia a dia, pois inicia-se nesta etapa a percepção de fenômenos que têm características em comum, sem entrar, entretanto, em um nível muito abstrato de compreensão. Assim, nos parece que somente no ensino médio e no ensino superior seria quando teríamos o período necessário para que os alunos possam internalizar esse conceito científico de forma realmente profunda, completamente abstrata, operando-o, então, verdadeiramente como um conceito científico.

Isso se compara, de certa forma, também às categorias de invariante, ou ao estabelecimento de critérios necessários para a formação de conceitos na teoria de Hardy-Vallée – discutida na seção anterior. Claro que, em Hardy-Vallée, esses “atributos” podem e devem ser abstratos para a adequada operacionalização do conceito, e essa abstração total ainda não nos parece adequada nesta faixa etária. Um exemplo dessa abordagem, partindo da concretude, para a construção do conhecimento de transformações química, é apresentada a seguir:

Muitos materiais sofrem transformações naturalmente. Com o passar do tempo, os objetos de ferro, por exemplo, podem enferrujar. A ferrugem é uma transformação provocada pelo vapor de água e pelo gás oxigênio do ar [...]. Nós também podemos provocar transformações [...]. Farinha, leite ou água, manteiga, ovos, etc. são misturados, aquecidos e, depois de um certo tempo, temos um delicioso bolo (COSTA, 2006 apud THEODORO; KASSEBOHEMER; FERREIRA, 2014, p. 402).

Mesmo assim, Theodoro et al. (2014) apontam diversos outros obstáculos para uma adequada compreensão dos conceitos de transformações químicas. Um destes é a falta de apresentação de noções, que, conforme a rede conceitual proposta pelos autores, podem ser necessárias para um entendimento mais profundo, e em sua totalidade, dos conceitos de transformações físicas e químicas, como os conceitos de substâncias, misturas, etc. Podemos relacionar esse fato com a organização de conceitos, proposta por Hardy-Vallée (2013), que os aponta como necessitando de outros para serem aprendidos e estabelecerem uma relação vertical entre si, enquanto outros a estabeleceriam horizontalmente.

Mais um obstáculo é a apresentação de concepção equivocada, a qual indica que transformações físicas seriam transformações leves nos materiais (sutis e reversíveis), enquanto transformações químicas seriam violentas e irreversíveis. Esse mesmo problema já havia sido descrito por Mortimer e Miranda (1995), ao tratar das principais concepções alternativas que estudantes de ensino médio e fundamental têm sobre transformações químicas, evidenciando que os alunos, ao fim da escolarização, não conseguem deixar seus conceitos espontâneos, ou suas concepções alternativas sobre as transformações, para a construção de um conceito cientificamente elaborado em seus intelectos.

De acordo com a perspectiva Histórico-Cultural, os conceitos espontâneos são importantes para a formação de conceitos científicos, tendo em vista que a formulação de um

conceito espontâneo implica em um possível confronto com o conceito científico correlato. Devido ao seu movimento descendente, o conceito científico tende a influenciar no conceito espontâneo, visto que ele fornece melhores explicações acerca dos fenômenos do que as sensoriais/cotidianas (VIGOTSKI, 2009). No entanto, o que o aluno já sabe influencia sobremaneira no que ainda será aprendido, e, por esse motivo, alguns conceitos cotidianos podem se constituir em um obstáculo para a aprendizagem.

No trabalho de Papageorgiou et al. (2010) encontram-se também alguns resultados sobre a construção do conceito de transformações químicas com crianças em faixa etária equivalente ao ensino fundamental em seus anos finais, tendo sido realizado com crianças entre 11 e 12 anos, na Grécia. Similarmente ao apresentado anteriormente, neste nível os estudantes ainda não conseguem se apropriar adequadamente das alterações submicroscópicas ocorridas nas transformações químicas (os rearranjos de átomos e partículas), apesar dos autores já acreditarem ser adequado que estes aspectos sejam paulatinamente acrescentados. Vigotski (2009) ainda não crê que, neste estágio, seja possível um pensamento completamente abstrato. É na adolescência que o pensamento consegue se amadurecer para que possibilite a construção de conceitos verdadeiros, sempre em relação com as estruturas já existentes no intelecto do estudante, como os do pensamento sincrético, complexos, ou mesmo por pseudoconceitos, e o ambiente ao seu redor.

