



Ensaio

## **Linguagem e o processo de ensino e aprendizagem em Química: leituras contemporâneas de Vigotski apoiadas por Tomasello**

**Language and the teaching and learning process in Chemistry: contemporary readings of Vygotsky supported by Tomasello**

**Lenguaje y el proceso de enseñanza y aprendizaje en Química: lecturas contemporâneas de Vygotsky apoyadas por Tomasello**

**Fernando César Silva<sup>1</sup>**

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, Brasil

### **Resumo**

A partir de uma perspectiva sociocultural, o papel da linguagem no processo de ensino e aprendizagem em Química ultrapassa a característica de um simples veículo para a transferência de informações, como por exemplo, nomes de substâncias, vidrarias de laboratório e fórmulas. Neste contexto, o papel da linguagem no processo de ensino e aprendizagem baseado nos estudos de Vigotski ressalta a importância da natureza social e cultural das atividades mentais. E, a inserção das ideias de Tomasello enriquece a discussão dos processos culturais no desenvolvimento da aquisição da linguagem. Para essa discussão, em forma de ensaio teórico, a partir de leituras contemporâneas desses autores, são estabelecidas algumas aproximações entre suas ideias. A apresentação dessas semelhanças permite clarear o entendimento dos professores acerca do novo papel da linguagem, além de enfatizar implicações importantes relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem em Química, tais como: i) os estudantes precisam participar de sua própria aquisição da linguagem científica; ii) essa aquisição pode ser mais efetiva pela problematização, e não pela memorização e, iii) os professores devem reconhecer como os estudantes estão percebendo essa linguagem, e não, simplesmente, considerá-la como já adquirida. No entanto, esse debate sobre o novo papel da linguagem deve seguir adiante pelos pesquisadores da área, visto que, além das dificuldades apontadas neste ensaio, há de se considerar que, o processo de nominalização e a metáfora gramatical, por exemplo, são fontes importantes de dificuldades para a aquisição da linguagem científica.

### **Abstract**

Considering a sociocultural perspective, the role of language in the teaching and learning process in Chemistry goes beyond a simple vehicle for the transfer of information, such as names of substances, laboratory glassware and formulas. This

---

<sup>1</sup> Docente do Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.

ORCID id <https://orcid.org/0000-0002-6413-3334>

E-mail: [fcsquimico@yahoo.com.br](mailto:fcsquimico@yahoo.com.br)

new reading of the role of language in the process of teaching and learning is anchored in Vygotsky's studies, which emphasizes the importance of the social and cultural nature of mental activities. The Tomasello's ideas can clarify the discussion about cultural processes at the origin of language acquisition. For this discussion, in the form of a theoretical essay, from contemporary readings of these authors, some approximations between their ideas are established, highlighting some implications on language in the teaching and learning process in Chemistry, such as: i) students need to participate in their own acquisition of the scientific language; (ii) this acquisition is not through memorization, but through problematization, and (iii) teachers must recognize how students are perceiving that language and not simply consider it as already acquired. However, this debate on the new role of language must be investigated by researchers in the field, since in addition to the difficulties pointed out in this essay, the nominalization process and the grammatical metaphor, for example, are important sources of difficulties found in the acquisition of scientific language.

### Resumen

Desde de una perspectiva sociocultural, el papel del lenguaje en el proceso de enseñanza y aprendizaje en Química excede la característica de un vehículo para la transferencia de informaciones, como por ejemplo nombres de sustancias, vidriería de laboratorio y fórmulas. En este contexto, el papel del lenguaje en el proceso de enseñanza y aprendizaje se ancla en los estudios de Vygotsky, que resalta la importancia de la naturaleza social y cultural de las actividades mentales. Y la inserción de las ideas de Tomasello enriquece la discusión de los procesos culturales en el desarrollo de la adquisición del lenguaje. Para esta discusión, en forma de ensayo teórico, a partir de lecturas contemporáneas de esos autores, se establecen algunas aproximaciones entre sus ideas. La presentación de estas semejanzas permite clarificar el entendimiento de los profesores acerca del nuevo papel del lenguaje, además de enfatizar implicaciones importantes relacionadas al proceso de enseñanza y aprendizaje en Química, tales como: i) los estudiantes necesitan participar de su propia adquisición del lenguaje científico; ii) esa adquisición puede ser más efectiva por la problematización, no por la memorización y, iii) los profesores deben reconocer cómo los estudiantes están percibiendo ese lenguaje, y no, simplemente, considerarla como ya adquirida. Sin embargo, este debate sobre el nuevo papel del lenguaje debe seguir adelante por investigadores del área de Educación, ya que, además de las dificultades señaladas en este ensayo, hay que considerar que el proceso de nominalización y la metáfora gramatical, por ejemplo, son fuentes importantes de dificultades para la adquisición del lenguaje científico.

