

Análise da construção do conceito de transformação química

Rafael M. Siqueira^{1*} (PG) (rafaelsiqueira@ufrb.edu.br), Lucas dos S. Fernandes² (PG)

¹ Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; ² Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal do Vale do São Francisco

Palavras-Chave: aprendizagem, construção de conceitos, transformação química

RESUMO: O conceito de transformação química caracteriza-se como um dos mais importantes para o estudo da Química, estando emaranhado com diversos outros conhecimentos da ciência. Por outro lado, conforme aponta a literatura, alguns obstáculos se apresentam na formação desse conceito científico. Neste trabalho, realizou-se uma análise da construção do conceito de transformação química sob óticas filosóficas e psicológicas, fundadas nas teorias de Hardy-Valée e da Psicologia Histórico-Cultural de Vigotski. Identificando o conceito de transformação química como um conceito estritamente escolar, apesar de reações químicas estarem presentes no dia a dia e os estudantes terem contato com esse tipo de transformação desde seus primeiros anos, tentou-se compreender como a construção do conceito se dá, do conceito espontâneo constituído no cotidiano para o conceito científico. Além disso, a partir da literatura, estudamos como esses conceitos são apresentados na escolarização, especialmente como aparecem em livros didáticos, encontrando erros nos conceitos e em suas abordagens.

INTRODUÇÃO

O estudo das transformações químicas ocorridas com os materiais e as substâncias são, conforme aponta a literatura, um dos principais focos para a educação em Química na educação básica (BRASIL, 2002; MINAS GERAIS, 2007). Está claro que seu estudo é amplo e interdependente de outros focos nesta ciência, como as propriedades e constituição desses materiais e substâncias, formando uma rede de conhecimentos e conceitos necessários para uma adequada compreensão da ciência como um todo durante a escolarização dos estudantes. Tal compreensão se dá, no caso das transformações, não apenas pelo seu caráter fenomenológico, visível e concreto, das mudanças das propriedades de materiais e substâncias com o tempo; as relações de massa e energia, bem como o entendimento dos rearranjos atômicos, presentes nas transformações, por vezes microscópicas e não diretamente acessíveis aos estudantes, também são essenciais para a adequada construção, mais profunda, do conceito de transformações químicas (BRASIL, 1999).

De acordo com a IUPAC (2014), uma transformação química (ou reação química) é definida como “*um processo que resulta na interconversão de espécies químicas*” (nossa tradução). Assim, uma transformação química, em sua essencial definição, seria constatada somente de forma atômico-molecular (considerando espécies químicas como entidades químicas idênticas entre si, com sua abundância isotópica natural), o que não se torna viável. Assim, a análise do fenômeno como um todo é necessária, de forma a verificar outros indícios da ocorrência da transformação, como mudanças de estados físicos, desprendimentos de materiais e/ou substâncias do meio estudado, formação de sólidos, mudanças na temperatura do sistema, entre outras. Podemos exemplificar como transformações químicas a combustão de um pedaço de madeira (como um palito de fósforo), a oxidação de uma peça metálica pela ação do ambiente ao longo do tempo, a fermentação de sucos ou extratos na produção de bebidas, etc.

É importante, portanto, se entender que nem todo fenômeno de transformação é decorrente de reação química. Conforme Olmsted e Williams (1996), transformação é todo fenômeno que altera as propriedades das substâncias presentes no sistema estudado; caso não haja mudanças na natureza química das espécies presentes, 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 apenas 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, é claro que 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 (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 quanto em nível atômico-molecular (LOPES, 1995; MORTIMER; MIRANDA, 1995). Entretanto, um obstáculo comum para um 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). Os estudantes acabam por não conseguir relacionar aquilo que leem por meio dos símbolos, fórmulas e equações, com as transformações em si, tomando esta representação às vezes como o real. Os estudantes terminam por conseguir apenas entender como, mecanicamente, os símbolos e fórmulas se modificam de um lado para o outro de uma equação, sem conseguir compreender a forma como as substâncias interagem para as transformações e mudanças nas propriedades do sistema estudado (FINZI; PAIVA; FALJONE-ALARIO, 2005).