No ensino médio, em termos de documentos curriculares, os PCN indicam que, além do conceito científico de transformações químicas em termos de sua noção, repetição mnemônica de definição e conjunto de palavras, o estudo dessas transformações deve ser capaz de obter compreensão integrada a outros conhecimentos (BRASIL, 1999). Isto, a fim de uma compreensão dos processos químicos da natureza e da sociedade de forma integral, para uma atuação frente às questões de tecnologia, ambiente, economia, entre outras áreas (BRASIL, 1999). Os PCN seguem o entendimento do conceito de reação química como estruturador do pensamento química, apresentando grande ênfase na construção do conhecimento de transformações químicas como fator central para a compreensão da Química, colocando-o como capaz de compreender e atuar, de forma estruturante, frente ao mundo à volta do estudante. As Orientações Educacionais Complementares aos PCN, conhecidos como PCN+ (BRASIL, 2002), são ainda mais incisivos nesta centralidade do conceito de transformações químicas na Química, quando sintetiza o conteúdo nos temas propostos⁴.

Cinco desses temas abordam a transformação química em diferentes níveis de complexidade: o reconhecimento de transformações químicas por meio de fatos ou fenômenos (1); os diferentes modelos de constituição da matéria criados para explicá-la (2 e 9); as trocas de energia envolvidas nas transformações (3); e a dinâmica dos processos químicos (4). Para uma compreensão ampla das transformações químicas em diferentes níveis, é necessário que se saiba estabelecer relações entre as grandezas envolvidas, que se reconheça em que extensão a transformação ocorre, que se identifiquem, caracterizem e quantifiquem os seus reagentes e produtos, as formas de energia nela presentes e a rapidez do processo. Esse conhecimento ganha um novo

⁴ Deixamos de lado, para o nível do ensino médio, menções da forma como a BNCC traz o conceito de transformação química para a disciplina de Química. Este documento curricular não divide, como os anteriores, as disciplinas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias nesse nível e, com sua alta flexibilidade e pouco detalhamento da proposta curricular, meramente menciona as transformações químicas uma única vez em uma de suas três competências.

significado ao se interpretar os fenômenos tratados por meio de modelos explicativos. (BRASIL, 2002, p. 94-95).

Apesar dessa compreensão de que o conceito de transformações químicas e seus conhecimentos correlatos (os modelos relacionados a estas; as questões energéticas, de equilíbrio e de cinética envolvidas) sejam estruturantes do conhecimento químico para o ensino médio, a literatura apresenta que a formação desse conceito não tem sido adequada para este nível de ensino – apontando grandes dificuldades em seu aprendizado. Para Mortimer e Miranda (1995, p. 23), o conceito trata-se de um universo particular muito extenso, cuja generalização pode ser muito complexa, pois os “estudantes dificilmente reconhecem similaridades entre fenômenos que têm aspectos perceptivos bem diferenciados”, como quais seriam os existentes entre a combustão de um fósforo, a oxidação de um tubo de aço e o consumo de um comprimido de antiácido em um copo de água. Enquanto o primeiro fenômeno se apresenta com a liberação de fumaça e luz (fogo), juntamente com um rápido consumo da madeira, o segundo é lento e se mostra apenas pela mudança visual do aço (enferrujamento), já o terceiro, o rápido consumo com liberação de gás (bolhas) é a característica visual. As similaridades concretas são praticamente inexistentes, dificultando a percepção geral de que todos os fenômenos se tratam de transformações químicas.

Aliada à dificuldade na generalização e percepção das transformações químicas em seu extenso universo, as explicações desses fenômenos também não se dão de forma generalizada, ao nível de abstração para o caráter geral e unificador do conceito. Na maior parte das vezes, as explicações que os estudantes apresentam para as transformações químicas envolvem cinco ideias: a de desaparecimento e aparecimento de substâncias, a de deslocamento da substância de um local (ou fase) para outro, a de modificação de estado ou outra propriedade, a de transmutação de espécies e entes como matéria em energia, e vice-versa, ou, por fim, a ideia de interação química entre as espécies sem a ocorrência de reação (ROSA; SCHNETZLER, 1998). Macedo e Penha (2014) têm resultados condizentes com estes, devido às pesquisas realizadas com estudantes de ensino técnico integrado ao nível médio; os estudantes não conseguiram, em sua totalidade, descrever transformações químicas de forma correta, e, em geral, houve confusão entre processos físicos e químicos, indicando ideias de transmutação, concepções de transformações majoritariamente a nível macroscópico (por meio das modificações de propriedades sensoriais/organolépticas), etc.