**Keywords:** Sociocultural perspective, Chemistry Education, Language.

**Palabras clave:** Perspectiva sociocultural, Educación Química, Lenguaje.

**Palavras-chave:** Abordagem sociocultural, Educação em Química, Linguagem.

### Introdução

Existem diferentes tipos de abordagens construtivistas. No entanto, existe um consenso entre educadores de que nessa perspectiva, a aprendizagem se dá por meio da participação do estudante na construção do conhecimento e as concepções prévias exercem uma função importante no processo de ensino e aprendizagem (MORTIMER, 1996). Essas características baseadas em trabalhos de Piaget são denominadas de construtivismo individual. Aliando essas ideias às de Vigotski, de que o processo de ensino e aprendizagem se dá por meio de interações socialmente mediadas, concebe-se o construtivismo social. O foco do construtivismo individual estaria na

cognição e no indivíduo, já o social na linguagem e no grupo (KOKKOTAS; RIZAKI, 2011). A discussão se volta à linguagem, que é o objeto deste ensaio.

A linguagem tem sido entendida como um dos mediadores (KOKKOTAS; RIZAKI, 2011) que promovem ou dificultam o processo de ensino e aprendizagem, considerando que, em qualquer momento desse processo durante as aulas, em sua maioria, acontecem em termos linguísticos (MARKIC; BROGGY; CHILDS, 2013). Na Educação em Ciências, a pesquisa envolvendo ensino e aprendizagem já esteve primordialmente voltada para estudos sobre concepções espontâneas e mudança conceitual. Posteriormente, os modelos mentais foram bastante investigados. Há alguns anos já se vem delineando outra perspectiva de compreensão do processo de ensino e aprendizagem a partir dos estudos da linguagem (MORTIMER; SCOTT, 2002). A linguagem era tradicionalmente entendida como um simples veículo para a transferência de informações e se atribuía a ela um papel passivo e de pouca influência no processo de ensino e aprendizagem (MARKIC; BROGGY; CHILDS, 2013). No entanto, este tema ainda é pouco investigado pelos pesquisadores da área de Educação em Ciências, especialmente em Química (TABER, 2015).

A atribuição de um novo papel à linguagem no que diz respeito à criação de significado e à legitimação do conhecimento está muito relacionada às contribuições dos estudos de Vigotski, que enfatiza a importância da natureza social e cultural das atividades mentais (KOKKOTAS; RIZAKI, 2011). Dessa forma, neste ensaio, as ideias de Vigotski no que se refere à linguagem são correlacionadas com leituras contemporâneas apoiadas pelas ideias do psicólogo estadunidense Michael Tomasello, que desenvolve estudos de linguística e desenvolvimento comparativo, levantando algumas implicações dessas relações para o campo da Educação em Química. Essa discussão é importante visto que, na maioria das vezes, em Química a linguagem ainda é percebida somente no sentido de nomear compostos químicos, vidrarias de laboratório e para a memorização de conceitos.

### **Leituras contemporâneas das ideias de Vigotski apoiadas por Tomasello**

A necessidade de diferenciar os fenômenos psicológicos que são comuns entre seres humanos e animais, dos especificamente humanos, tem marcado o campo da Psicologia (WERTSCH, 1988). Essas diferenças são destacadas por Vigotski quando ele se refere às funções psicológicas elementares e superiores.

As funções elementares têm como característica fundamental o fato de serem total e diretamente determinadas pela estimulação ambiental. No caso das funções superiores, a característica essencial é a estimulação autogerada, isto é, a criação e o uso de estímulos artificiais que se tornam a causa imediata do comportamento (VIGOTSKI, 1994, p. 53).

De acordo com Wertsch (1988), os processos envolvidos nas funções superiores representam um nível mais elevado de funcionamento psicológico, sendo impossível explicá-los a partir dos processos envolvidos nas funções elementares. No entanto, Vigotski utiliza quatro critérios centrais para diferenciar essas funções:

1) o controle do ambiente pelo indivíduo, isto é, o aparecimento de regulação voluntária; 2) o surgimento da realização consciente dos processos psicológicos; 3) as origens sociais e a natureza social das funções psicológicas superiores e 4) o uso de signos como mediadores das funções psicológicas superiores (WERTSCH, 1988; p. 42).

Não é objetivo de neste ensaio discutir cada um desses critérios, mas essencialmente destacar que para Vigotski o que caracteriza o fenômeno psicológico humano é o fato de ele ser mediado externamente por instrumentos técnicos e internamente pelo sistema de signos. A incorporação de signos à atividade instrumental atribui a esta, a sua dimensão humana. Dessa forma, o controle voluntário, a realização consciente e a mediação por meio do uso de ferramentas psicológicas caracterizam o funcionamento intelectual na teoria de Vigotski. Por outro lado, as funções psicológicas elementares são caracterizadas pelo controle do ambiente natural, a ausência de percepção consciente e a falta de mediação por ferramentas psicológicas (WERTSCH, 1988). É possível entender a caracterização desse fenômeno estritamente humano, por meio do seguinte exemplo (PEREIRA, 2012; p. 61-62):