É clara a importância do conceito de transformações químicas e seus estudos para a ciência Química, para a compreensão, análise e explicação dos fenômenos que ocorrem na vida e no cotidiano dos estudantes, apesar das dificuldades e obstáculos encontrados para sua adequada construção. Desta forma, 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 a partir dos anos iniciais ao ensino médio, por meio da análise da literatura.

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

O estudo do conceito sob a ótica de Hardy-Vallée inicia-se sob a diferenciação do que seja conceito daquilo que ele indica como noção. A noção se trataria do conceito estabelecido cientificamente, o conceito presente nas teorias, enciclopedicamente posto, 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 a noção) ou não (HARDY-VALLÉE, 2013). O autor afirma que, apesar de diversos autores se contraporem em diversos aspectos relacionados ao que seja e

como se forma um conceito, algumas dimensões são 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). (p. 20)

Inicialmente, analisemos o conceito de transformações químicas caracterizado por sua noção, o conceito estabelecido, apresentado na seção anterior, verificando se atende aos aspectos apresentados por Hardy-Vallée (2013). Considerando o primeiro aspecto, o invariante, que, conforme o autor, indica a presença de características presentes nos individuais (objetos ou situações) que pertencem ao conceito, ou seja, invariantes no conceito. Podemos considerar que há invariâncias nas transformações químicas, que está expressa em sua própria definição: a mudança da natureza química das substâncias participantes, ou seja, ocorre rearranjo atômico-molecular das substâncias presentes nas reações ou mudanças em suas composições químicas, com a conversão de reagentes em produtos. Poderíamos ainda encontrar outros invariantes, tais como algumas mudanças das propriedades do sistema.

Em relação ao segundo aspecto, o critério, parece claro que é possível o estabelecimento de critérios, ou seja, regras para a inclusão de uma situação, um fenômeno, como pertencente ao conceito estudado, transformações químicas. Um critério óbvio seria a própria mudança da natureza química das substâncias. Como macroscopicamente não é possível essa análise, outros critérios poderiam ser estabelecidos, como indícios da ocorrência de reações: mudança de estado físico, desprendimento de gases ou sólidos, mudança de cor ou temperatura, etc. A mudança da natureza química, a interconversão de espécies, seria um critério do tipo condição necessária e suficiente (CNS), ou seja, é um critério que sempre estará presente e, caso presente, é suficiente para que o fenômeno seja caracterizado como reação química (HARDY-VALLEE, 2013); não podemos dizer o mesmo sobre os indícios de reação, pois, por exemplo, nem sempre quando ocorre mudança de estado físico em um sistema é garantido que ocorreu uma transformação química, sendo necessárias separação e caracterizações, de forma a verificar se, antes do fenômeno e após, ocorre diferença nas substâncias.

Para o terceiro aspecto estudado sobre o conceito, a aquisição e o formato, Hardy-Vallée indica várias concepções sobre como o conceito é adquirido e como se forma/molda na mente do indivíduo são apresentadas, as quais divide em mentalista e não-mentalista (HARDY-VALLEE, 2013). No que as concepções sobre a aquisição do conceito se unificam é a questão da abstração: os conceitos são abstratos. Não se pode prever nada menos que isto, visto que consideramos o conceito como uma generalização mental. E dessa forma são as transformações químicas como conceito: as reações químicas são, em si, todas distintas, apresentando-se de forma distinta para nós; mesmo assim, 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: mentalmente, conseguimos extrair, dos invariantes e critérios conhecidos para o conceito de transformações químicas, vários exemplares mentais destas, que já tivemos contato previamente (ou não).

O quarto aspecto, a organização, indica que as coisas, e também os conceitos, têm modos de se organizarem em categorias, relacionando-se de alguma forma com outras coisas e/ou conceitos. Considerando as transformações químicas, parece

adequado afirmar que este conceito realmente relaciona-se com outros de diversas formas, tais como transformações, transformações físicas, substâncias, propriedades, reações de oxidação, reações de combustão, reações endotérmicas ou exotérmicas, etc. Neste texto, não será tomado em estudo o quinto aspecto, o de função, que pode ser dado aos conceitos.