Essas dificuldades na aprendizagem do conceito de transformações químicas, com a apresentação de concepções bastante equivocadas pelos estudantes, têm sido responsabilizadas, por alguns autores, por conta de falhas no ensino e na transposição de conceitos para os alunos desse nível. No geral, a culpa recai nos problemas conceituais apresentados por livros didáticos de Química para o ensino médio (LOPES, 1993; JUSTI, 1998). Lopes (1993), por exemplo, destaca diversos obstáculos epistemológicos em livros didáticos, classificando-os em obstáculos verbais, estruturais, de animismo, substancialistas, entre outros. Silva, Mota e Wartha (2011) corroboram as questões dos problemas de livros didáticos em pesquisa sobre a linguagem por meio de imagens nesses livros, concluindo a necessidade de maior reflexão sobre o seu uso e sua leitura por parte de professores e alunos. Macedo e Penha (2014) apresentam em sua pesquisa erros conceituais, referentes ao conceito de transformação presentes em livros consagrados no mercado editorial de livros didáticos no país, os quais apresentam a noção de reações químicas apenas como processos irreversíveis (SANTOS; MOL, 2010 apud MACEDO; PENHA, 2014).

Para conseguir compreender o conceito de transformações químicas em sua forma mais abstrata, na forma de um conceito científico verdadeiro, aparenta ser necessário que o estudante

consiga compreender a natureza submicroscópica das transformações, ou seja, o rearranjo atômico-molecular, por meio dos modelos cientificamente aceitos, característicos da ciência Química. Além disso, considerando a ciência Química e sua linguagem única, a compreensão da linguagem e símbolos como uma dimensão explicativa do fenômeno em sua forma abstrata também deve ser compreendida.

Apesar de estudantes de nível médio poderem, intelectualmente, operar nesse nível abstrato, eles não abandonam completamente as suas operações sincréticas. O aluno, portanto, pode continuar a pensar nas transformações químicas apenas em suas formas mais fenomenológicas, macroscópicas, de maior concretude, ou ainda apenas a operá-las de forma representacional, caso estas sejam exacerbadas na escolarização. A abstração só é possível por meio das interações adequadas dos conhecimentos que o aluno já possui. Ou seja, os conceitos espontâneos, as situações que a escola e o educador proporcionam ao estudante no ambiente em que ele se encontra etc., colocando, assim, seus conhecimentos atuais em situações que não conseguem resolver, de forma a desenvolver seu pensamento nesse nível.

A construção de modelos mentais complexos que possam fundamentar a explicação de fenômenos como o da dissolução do açúcar em água ou o da constituição da matéria exige um considerável esforço por parte do aluno para construir 'entidades abstratas' e usar certos parâmetros, descrevendo as suas inter-relações através de ideias. O foco do aluno nas percepções sensoriais concorre para criar uma barreira ao pensamento abstrato generalizado. (ROMANELLI, 1992, p. 35).

Neste ponto, retomamos nossa defesa frente à psicologia histórico-cultural, como uma teoria do desenvolvimento humano capaz de nos auxiliar à compreensão da formação durante a escolarização e dos conceitos científicos, como o de transformações químicas. Obviamente, enquanto teoria do desenvolvimento psíquico, ela nos dá direções em relação à compreensão sobre como ocorre essa aprendizagem e desenvolvimento. Entretanto, ela não é capaz, por si só, de nos dar uma visão geral sobre como os processos de ensino (enquanto atividade do professor) e de aprendizagem (enquanto atividade do aluno) devem ocorrer na escola (LAVOURA; MARTINS, 2017). Assim, como Duarte (2016, p. 44) aponta:

[...] a psicologia histórico-cultural é, antes de tudo, uma teoria sobre o movimento dialético entre a atividade humana objetivada nos conteúdos da cultura material e não material e a atividade dos sujeitos que, sendo seres sociais, só podem desenvolver-se plenamente pela incorporação, à sua vida, das objetivações historicamente construídas pelo gênero humano.