[...] um professor de ciências combinou de emprestar um livro para um colega. Ao sair de casa, no entanto, ele se esqueceu de levar o livro consigo. Somente após encontrar seu colega na escola é que ele lembrou que deveria ter colocado o livro junto com seu material de trabalho [...]. No dia seguinte, no entanto, ele resolveu colocar um lembrete no seu telefone celular, programando-o para despertar minutos antes de ele sair de casa. Ao ouvir o toque do celular, ele se lembrou de levar o livro para a escola, podendo assim emprestá-lo para o seu colega. [...] esse processo (lembrar-se do livro) resultou de um ato intencional. [...] [Por meio] do uso de um modo de mediação (o celular) [...]. Ele passou a controlar não apenas o conteúdo da memória (o livro), mas também o instante exato de sua manifestação (minutos antes de ele sair de casa). Assim, os estímulos artificiais, ou signos, servem como meios auxiliares para os seres humanos influenciarem o próprio comportamento, bem como o comportamento de outros indivíduos (considere o caso alternativo, no qual o colega envia uma mensagem de texto para o professor, minutos antes de ele sair de casa, lembrando-o de levar o livro).

Para Tomasello a diferença entre fenômenos psicológicos de humanos e de animais está na capacidade de compreender seus co-específicos, ou seja, dois ou mais animais que pertencem ao mesmo táxon, ou a mesma espécie, como seres intencionais semelhantes a si próprios (TOMASELLO, 2003). Entendem-se seres intencionais como “seres comuns que têm objetivos e que fazem escolhas ativas entre os meios comportamentais disponíveis para atingir aqueles objetivos, o que inclui escolher ativamente a que se vai prestar atenção na busca desses objetivos” (TOMASELLO, 2003, p. 94-95). No contexto estabelecido por Tomasello, utiliza-se como exemplo a situação na qual o objetivo do professor é a intenção de levar um livro para um colega e para tal utiliza do telefone celular para lembrar-se de praticar este ato. A

atenção do professor está voltada para o celular que, por meio, de um lembrete vai desencadear a realização do objetivo, levar o livro para o colega. O telefone celular constitui um mediador entre o professor e o ato de levar o livro. Tomasello (2003) não utiliza o termo mediador e signo na forma como está sendo discutido no presente texto, ele considera que mediadores e meios comportamentais disponíveis se relacionam [usar o celular (mediador), que é o meio comportamental], assim como, fazer escolhas ativas e os signos (usar o celular para lembrar-se de levar o livro).

De acordo com Tomasello (2003) não nascemos com a capacidade de compreendermos nossos co-específicos como seres intencionais semelhantes a nós próprios, isso só passa a ocorrer por volta dos nove meses de idade. Nessa idade, experimentamos ser autores de nossos próprios atos, que emerge a partir de uma nova compreensão de observações que fazemos dos outros, isto é, de certa maneira passamos a entender os outros por analogia com nós mesmos, visto que, os outros são “como eu” (TOMASELLO, 2003). Essas ideias de Tomasello se relacionam com as de Vigotski, visto que, “no processo de desenvolvimento, as crianças começam a usar as mesmas formas de comportamento em relação a si mesmas que os outros usaram inicialmente em relação a elas” (VIGOTSKI, 1931/1981, p. 157 citado por MORTIMER, 2013). Dessa forma, se percebe que a essência das ideias dos dois está intimamente associada às interações sociais. Embora, as aproximações estabelecidas se relacionam a um aspecto geral das ideias de Vigotski – a diferença entre funções mentais superiores e elementares – com um aspecto específico das ideias de Tomasello – a compreensão das intenções dos co-específicos – se tornam pertinentes. Isso porque enfatiza a importância das interações sociais no processo de ensino e aprendizagem, conforme descrito adiante.

Tanto Vigotski quanto Tomasello concebem a linguagem a partir de uma perspectiva funcionalista, “que define as competências linguísticas em termos de relações funcionais estabelecidas entre os indivíduos e o mundo” (ÁLLAN; SOUZA, 2009, p. 161). Essa perspectiva é o oposto da estruturalista, “que considera as competências linguísticas produto de estruturas biológico-cognitivas” (ÁLLAN; SOUZA, 2009, p. 161). Com base nessa semelhança, são discutidas as ideias de ambos, no que se refere à linguagem e, posteriormente, estabelecem-se algumas considerações sobre as suas implicações no processo ensino e aprendizagem em Química.

