

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

**ÁTOMO, REPRESENTAÇÃO E FILOSOFIA DA QUÍMICA:
CAMINHOS PARA A TRANSIÇÃO DA LINGUAGEM
DIAGRAMÁTICA PARA A DISCURSIVA EM AULAS DA
EDUCAÇÃO BÁSICA**

DÉBORA SCHMITT KAVALEK

PORTO ALEGRE, RS

2016.

DÉBORA SCHMITT KAVALEK

=====

**ÁTOMO, REPRESENTAÇÃO E FILOSOFIA DA QUÍMICA: CAMINHOS PARA
A TRANSIÇÃO DA LINGUAGEM DIAGRAMÁTICA PARA A DISCURSIVA EM
AULAS DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

=====

LINHA DE PESQUISA:

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM NA
ESCOLA, NA UNIVERSIDADE E NO LABORATÓRIO DE PESQUISA

Tese apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como exigência parcial para a obtenção do Título de Doutora em Educação em Ciências.

ORIENTADOR: PROF. DR. DIOGO ONOFRE SOUZA

COORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ CLÁUDIO DEL PINO

Porto Alegre, RS

2016

A todos que acreditam na beleza e riqueza da química, e que estejam dispostos a tornar a ciência mais humana e atrativa, e não mais a disciplina vilã que somente aborda conceitos e fórmulas. Para todos os que, como eu, sente falta do discurso filosófico, da reflexão, do debate, da argumentação, habilidades que não são priorizadas nos cursos de docentes em química.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente meu orientador professor Dr. Diogo e meu coorientador professor Dr. José Cláudio Del Pino, competentes, exigentes, compreensivos e atenciosos, além de muito pacientes.

Ao professor Dr. Marcos Antônio Pinto Ribeiro pelas contribuições teóricas, que foram preciosas e fundamentais no decorrer deste estudo, por apontar caminhos, falhas e sugestões. À professora doutora Márcia Finimundi Nóbile, pela apresentação ao grupo da Educação em Ciências.

A todos os colegas do PPG Educação em Ciências da UFRGS, pelos diálogos, contribuições acadêmicas e alegria durante esse percurso. Meu agradecimento estende-se também aos demais professores e funcionários da universidade.

À minha inspiração: meu filho Lucas, e aos demais familiares pela compreensão e apoio.

Quero agradecer também a força e experiência que sempre obtive com meus queridos alunos das escolas em que trabalhei, principalmente aos da Escola São Roque, de Carlos Barbosa, onde realizei a pesquisa.

Finalmente, agradeço a Deus pela persistência, coragem e determinação que me fizeram concluir este desafio. E pelos desafios que estão por vir...

“Eu descrevi uma ligação, uma ligação química simples; eu forneci vários detalhes de seu caráter (e poderia ter dado muito mais). Às vezes, me parecia que uma ligação entre dois átomos tinha se tornado tão real, tão tangível, tão amigável, que eu quase poderia vê-la. E então eu despertava com um pequeno choque: pois uma ligação química não é uma coisa real; ela não existe; ninguém jamais a viu, nem jamais verá. É uma ficção da minha própria imaginação” (COULSON, 1995, p 2084).

RESUMO

Por um lado, visualiza-se a ciência química, sua bela história, conceitos e teorias que podem levar a inúmeros questionamentos, reflexões e análises, de outro lado, a realidade nos revela um ensino que, na maioria das escolas, prioriza fórmulas, teorias descontextualizadas, modelos de limitada compreensão, em meio a um currículo com necessidade de discussões e revisão, bem como um enorme desestímulo por parte dos discentes. Neste sentido, acreditamos que a Filosofia da Química pode fornecer subsídios teóricos para uma contextualização, sistematização, organização, entendimento e transposição didática dos conteúdos. O desenvolvimento de uma Filosofia da Química (FQ) incorporada ao ensino ainda não foi proposto e o currículo da disciplina também continua sem transmitir o pluralismo que representa, sendo que a práxis química está descontextualizada da história, dos valores, do pré-científico e da pré-química. Consideramos a necessidade de avaliar problemas no ensino e possibilidades de constituir uma ligação entre a Filosofia da Química e a educação em química, buscando material bibliográfico que fornecesse subsídios para essa inserção. O trabalho iniciou com pesquisa bibliográfica sobre a Filosofia da Química, seus autores, campos de discussão e perspectivas. Os problemas no ensino que podem ser beneficiados com a Filosofia da Química, destacados nos primeiros artigos, foram decisivos para que novas estratégias pudessem ser alcançadas, e, como uma influência no desenvolvimento desta pesquisa, considerou-se cada vez mais o valor de se investigar a linguagem utilizada na representação de átomo, conceito fundamental na educação em química. Reconhecer a representação de átomo e molécula como essenciais no ensino da química, transitando entre a linguagem diagramática e a discursiva, manteve-se como um postulado em nossas pesquisas. Como uma consequência dessa escolha verificou-se a necessidade de estudar a diagramaticidade, com bases teóricas na Filosofia da Química.