De acordo com Saviani (2013), a educação tem como sua função primordial a socialização dos conhecimentos sistematizados acumulados pela humanidade. Isto é, os elementos culturais (científicos, artísticos e filosóficos) eruditos, os quais permitem que o indivíduo incorpore a cultura popular (do senso comum, do espontâneo e da cotidianidade), e, assim, supere-a (MARSIGLIA, 2005). Para tal objetivo, somente o conhecimento das formas como o psiquismo se desenvolve, de forma dialética nas atividades dos sujeitos na sociedade, nos parece insuficiente; a psicologia histórico-cultural deve ser inserida em uma teoria pedagógica que dê conta de tal objetivo, funcionando como um dos fundamentos da prática educativa, mas não sendo uma pedagogia por si só. Como apontado pela literatura, a pedagogia histórica-crítica se demonstra como a mais compatível com a psicologia histórico-cultural, de forma a dar conta da função do

trabalho educativo, com a devida compreensão e aderência de seus pressupostos fundados no materialismo histórico-dialético e na luta pela superação da sociabilidade injusta do capitalismo (DUARTE, 2016; MALANCHEN, 2016; MARTINS; LAVOURA, 2017).

Como Lavoura e Martins (2017) indicam, parafraseando Saviani (2013), para atingir sua função específica da transmissão dos conhecimentos sistematizados para os indivíduos, a fim de garantirem sua humanidade necessária para a reprodução da sociedade, o trabalho educativo consiste tanto na identificação desses conhecimentos que precisam ser assimilados, como na forma mais adequada para a promoção da aprendizagem desses elementos. A organização desse trabalho educativo, portanto, “deve ser tal que possibilite a apreensão pelo estudante dos conhecimentos como um todo, mas não um todo caótico”, um aglomerado de todos os conhecimentos, mas uma totalidade estruturada, que permita com que o indivíduo realize o movimento de análise do todo para as partes e, então, retorne ao todo para a compreensão da totalidade, das relações constitutivas das partes nessa totalidade, como uma realidade não fragmentada (SIQUEIRA; MORADILLO, 2017, p. 5).

Com efeito, essa apreensão da realidade por meio dos conhecimentos, para ser realmente efetiva, depende de uma forma adequada para tal objetivo. Tratando do conceito de transformações químicas, estruturante no conhecimento da ciência Química, e que, conforme já discutimos, relaciona-se com outros conceitos químicos correlatos, um bom movimento de ensino e aprendizagem deve ser tal que permita a articulação dessa totalidade. O movimento de partida do abstrato desse conceito, da mera noção científica pura, que não tem sentido concreto, algo comum para muitos livros didáticos e práticas pedagógicas de professores de Química, não nos parece o mais adequado. Isto porque ele se mostra fragmentado e, muito provavelmente, não conseguirá levar o aluno ao desenvolvimento desse conceito de forma efetiva; no máximo, teremos um estudante que conseguirá repetir a definição, mas sem nenhum outro efeito prático.

A efetiva aprendizagem do conceito de transformações químicas deve se dar por meio de um movimento, sendo tal, a todo momento mediado pelo professor e pelo mundo. Essa aprendizagem se inicia nas partes presentes na natureza, como os exemplares dessas reações e as aplicações dessas reações na sociedade, isto é, da forma como tais elementos se encontram na prática social, sincrética, desarticulada com o todo. O movimento prossegue com uma análise que, conforme aponta Vigotski (2009), necessita não apenas do estudo dos exemplares em si pelo aluno, mas de uma articulação coesa. A construção abstrata – generalizada, de alta complexidade – desse conceito e da inserção do mesmo dentro de toda uma rede conceitual já existente no psiquismo do estudante. Há aqui, portanto, um movimento que é indutivo e que parte dos exemplares dessas transformações para a elaboração do abstrato (a generalização), mas que não pode parar por aí.