### **A linguagem de Vigotski por um olhar contemporâneo de Tomasello**

A linguagem não poderia ser o resultado de um gene, mas de relações socioculturais que se desenvolvem historicamente (TOMASELLO, 2003). Isso fica evidente quando Tomasello (2003, p. 131-132) afirma que

(...) invocar a linguagem como causa evolucionária da cognição humana é como invocar o dinheiro como causa evolucionária da atividade econômica humana. Ninguém questiona o fato de que adquirir e usar uma língua natural contribui com a natureza da cognição humana e até a transforma - assim como o dinheiro transforma a natureza da atividade econômica humana. Mas a linguagem não surgiu do nada. Não caiu na terra vindo do espaço sideral como algum asteroide perdido,

[...], tampouco surgiu de alguma mutação genética bizarra sem nenhuma relação com outros aspectos da cognição e vida social humanas. Assim como o dinheiro é uma instituição social simbolicamente incorporada que surgiu historicamente de atividades econômicas preexistentes, a linguagem natural é uma instituição social simbolicamente incorporada que surgiu historicamente de atividades sociocomunicativas preexistentes.

Conforme anteriormente mencionado, embora o foco dos estudos de Vigotski se diferencie dos de Tomasello, algumas proposições se relacionam. Vigotski estava interessado em entender o contexto social do desenvolvimento cognitivo e, em particular, o papel da linguagem no desenvolvimento de funções mentais superiores (HODSON, 1998). Já o interesse de Tomasello envolve o entender de como as relações socioculturais propiciam a aquisição da linguagem (TOMASELLO, 2003).

Para Vigotski, as funções mentais superiores teriam origem na atividade social e, à medida que elas vão se desenvolvendo, passam a estar associadas à linguagem, que seria em si mesma uma construção social. Dessa forma, para este pesquisador, é por meio das interações sociais – inicialmente com os pais ou outros cuidadores, mais tarde com os professores – que as crianças aprendem as ferramentas cognitivas e comunicativas, além das habilidades de sua cultura (HODSON, 1998). Essas interações que Vigotski considera inicialmente como sendo associadas aos pais ou outros cuidadores, Tomasello as estabelece como sendo um processo de atenção conjunta. Para Tomasello, aos nove meses de idade as crianças se envolvem em um conjunto de comportamentos, que ele denominou como uma atenção conjunta (TOMASELLO, 2003).

Neste contexto, para Tomasello (2003) a atenção conjunta estaria baseada em interações sociais, nas quais as crianças e o adulto prestam conjuntamente a atenção a um terceiro personagem, que pode ser um objeto, uma ação, ou outro. Esse comportamento de atenção conjunta indica “uma compreensão emergente das outras pessoas como agentes intencionais iguais a si próprios, cujas relações com entidades externas podem ser acompanhadas, dirigidas ou compartilhadas” (TOMASELLO, 2003, p. 85). Entende-se o outro como agente intencional quando os seus atos intencionais são percebidos, a partir da compreensão dos artefatos culturais e das relações sociais imersas na cultura em que está inserida. Allan e Souza (2009), afirmam que a intencionalidade na espécie humana permitiu o desenvolvimento de complexas maneiras de colaboração, permitindo o estabelecimento de organizações culturais humanas modernas. Para Tomasello (2003), a intencionalidade é uma característica estritamente humana. No entanto, há controvérsias sobre isso, visto que, alguns primatas demonstram intencionalidade. De qualquer forma, isso não invalida a discussão desenvolvida no presente ensaio e não é objetivo deste.

A partir de seus estudos, Vigotski reconhece as maneiras pelas quais as crianças passam a utilizar a linguagem como ferramentas, tais como o uso da fala, dos olhos e das mãos, para a resolução de seus problemas. Este autor ressalta que, quanto mais complexo o problema, maior é a importância da fala (HODSON, 1998). É possível observar que, ainda mais importante para o desenvolvimento humano é o papel mediador executado por instrumentos semióticos, ou signos, dos quais o mais poderoso e versátil é a linguagem.

Quando o discurso é utilizado para mediar a solução de novos problemas, o potencial de significado cultural do próprio sistema linguístico é modificado e desenvolvido para atender às novas demandas que lhe são colocadas (WELLS, 1994). A posição de Vigotski é que a fala e o pensamento inicialmente são independentes uns dos outros, existe uma fase pré-intelectual no desenvolvimento da fala e uma fase pré-verbal no desenvolvimento do pensamento. Durante a primeira infância, os processos de fala e pensamento começam a penetrar uns nos outros: as crianças usam pela primeira vez o discurso egocêntrico para acompanhar a resolução de problemas, descrevendo verbalmente o que estão fazendo enquanto estão exercendo tal atividade. Em seguida, elas passam a utilizar a fala para planejar estratégias de resolução de problemas, novamente verbalizando como elas prosseguem com a tarefa na mão em uma aparente tentativa de guiar seu próprio comportamento. Nos estágios iniciais do desenvolvimento da linguagem, as crianças agem como se acreditassem que, se o discurso é dirigir o comportamento, ele deve ser falado (HODSON, 1998). Na atividade conjunta de todos os tipos, a fala, isto é, o uso da linguagem falada ou escrita como ferramenta, desempenha duas funções cruciais: em primeiro lugar, ela permite que os participantes coordenem suas ações em relação ao objeto em vista e, em segundo lugar, fornece meios para representar e refletir sobre as pessoas, coisas e ações em causa e sobre as relações entre eles. No entanto, como outras ferramentas, a linguagem também é modificada ao longo do tempo (WELLS, 1994). Eventualmente, à medida em que a criança cresce e adquire experiência, o discurso vai transformando-se em uma espécie de discurso interno, um diálogo interno para a construção e reconstrução do significado. O que tinha se iniciado como um artefato social externo construído é transformado pela criança, primeiro em uma fala externa para ajudar a organizar a resolução de problemas, mais tarde no núcleo construtivo do seu próprio pensamento. A construção do significado por meio da linguagem se desenvolve ao longo de nossas vidas, estruturando uma visão cada vez mais complexa da realidade, em grande parte, por meio de intercâmbios linguísticos com outras pessoas - direta ou indiretamente, por meio de livros, filmes e outros meios. Envolve dois processos únicos e conectados: o domínio dos meios externos de pensamento, como a fala, a escrita e a notação matemática; e aprendizagem de como utilizar esses símbolos para dominar, regular e desenvolver o próprio pensamento (HODSON, 1998).