A análise aqui realizada deu-se, como apontado, através do conceito cientificamente aceito, a noção, de transformações químicas estabelecida na seção anterior. Considerando a formação do conceito durante a escolarização, no percorrer do ensino básico a partir das séries iniciais, como seriam as análises? Como estas análises se relacionam com os pensamentos de Vigotski (ver Nota 1 ao fim do trabalho) na teoria histórico-cultural para a construção de conceitos?

ANÁLISE DO CONCEITO DE TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA PELA TEORIA HISTÓRICA-CULTURAL

Inicialmente nesta seção, descreveremos, na forma de um breve recorte, como pensamos a construção de conceitos a partir da teoria histórico-cultural por Vigotski. Esta construção se dá pela construção do símbolo, da forma de linguagem que o expressa (nem sempre linguagem verbal), que está relacionado a este conceito (OLIVEIRA, 1993). Sem o desenvolvimento da linguagem, apenas com um sistema de comunicação primitiva, somente operações inferiores do pensamento são possíveis, como de animais inferiores; não há formação de conceitos científicos complexos, operando apenas o que o autor caracteriza como uma “inteligência prática”, como com a 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, a natureza não se considera apenas as coisas naturais, mas todo o mundo externo, a sociedade, as coisas, ou seja, a interação social), em uma dinâmica constante, de vai e vem entre eles, que nunca acaba, e sempre se modificam uns aos outros.

O desenvolvimento da mente e dos conceitos nos indivíduos é, portanto, realizado dialeticamente, nesta relação entre o sujeito e o meio em que vive, a sociedade, mediada pela linguagem, pelos símbolos (SCHROEDER, 2007). É importante estabelecer que este desenvolvimento, conforme a teoria vigotskiana, ocorre de fora para dentro, do movimento das estruturas socialmente construídas para as estruturas intrapsíquicas, em constante interação. Assim, parece claro se concluir que, quando do desenvolvimento de conceitos científicos durante a escolarização (aqui falando das ciências, especialmente das ciências naturais), os estudantes não chegam nesta etapa vazios de conceitos sobre a forma como a natureza se comporta. Portanto, um ensino de ciências voltado simplesmente para a transmissão de informações, para a memorização de definições, classificações e outros, comum entre os professores, pouco consegue desenvolver cognitivamente os alunos na formação de conceitos científicos. Os estudantes acabam por manter seus conceitos espontâneos, representações que construíram naturalmente (com ou sem o auxílio da escola) pela interação com a natureza, a família, amigos, religião e as demais esferas da sociedade e as reflexões sobre suas experiências (MORTIMER; MIRANDA, 1995; SCHROEDER, 2007). Outro ponto chave sobre a teoria vigotskiana apontado na literatura é sua forma de pensar o desenvolvimento cognitivo como um desenvolvimento prospectivo, sempre olhando à frente, para o que o sujeito pode aprender, o que ainda ocorrerá em sua jornada (OLIVEIRA, 1993).

Do ponto de vista da teoria Histórico-Cultural proposta por Vigotski (VIGOTSKI, 2007, 2008, 2009), a construção de um conceito científico não pode ser analisada de forma isolada, pois a formação de conceitos científicos e cotidianos 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 cotidiano. Apesar da definição de reação química/fenômeno químico ser apresentada no ambiente escolar, os estudantes há muito já tiveram contato com muitos fenômenos químicos, visto que esses fenômenos ocorrem a todo instante, de forma explícita ou implícita no ambiente.

Vigotski (2008) aponta algumas diferenças entre os conceitos científicos e cotidianos/espontâneos; no entanto, é válido afirmar que esses conceitos se relacionam e se influenciam constantemente (VIGOTSKI, 2009). A aprendizagem de conceitos, dessa forma, consiste num dos principais fatores que contribuem para o desenvolvimento mental do indivíduo, a aprendizagem antecipa-se ao desenvolvimento. De acordo com Vigotski (2014) o único bom ensino é o que se adianta ao desenvolvimento, ou seja, aquele que, ao se possibilitar aprendizagem de conceitos, possibilita o desenvolvimento mental do indivíduo. Essa afirmação aponta para a valorização do processo de aprendizagem de conceitos cotidianos e científicos, tendo em vista que a internalização desses conceitos constitui uma significativa contribuição para o desenvolvimento geral dos estudantes.