[...] a construção do conhecimento pressupõe três momentos intimamente articulados: o ponto de partida que se dá no âmbito do conhecimento acerca do real sensível em sua aparência e manifestação fenomênica, imediata e aparente, a ser superado pela mediação de abstrações do pensamento (ideias, teorias), tentando alçar o conhecimento do real em sua essencialidade concreta, isto é, como síntese de múltiplas relações e determinações diversas. Em um percurso que contempla o movimento indutivo (do particular para o geral) e dedutivo (do geral para o particular), o critério de validação do conhecimento assim construído ocorre no âmbito do real, apreendido agora não mais de forma sensível e aparente. (LAVOURA; MARTINS, 2017, p. 538).

O indivíduo terá se desenvolvido ao redor desse conceito quando tiver possibilidade de realizar o movimento contrário (dedutivo), assim, dando conta da explicação, compreensão e transformação de sua realidade a partir do conceito abstrato que fora formado. Nessa síntese, o indivíduo deve ser, portanto, capaz de partir da generalização construída sobre transformações químicas e atingir os exemplares da realidade, assim como os fenômenos químicos que acontecem ao seu redor, e compreendê-los, agora, de forma mais avançada e integralizada, articulada com a totalidade (MARTINS, 2013). Esse movimento de ensino e de aprendizagem, sob a perspectiva da psicologia histórico-cultural e de formação de conceitos científicos, também pode ser reconhecido como a proposta de método de ensino da pedagogia histórico-crítica distinguida em seus cinco momentos: a prática social, a problematização, a instrumentalização, a catarse e o retorno à prática social (SAVIANI, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não nos restam dúvidas de que o conceito de “transformação química”, ou reação química, é essencial para o aprendizado elaborado em Química, sendo este, na verdade, um dos principais focos de estudo desta ciência. O conceito, assim como a sua construção, puderam ser analisados sob as óticas filosóficas de Hardy-Vallée (por meio de sua estrutura de dimensões de formação do conceito) e através da teoria histórico-cultural de Vigotski (por meio da formação a partir das interações culturais e com a rede conceitual do indivíduo). Realizou-se também uma análise da formação/construção deste conceito durante a escolarização no ensino básico.

Pode-se concluir que, apesar da literatura apontar diversas dificuldades para a aquisição do conceito já citado, especialmente durante a escolarização – com abordagens que priorizam o caráter fenomenológico e/ou representacional das transformações (algo bastante comum em livros didáticos e na prática pedagógica de muitos professores) –, apesar de tudo, é possível a construção do conceito em sua forma mais elaborada, universal e abstrata. Para tanto, o tratamento dado ao conceito deve ser de inter-relação com outros conceitos, os quais já teriam sido desenvolvidos pelos estudantes com a natureza e a sociedade. Esse contato seria oriundo a partir das formas como estes eventos ocorrem no dia a dia ao redor dos estudantes, em uma dinâmica que preconize a interação e a resolução de problemas, e não as meras classificações ou memorizações.

Ao final, tecemos breves considerações sobre as possibilidades didático-pedagógicas para o ensino e a aprendizagem dos conhecimentos sistematizados escolares. Consideramos que o trabalho pedagógico, a partir da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico-crítica, pode ser de grande contribuição para a aprendizagem escolar, especialmente em nosso objeto de estudo do trabalho: o conceito de transformação química.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais – 1^a a 4^a Séries**. Brasília: MEC; SEF, 1997.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais – 5^a a 8^a Séries**. Brasília: MEC; SEF, 1998.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC; Semtec, 1999.

_____. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC; Semtec, 2002.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC; SEB, 2018.

DUARTE, N. **Os conteúdos escolares e a ressurreição dos mortos: contribuição à teoria histórico-crítica do currículo.** Campinas: Autores Associados, 2016.

FINZI, S. D.; PAIVA, A. G.; FALJONE-ALARIO, A. **Um estudo sobre as concepções de um grupo de estudantes a respeito das transformações químicas.** Atas do V ENPEC. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. São Paulo: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, n. 5. 2005.

HARDY-VALÉE, B. **Que é um conceito?.** Tradução de Marcos Bagno. São Paulo: Parábola, 2013.