Tomasello não enfatiza “a linguagem como o aspecto crítico para a evolução da cognição humana, mas, inversamente, [sugere] que ela é um produto desse tipo de cognição” (ÁLLAN; SOUZA, 2009, p. 165). Para Tomasello (2003; p. 133),

As representações simbólicas que as crianças aprendem em suas interações sociais com outras pessoas são especiais porque são (a) intersubjetivas, no sentido de que um símbolo é socialmente “compartilhado” com outras pessoas; e (b) perspectivas, no sentido de que cada símbolo apreende uma maneira particular de ver algum fenômeno (a categorização sendo um caso especial desse processo).

Para Tomasello (2003) os símbolos linguísticos envolvem várias maneiras para interpretar intersubjetivamente o mundo ao nosso redor, e que

essa diversidade modifica a natureza das representações nas crianças. Assim, para adquirir o uso convencional de símbolos linguísticos intersubjetivamente compreendidos exige que a criança:

- entenda os outros como agentes intencionais;
- participe de cenas de atenção conjunta que estabelecem as bases sociocognitivas para atos de comunicação simbólica, inclusive linguística;
- entenda não só intenções, mas intenções comunicativas, nas quais alguém quer que ela preste atenção a algo na cena de atenção conjunta; e
- inverta o papel com os adultos no processo de aprendizagem cultural e assim use em relação a eles o que eles usaram em relação a ela – o que na verdade cria a convenção comunicativa intersubjetivamente compreendida ou o símbolo (TOMASELLO, 2003, p. 148-149).

Portanto, para uma pessoa adquirir uma linguagem é essencial que ela tenha a capacidade de compreender a intencionalidade do co-específico em cenas de atenção conjunta geradas nos momentos de interações sociais. Isso acontece porque a necessidade de comunicação implica em uma intenção comunicativa. Quando Tomasello utiliza a ideia de compreensão da intenção dos co-específicos, ele está buscando explicar como a linguagem se desenvolve entre os seres humanos, isto é, como se dá a sua ontogênese. Pode se dizer que, para Tomasello, para que tenha linguagem torna-se necessária a existência de cenas de atenção conjunta. No entanto, o processo de ontogênese da linguagem continua por outras dimensões importantes, tais como, a internalização da atenção conjunta em representações simbólicas e como isso resulta nas primeiras construções linguísticas (holofrases) e como evolui para construções mais abstratas (narrativas). A origem da linguagem na criança para Vigotski passa, essencialmente, de uma linguagem intermental (social) para uma linguagem intramental (individual). Dessa forma, as aproximações estabelecidas entre os dois autores neste ensaio, se relaciona a essa linguagem intermental, isto é, nos processos sociais de aquisição da linguagem. A evolução da linguagem passando por esse processo intermental não foi discutida, devido ao espaço e objetivo proposto para este ensaio.

As relações entre as ideias de Vigotski e Tomasello, no que se referem à linguagem, nos auxiliam a estabelecer considerações importantes para o processo de ensino e aprendizagem em Ciências, neste caso em particular, na área de Química. Isso porque, o conhecimento científico é de natureza simbólica e socialmente negociada. Os elementos da ciência não são os fenômenos da natureza, mas construções avançadas estabelecidas pela comunidade científica para interpretar a natureza (DRIVER et al., 1994). Dessa forma, a linguagem tem um papel predominante no que diz respeito à criação de significado e legitimação do conhecimento (KOKKOTAS; RIZAKI, 2011). Pensando na sala de aula e no processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, ao situar esses conceitos na linguagem, seria adequado concebê-los como parte da linguagem sendo utilizados em práticas sociais e discursivas, ao invés de conceitos que cada um possui (MORTIMER, 2011; MORTIMER et al., 2011). Assim, “aprender um conceito é aprender seu significado, generalizar, passar de sentidos pessoais para significados socialmente aceitos” (MORTIMER et al., 2011, p. 114).