Na teoria Histórico-Cultural, a formação de conceitos ocorre em diversas fases e estágios, que vão do aglomerado sincrético ao pensamento conceitual (VIGOTSKI, 2009). Os conceitos científicos são formados, geralmente, no ambiente escolar, é nesse cenário que os estudantes têm contato com conhecimentos sistematizados sobre o mundo, enquanto que os conceitos cotidianos 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 cotidianos são inconscientes, enquanto que os científicos são conscientes. 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 cotidianos é concebido devido ao nível de abstração que provoca. Ao entrar em contato com um conceito científico, é possível empregá-lo para explicar situações cotidianas de todos os tipos, mas o contrário não é possível. Ambos os tipos de conceitos evoluem de forma diferente segundo Vigotski (2008). Os conceitos científicos atuam de forma descendente, ou seja, são utilizados em outros domínios e influenciam os conceitos cotidianos. Na direção oposta, os conceitos cotidianos evoluem de forma ascendente, ou seja, são incorporados ao sistema cognitivo de maneira inconsciente que tende a evoluir quando for confrontado com conceitos científicos correlatos. Dessa forma, esses tipos de conceitos se relacionam e contribuem para o desenvolvimento mental dos indivíduos.

As implicações dessa noção de conceitos cotidianos 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 e habilidades que ainda não são dominadas completamente. As ações do professor, visando à aprendizagem, devem se localizar na zona de desenvolvimento proximal (ou zona de desenvolvimento iminente), 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 proximal 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 zonas de desenvolvimento proximal diferentes, mesmo que apresentem níveis de desenvolvimento real semelhantes; isso se deve a fatores internos dos indivíduos que interagem com os conhecimentos de forma diferente (PRESTES, 2012). Ainda, o professor não pode considerar apenas a realização de operações que o aluno já realiza 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, que não seriam possíveis de serem concluídos, o que acabaria por frustrar o estudante.

Sobre o conceito de transformações químicas, conforme apontamos acima, esse conceito é definido apenas no ambiente escolar, o saber sistematizado da escola dá o conceito científico de transformação química e classifica os tipos de reações químicas (síntese, análise, simples troca, dupla troca, redox, complexação, ácido-base, reações orgânicas, entre outras). No entanto, os estudantes têm contato com transformações químicas a todo instante, mesmo que não as reconheçam como tal. A oxidação de metais, a efervescência de algumas substâncias quando dissolvidas em água, o escurecimento de algumas frutas quando expostas ao ar, são exemplos de fenômenos químicos comuns, que muitas vezes não são percebidos como reações químicas. Os estudantes mantêm contato direto com esses fenômenos e, geralmente, apenas na escola conseguem relacioná-los com a Química.

A literatura aponta diversas concepções alternativas sobre reações químicas que são comuns por parte dos estudantes (MORTIMER; MIRANDA, 1995). Contudo, esse conceito é importante para a Química, à medida que, as transformações químicas correspondem a um dos principais focos de interesse da Química. Enquanto o aluno entra em contato com esse conceito científico, ele poderá aplicá-lo para explicar as reações químicas que ocorrem no cotidiano. Dessa forma, as observações cotidianas experienciadas pelos alunos podem contribuir para a formação do conceito científico, tendo em vista que, a aplicação da linguagem científica para explicar um fenômeno pode indicar a formação de conceito, de acordo com Vigotski (2008).

ANÁLISE DO CONCEITO DE TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA DURANTE A ESCOLARIZAÇÃO

Para tentar realizar a análise de como se dá a construção 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 disciplina 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, na disciplina de Ciências (ou Ciências Naturais). Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Fundamental apontam diversos conteúdos que contemplam conhecimentos químicos, tanto nos primeiros anos deste nível (do 1º ao 5º anos): fontes e transformação de energia, fotossíntese, relações entre água, ar, solo e seres vivos, processos metabólicos, recursos tecnológicos e transformações de materiais em objetos; como nos anos finais (6º ao 9º anos): constituição da Terra, transformações do ambiente pela ação do

homem, formação de fósseis, nutrientes, conservação de alimentos, misturas e separações, etc. (BRASIL, 1997, 1998). Percebe-se, portanto, que o conceito de transformações químicas se encontra intrinsecamente posicionado em vários conteúdos a serem estudados ainda no Ensino Fundamental.