IUPAC. Goldbook. **Compendium of Chemical Terminology.** Versão 2.3.3, 2014. Disponível em: <<http://goldbook.iupac.org/PDF/goldbook.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

JUSTI, R. S. A Afinidade Entre as Substâncias pode explicar as Reações Químicas?. **Química Nova na Escola**, n. 7, p. 26-29, 1998.

LAVOURA, T. N.; MARTINS, L. M. A dialética do ensino e da aprendizagem na atividade pedagógica histórico-crítica. **Interface: Comunicação Saúde Educação**, v. 21, n. 62, p. 531-541, 2017.

LIMA, M. E. C. C.; BARBOZA, L. C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. **Química Nova na Escola**, n. 21, p. 39-43, 2005.

LOPES, A. C. R. Livros didáticos: Obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 74, n. 177, p. 309-334, 1993.

_____. Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 7-9, 1995.

MACEDO, J. M.; PENHA, M. R. Desmistificando a Química: investigação das definições dos estudantes do IFRO sobre o real conceito das Reações. **Educação por escrito**, v. 5, n. 1, p. 51-67, 2014.

MACHADO, A. H.; MOURA, A. L. A. Concepções sobre o papel da linguagem no processo de elaboração conceitual em química. **Química Nova na Escola**, v. 1, n. 2, p. 27-30, 1995.

MALANCHEN, J. **Cultura, Conhecimento e Currículo: Contribuições da Pedagogia Histórico-Crítica.** Campinas: Autores Associados, 2016.

MARSIGLIA, A. C. G. O ensino de ciências na perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica: primeiras reflexões. In: **Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru: ABRAPEC, 2005.

MARTINS, L. M. **O desenvolvimento do psiquismo e a educação escolar**: contribuições à luz da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico-crítica. Campinas: Autores Associados; 2013.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Educação. **Conteúdos Básicos Comuns**: Proposta Curricular - Química - Ensino Médio. Belo Horizonte: SEE, 2007.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de Química do estado de Minas Gerais: Fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

MORTIMER, E.F.; MIRANDA, L.C. Concepções dos estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 23-26, 1995.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky**: Aprendizado e desenvolvimento - Um processo histórico. São Paulo: Scipione, 1. ed., 1993.

OLMSTED, J.; WILLIAMS, G. M. **Chemistry**: The Molecular Science. New York: WMC. 2. ed., 1996.

PRESTES, Z. **Quando não é quase a mesma coisa**: Traduções de Lev Semionotovitch Vigotski no Brasil. Campinas: Autores Associados, 2012.

PAPAGEORGIOU, G. et al. Should we Teach Primary Pupils about Chemical Change?. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 12, p. 1647-1664, 2010.

ROMANELLI, L. **Concepções do professor no papel mediador da construção do conceito de átomo**. Campinas, tese de doutorado, Faculdade de Educação da Unicamp, 1992.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, n. 5, p. 31-35, 1998.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**. 41 ed. Campinas: Autores Associados, 2009.

_____. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2013.

SCHROEDER, E. Conceitos espontâneos e conceitos científicos: o processo da construção conceitual em Vygotsky. **Atos de Pesquisa em Educação**, v. 2, n.2, p. 293-318, 2007.

SILVA, J. C.; MOTA, J. M. V.; WARTHA, E. J. Inscrições Químicas em Livros Didáticos de Química: Uma análise semiótica das representações sobre fases da matéria. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, n. 1, p. 69-80, 2011.

THEODORO, M. E. C.; KASSEBOHEMER, A. C.; FERREIRA, L. H. Análise do tratamento de conceitos químicos em coleções das séries iniciais. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 8, n. 2, p. 388-405, 2014.

VASCONCELOS, T. N. H. et al. Proposta de atividades com enfoque CTS para professores de Química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 3, n. 3, p. 377-388, 2012.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. 7 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

_____. **Pensamento e linguagem**. 4 ed. Martins Fontes: São Paulo, 2008.

_____. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2 ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

VIGOTSKII, L. S. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. *In*: VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 13 ed. São Paulo: Ícone, 2014, p. 103-118.

Submetido em: maio de 2019

Aprovado em: setembro de 2019