## Implicações para o processo de ensino e aprendizagem em Química

Na Educação em Química, o principal foco do estudo da linguagem era visto apenas como a aprendizagem de nomenclatura de substâncias e de novos termos técnicos. No entanto, o papel da linguagem no ensino e aprendizagem da Química tem sido percebido como mais diversificado e desafiador (CHILDS et al., 2015; MARKIC; CHILDS, 2016). Essa percepção tem ocorrido, principalmente, devido a alguns fatores, conforme sugeridos por Childs e colaboradores (2015, p. 422, *tradução minha*):

- 1) o movimento da Ciência como uma disciplina elitista e especialista para uma “Ciência para todos”, tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, implicando em uma disciplina a ser ensinada para turmas cada vez mais heterogêneas (diversidade de competências linguísticas e capacidades);
- 2) em muitos países do mundo há estudantes estrangeiros frequentando as salas de aula, o que aumenta a heterogeneidade linguística. Muitos desses estudantes estão tentando aprender a Ciência em uma segunda língua, muitas vezes sem nenhum suporte;
- 3) um possível declínio nos níveis de alfabetização, devido às mudanças no sistema de ensino, com menos ênfase em métodos formais de ensino da língua, alterações na avaliação, maior diversidade e mudanças sociais, como por exemplo, o crescimento das mensagens de texto;
- 4) os estudantes modernos não estão familiarizados com as raízes da linguagem científica, muitas vezes originária de línguas clássicas, como o latim e o grego e,
- 5) mudança nos procedimentos de avaliação científica para um estilo mais objetivo, que exigem pouca escrita e explicação.

A linguagem utilizada em aulas de Química não envolve somente a linguagem falada. Além da dimensão verbal que compreende a linguagem científica e simbólica, do dia a dia dos professores, existe também uma dimensão não verbal que contempla uma linguagem corporal, os gestos, expressão facial, a postura e o contato visual (MARKIC; CHILDS, 2016). A partir dessas dimensões de linguagem, surgem diferentes temas para a pesquisa em Educação em Química, tais como: 1) a comunicação em salas de aula de Química, 2) discurso e argumentação no ensino de Química, 3) ensino e a aprendizagem da linguagem técnica da Química, 4) avaliação da aprendizagem de Química relacionada aos diferentes aspectos da linguagem, 5) influências no processo de ensino e aprendizagem da linguagem da Química na formação de professores, 6) influência dos gestos no ensino de Química, 7) investigação sobre os problemas de ensino e aprendizagem do nível simbólico da Química, e outros (TABER, 2015). Não cabe aqui a discussão de cada um desses temas, mas a partir da investigação dos mesmos, se obtém conhecimentos sobre as implicações da linguagem no processo ensino e aprendizagem em Química. Esse conhecimento abre perspectivas para os professores selecionarem e utilizarem estratégias mais adequadas e eficazes que contribuam para o processo de aprendizagem dos estudantes, tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior.

Há um consenso de que a singularidade da linguagem da Química gera dificuldades no processo ensino e aprendizagem dessa Ciência, por que: i)

possui um vocabulário abrangente, especializado, preciso e não familiar para os estudantes, como por exemplo, hidrofílico, nomenclatura das substâncias, nomes de vidrarias e equipamentos de laboratório e outros; ii) muitas palavras derivam do grego ou do latim, línguas que não são familiares para a maioria dos estudantes, como por exemplo, anfótero, eletrólise e outras; iii) palavras que em um contexto científico específico possuem significado diferente de seu uso no cotidiano dos estudantes, tais como, matéria, solução, elemento, corrente e outras; iv) possui escrita e pronúncia desafiadora com palavras polissilábicas e frases complexas, como oligossacarídeos, nucleofilicidade, etc.; v) existem padrões de argumentação específicos na discussão e escrita científica, como termos utilizados na elaboração de relatórios de experimentos laboratoriais, de projetos e artigo(s) científico(s) e, vi) possui um nível simbólico complexo, caracterizado principalmente na descrição de mecanismos de reação (CHILDS et al., 2015; MARKIC; CHILDS, 2016).

Uma das características marcantes dessa “linguagem química” está relacionada a esse nível simbólico. Jacob (2001) define a Química como uma ciência experimental que transforma substâncias e linguagem. Para ele há diferentes níveis de linguagem química, que podem ser classificados como: símbolos químicos para substâncias; vocabulário (termos próprios) que permite aos químicos falarem sobre as substâncias em geral; teorias e leis que são usadas para discutir esse vocabulário e, linguagem da filosofia (origem e as bases de uma teoria). Embora, todos os níveis de linguagem química sejam vitais para a pesquisa em Química, a relação entre os símbolos utilizados para representar as substâncias pode ser mais central para o pesquisador em Química do que a própria substância. Jacob (2001) ressaltou ainda que, essa linguagem simbólica da Química, não há palavras ou frases no sentido clássico, como no inglês, alemão, etc. No entanto, os elementos linguísticos individuais da simbologia química se aproximam de um “modelo de idioma” que consiste de um alfabeto de símbolos elementares que todos carregam um significado particular e universalmente conhecido pelos integrantes da comunidade química.