Theodoro e colaboradores (2014) analisaram uma série de coleções de livros didáticos de Ciências no Ensino Fundamental em busca do modo como os conceitos de transformações (geral e também o de 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 (Figura 1).

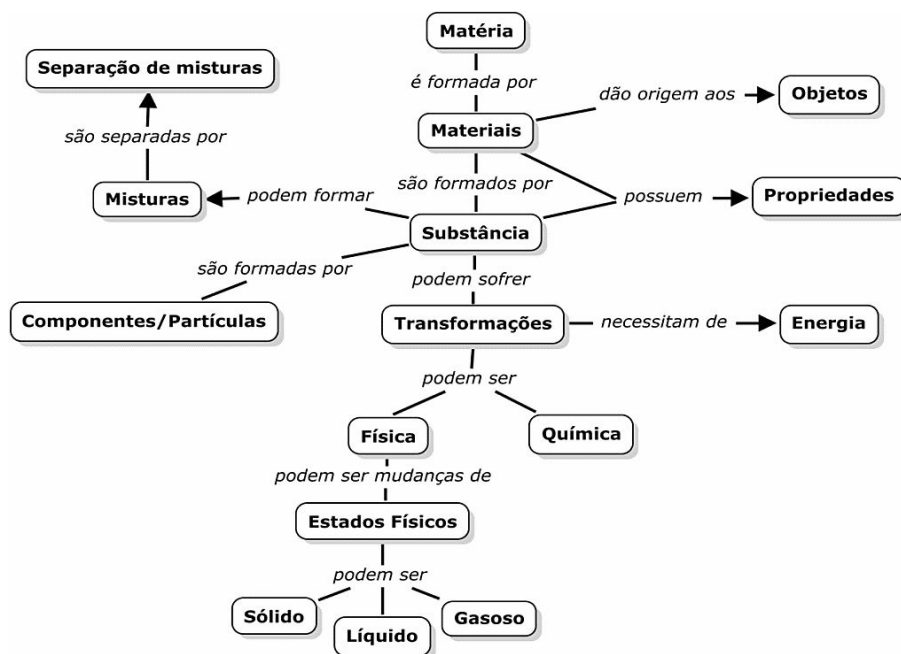


Figura 1 - Mapa conceitual dos conceitos básicos para o estudo da Química abordados nos livros didáticos das séries iniciais (reproduzido de THEODORO; KASSEBOHEMER; FERREIRA, 2014)

O conceito de transformações nos parece central para o estudo de Química no Ensino Fundamental, conforme o mapa apresentado na Figura 1. É possível pensar em intervenções pedagógicas para o ensino de diversos conceitos químicos a partir do conceito de transformações, desde os estados físicos (abaixo na figura) até a matéria e os materiais (acima); ou seja, partindo-se do centro do mapa conceitual, das transformações, poder-se-iam construir diversas sequências para o ensino de quaisquer dos conceitos químicos.

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 das “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 no 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, 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 o aluno desta faixa etária a estruturar o pensamento por meio dos complexos, em que 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 estão plenamente desenvolvidas a partir da adolescência. Dessa forma, o conceito de transformação química ensinado no Ensino Fundamental, Médio e Superior contempla o período necessário para que os alunos possam internalizar esse conceito. Contudo, é necessário refletir como esse ensino é realizado com o objetivo de contribuir para a aprendizagem do conceito científico relacionado com as transformações químicas.

Isso se compara, de certa forma, também ao invariante ou ao estabelecimento de critérios necessária 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 parece adequada nesta faixa etária. Um exemplo dessa abordagem, partindo em sua maioria na concretude para a construção do conhecimento de transformações química, é a 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 e colaboradores apontam diversas outros obstáculos para uma adequada compreensão dos conceitos de transformações químicas (THEODORO; KASSEBOHEMER; FERREIRA, 2014). Um destes é a falta de apresentação de noções que, conforme o mapa conceitual, podem ser necessárias para um entendimento mais profundo, em sua totalidade, dos conceitos de transformações físicas e químicas, como os conceitos de substâncias, misturas, etc. Pode-se apontar semelhança com a organização de conceitos proposta por Hardy-Vallée, que apresenta que conceitos que necessitam de outros para serem aprendidos estabelecem uma relação vertical entre si, enquanto outros a estabelecem horizontalmente (HARDY-VALLÉE, 2013). Por exemplo, o conceito de transformações químicas acaba por estar relacionado com energia e outros conceitos e aspectos de forma horizontal, não dependentes um do outro, mas que seus entendimentos ajudam a forma um corpus conceitual no estudante que possibilita sua adequada literação científica.