Além disso, ao longo da História os significados dos termos científicos utilizados em química foram se tornando flexíveis e sofrendo modificações conceituais, assim como a própria Ciência. A história da palavra oxigênio representa um bom exemplo. Para Lavoisier os nomes deveriam refletir a natureza das coisas. Ele acreditava que seus rótulos linguísticos deveriam revelar a natureza dos elementos. É evidente agora que o seu conhecimento das diferenças entre os elementos não era suficiente para produzir nomes que realmente refletiriam os fatos (WŁOCH, 2015). O que agora é conhecido como oxigênio, recebeu muitos nomes diferentes, como por exemplo, ar deflogisticado, ar altamente respirável e outros. De acordo com Lavoisier, o principal papel do oxigênio era formar ácidos e, em função disso, ele atribuiu o nome derivado do grego que significa “formador de ácido”. Embora, o oxigênio não seja necessariamente o “formador de ácidos”, o nome ainda é utilizado para descrever o elemento. Esse exemplo reflete o fato de que, apesar de alguns nomes poderem transmitir informações ou descrições “falsas” sobre um objeto ou um fenômeno, eles permanecem (LABINGER; WEININGER, 2005; WŁOCH, 2015). Esse exemplo do termo oxigênio demonstra que o(s) significado(s) que seu(s) criador(es) destinou(aram) para representá-lo pode mudar, mas o termo permanecer. Cada palavra sofre mudanças de significado

ao longo do tempo, podendo perder completamente o significado original, passando a significar algo mais preciso. À medida que novas descobertas são feitas, as palavras adquirem significados mais adequados ou específicos e, em algumas situações, novas palavras são adicionadas para esclarecer novos detalhes (WŁOCH, 2015). Dessa forma, o estudante aprende a Química construindo uma teia complexa de conceitos e relações conceituais, na qual a linguagem em suas diversas dimensões desempenha um papel preponderante (HODSON, 1998).

### **Alguns apontamentos para a Educação em Química**

O conhecimento científico é socialmente construído, a partir da discussão, crítica e revisão de evidências apresentadas para a comunidade científica. Essa negociação de evidências para construção do conhecimento é socialmente mediada pela linguagem. Dessa forma, a linguagem nas aulas de Química deve ser concebida além da simples transmissão de termos químicos e suas definições, mas como meio de socializar os estudantes em uma cultura científica. Adicionalmente, uma sala de aula abriga múltiplos indivíduos imersos em culturas diferentes, o que desafia ainda mais o trabalho do professor nessa socialização. Tanto Vigotski quanto Tomasello desenvolveram suas ideias a partir de perspectivas socioculturais, concebendo a linguagem como uma construção humana desenvolvida a partir de relações sociais e culturais que foram estabelecidas ao longo da história. Portanto, os conceitos científicos não podem ser concebidos como entidades estáveis que os estudantes devem possuir, mas devem ser entendidos como parte da linguagem, que são utilizados em práticas sociais e discursivas. Para isso, os estudantes precisam participar de sua própria aquisição da linguagem científica. E, essa aquisição pode não ser efetiva quando se dá pela simples transmissão de informações para que os estudantes memorizem. Esse processo deve envolver problematização, visto que, o conhecimento científico, conforme já discutido anteriormente, se constrói pela discussão estabelecida entre os integrantes dessa comunidade científica para aceitação ou negação das evidências para a elaboração desse conhecimento. Portanto, os professores precisam dar espaço para que os estudantes pensem, errem, revisem seus erros, falem de suas ideias para seus colegas e para o professor, e escrevam sobre essas ideias usando essa linguagem científica.

As diferentes dimensões da linguagem utilizadas nas aulas de Química são complexas, o que leva a situações de divergência de intenções. Isso porque a própria Química é constituída por símbolos, modelos, leis, processos e fenômenos que lhe são próprios, condicionando a sua aprendizagem e, conseqüentemente, a aquisição dessa linguagem utilizada nas aulas de Química. Dessa forma, o professor não apenas “repassa” o conhecimento para seus alunos, mas sim atua de forma contrária, provocando, colaborando, modificando e também se modificando. O processo de ensino e aprendizagem se dá por meio de uma relação de colaboração entre professor e estudante. No entanto, nem sempre essa colaboração acontece, visto que durante as ações em sala de aula surgem lacunas, que devem ser preenchidas pelo estudante mediante a sua compreensão e reflexão sobre o tema. Em muitas situações essa compreensão não corresponde ao que era pretendido pelo professor. Por isso, o professor deve convergir sua atenção aos estudantes, buscando a

compreensão das intenções de seus estudantes em relação ao que está sendo discutido em sala de aula. Além disso, o professor deve explicitar suas intenções em relação ao que se pretende ensinar. Portanto, a intenção do professor deve coincidir com a intenção de seus estudantes, não considerando como entendido o que está sendo ensinado e, muito menos, assumir uma atitude em sala de aula como se estivesse conversando com seus pares. Os professores devem reconhecer como os estudantes estão percebendo essa linguagem que está sendo utilizada para socializá-los em uma cultura científica, e não, simplesmente, considerá-la como já adquirida.

O problema da linguagem no ensino e aprendizagem em Química também está relacionado com características da linguagem científica que não são compartilhadas pela linguagem comum. Uma descrição mais detalhada desses aspectos pode ser encontrada, por exemplo, nos estudos de Halliday (1993), que caracteriza a linguagem científica como uma linguagem específica na qual ocorrem os processos de nominalização e metáfora gramatical, que aumentam a sua densidade léxica, pois quase todos os termos usados carregam significados interligados numa estrutura conceitual. Halliday (1993) fala em metáfora gramatical, na qual, no lugar da substituição de um nome por outro, como na metáfora ordinária, ocorre a substituição de uma classe ou estrutura gramatical por outra. Isto é, a linguagem científica substitui os processos por grupos nominais, o que além das dificuldades apontadas neste ensaio, também dificulta a compreensão da linguagem científica.

Neste ensaio não se tem a pretensão de esgotar as discussões acerca das ideias dos dois autores sobre a linguagem e as implicações disso para a sala de aula, mas reafirmar para os professores de Química que as interações sociais estabelecidas na sala de aula são essenciais. Essa discussão não é nova, mas muitos professores de Química ainda resistem em utilizar estratégias que privilegiem as interações entre os estudantes e o professor, alegando, principalmente, falta de tempo para essas aulas. No entanto, as aproximações construídas entre os dois autores enfatizam a necessidade dessas interações para que a aprendizagem aconteça.

## Referências

ÁLLAN, S.; SOUZA, C. B. A. O modelo de Tomasello sobre a evolução cognitivo-linguística humana. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 25, n. 2, p. 161-168, 2009.

CHILDS, P. E.; MARKIC, S.; RYAN, M. C. The role of language in the teaching and learning of Chemistry. In: GARCÍA-MARTÍNEZ, J.; SERRANO-TORREGROSA, E. (Eds.). **Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2015. Cap. 17. p. 421-445.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.

HALLIDAY, M.A.K. Some grammatical problems in scientific English. In: HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. R. **Writing science**. London: Falmer Press, 1993.

HODSON, D. **Teaching and learning science: towards a personalized approach**. Berkshire, UK: Open University Press, 1998.

JACOB, C. Interdependent operations in chemical language and practice. **HYLE–International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 31-50, 2001.

KOKKOTAS, PANAGIOTIS V.; RIZAKI, AIKATERINI A. Does history of science contribute to the construction of knowledge in the constructivist environments of learning? In: KOKKOTAS, PANAGIOTIS V.; MALAMITSA, KATERINA S.; RIZAKI, AIKATERINI A. (Eds.). **Adapting historical knowledge production to the classroom**. Rotterdam: Sense Publishers, 2011. Cap. 5, p. 61-84.

LABINGER, JAY A.; WEININGER, STEPHEN J. Controversy in chemistry: how do you prove a negative? – The cases of Phlogiston and Cold Fusion. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 44, p. 1916-1922, 2005.

MARKIC, S.; BROGGY, J.; CHILDS, P. E. How to deal with linguistic issues in chemistry classes. In: EILKS, I.; HOFSTEIN, A. (Eds). **Teaching chemistry: a study book**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013. Cap. 5. p 127-152.

MARKIC, S.; CHILDS, P. E. Language and teaching and learning of chemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 17, p. 434-438, 2016.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011. 373 p.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 30, p. 111-125, 2011.

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. Uma visão sócio-interacionista e situada dos conceitos e a internalização em Vygotsky. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2013, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: IX ENPEC, 2013. p. 1-9.

PEREIRA, A. P. **Distribuição conceitual no Ensino de Física Quântica**: uma aproximação sociocultural às teorias de mudança conceitual. 2012. 210f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2012.

TABER, K. S. Exploring the language(s) of chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 16, p. 193-197, 2015.

TOMASELLO, M. **Origens culturais da aquisição do conhecimento humano**. Martins Fontes: São Paulo, 2003.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

VYGOTSKY, L. S. The genesis of higher mental functions. In: WERTSCH, J. V. (Ed.). **The concept of activity in Soviet psychology**, Armonk, NY: Sharpe, 1931/1981. p. 144-188.

WELLS, G. Learning and teaching “scientific concepts”: Vygotsky’s ideas revisited. Conference, “**Vygotsky and the Human Sciences**”, Moscow, Sept. 1994.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky y la formacion social de la mente**. Barcelona: Ediciones Paidós, 1988.

WŁOCH, J. The language of chemistry: A study of English chemical vocabulary. **Beyond Philology**, v. 12, p. 77-108, 2015.

Enviado em: 02/maio/2018

Aprovado em: 13/novembro/2018

*Ahead of print* em: 26/agosto/2019