Mais um obstáculo é a apresentação de concepção equivocada de 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 tem 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 em seus intelectos do conceito cientificamente elaborado. 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 cotidiano implica em um possível confronto com o conceito científico correlato. Devido ao seu movimento descendente (VIGOTSKI, 2009), o conceito científico, tende a influenciar no conceito cotidiano, no sentido de fornecer melhores explicações do que as sensoriais (cotidianas) sobre os fenômenos. No entanto, o que o aluno já sabe influencia sobremaneira no que ainda será aprendido, por esse motivo, alguns conceitos cotidianos, podem se constituir em um obstáculo para a aprendizagem de conhecimentos científicos.

No trabalho de Papageorgiou e colaboradores (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 a 12 anos na Grécia. Similarmente ao apresentado acima, 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. Conforme Vigotski (2009), ainda não se 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 ou por complexos (ou mesmo por pseudoconceitos), e o ambiente ao seu redor.

Mesmo no Ensino Médio, a literatura aponta grandes dificuldades no aprendizado do conceito de transformações químicas. Conforme Mortimer e Miranda (1995), o conceito se trata de um universo de particulares muito extenso, cuja generalização pode ser muito complexa. Os “estudantes dificilmente reconhecem similaridades entre fenômenos que têm aspectos perceptivos bem diferenciados” (p. 23), 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) e 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 se tratam, todos os fenômenos, de transformações químicas.

Aliada a 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 ideia de desaparecimento e aparecimento de substâncias, a ideia de deslocamento da substância de um local ou fase para outro, a ideia de modificação de estado ou outra propriedade, a ideia de transmutação de espécies e entes como matéria em energia e vice-versa, ou a ideia de interação química entre as espécies, sem a ocorrência de reação (ROSA; SCHNETZLER, 1998).

Para conseguir compreender o conceito de transformações químicas em sua forma mais abstrata, parece necessitar 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, inclusive por meio da linguagem, numa dimensão explicativa do fenômeno em sua forma abstrata. Apesar de estudantes de nível médio poderem intelectualmente operar

nesse nível abstrato, eles não abandonam completamente as suas operações sincréticas ou por meio de complexos; 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 tem e as situações que a escola e o educador proporcionam ao estudante no ambiente em que ele se encontra, colocando 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)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não nos restam dúvidas que o conceito de “transformações químicas”, ou de reações químicas, é essencial para o aprendizado elaborado em Química, sendo, na verdade, um dos principais focos de estudo desta ciência. O conceito e sua construção puderam ser analisados sob as óticas filosóficas de Hardy-Vallée, por meio de sua estrutura de dimensões de formação do conceito, e da teoria histórico-cultural de Vigotski, por meio da construção sócio-interacionista desse, realizando-se também uma análise da construção do conceito durante a escolarização no ensino básico.

Pode-se concluir que, apesar da literatura apontar diversas dificuldades para a aquisição do conceito em questão durante a escolarização, como com abordagens que priorizam os caracteres fenomenológicos e/ou representacionais das transformações comuns nos livros didáticos e na prática pedagógica de muitos professores, 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 já desenvolvidos pelos estudantes com a natureza e a sociedade, com as formas como estes eventos ocorrem no cotidiano, em uma dinâmica que preconize a interação e a resolução de problemas, e não as meras classificações ou memorizações.

NOTA

1 – A 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 fim), apesar de diversas grafias serem encontradas em seus trabalhos publicados no Brasil (com duas letras “y”, com uma letra de cada, entre outras). Entretanto, nas referências e citações, mantivemos a grafia original da publicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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>

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

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

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.

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.

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.

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. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 13 ed. São Paulo: Ícone, 2014.