Palavras-chave: ensino de química; filosofia da química; linguagem diagramática; linguagem discursiva.

ABSTRACT

On the one hand, we see the chemical science, its beautiful history, concepts and theories that can lead to numerous questions, reflections and analysis, on the other hand, the reality reveals a teaching that, in most schools, prioritizes formulas, theories decontextualized, limited understanding models beside a curriculum requiring discussion and review, as well as a big unstimulated part of students. In this way, we believe that the chemistry of Philosophy can provide theoretical support for context, organization, systematization, understanding and didactic transposition of the contents. The development a Philosophy of Chemistry (PC) incorporated into the chemical teaching was not proposed and the curriculum of the course also continues without transmitting the pluralism that is, with chemical praxis is decontextualized history, the values, the pre-scientific and pre-chemistry. We consider the need of to evaluate problems in education and possibilities to establish a link between the philosophy of chemistry and education in chemistry searching for bibliography that provide subsidies for this insertion. The work began with bibliographic research on the philosophy of chemistry, its authors, discussion fields and perspectives. The problems in education that may benefit from the Philosophy of Chemistry, highlighted in the first articles were decisive for that new strategies could be achieved, and as an influence on the development of this research, is increasingly considered the value of investigating language used in the atom representation, fundamental concept in education in chemistry. To recognize the atom and molecule representation as essential in chemistry teaching, moving between the diagrammatic language and discourse, remained as a postulate in our research. As a consequence of this choice there is a need to study the diagrammaticidade with theoretical basis foundations in the Chemical Philosophy.

Keywords: chemistry teaching; philosophy of chemistry; diagrammatic language; discursive language.

APRESENTAÇÃO DA TESE

Esta tese está estruturada da seguinte forma: **Introdução**, composta de referencial teórico, justificando o principal objetivo da pesquisa; **Materiais e Métodos** integrais da pesquisa, expondo as semelhanças e diferenças entre os artigos. A **Metodologia**, os **Resultados**, as **Discussões** e as **Referências Bibliográficas** estão desenvolvidas ao longo de cinco capítulos, que correspondem aos artigos publicados (que foram os quatro primeiros) e ao artigo submetido para publicação (correspondente ao quinto capítulo). Os artigos estão expostos na formatação pela qual foram publicados. Em seguida, há uma **Discussão Geral**, fazendo correlação entre os artigos apresentados e suas conclusões. As **Referências Bibliográficas** que aparecem na Introdução e nas Discussões Gerais estão presentes no final da Tese.

SUMÁRIO

I INTRODUÇÃO	10
II OBJETIVOS.....	16
CAPÍTULO I.....	21
CAPÍTULO II	31
CAPÍTULO III	45
CAPÍTULO IV	59
CAPÍTULO V	68
V DISCUSSÕES GERAIS.....	94
VI PERSPECTIVAS.....	105
VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
VIII ANEXOS.....	111

I INTRODUÇÃO

Qual o verdadeiro objetivo da química nas escolas de ensino básico? Transmissão de conceitos, preparação para vestibular e ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), memorização de fórmulas? Os discentes sentem-se motivados a aprender química? A resposta para as duas questões é: “nem sempre”, tendo em vista diversas dificuldades visíveis na educação em química. Muitos docentes ensinam datas e resultados conceituais, perpetuam uma visão simplista, enfatizando resultados, conceitos e não o contexto. Assim, o componente curricular em questão é considerado “muito difícil”, “confuso” e “impossível de ser entendido” para os estudantes. Observamos também a precária visão histórico-filosófica dos professores de química; tendo pouco conhecimento sobre a observação na ciência, os processos e a natureza da ciência, em sua formação universitária.

Filósofos da química a consideram uma ciência criativa, indutiva, prática, histórica, relacional, diagramática, classificatória, um exemplo de ciência interdisciplinar e tecnocientífica, porém, o ensino de química hoje, na maioria das escolas, continua sendo dogmático, conservador, dedutivo, algorítmico (CHASSOT, 1993). A química que se ensina é distante da química que se pratica. Salientamos que utilizar o conhecimento escolar na intervenção da realidade é o objetivo principal das ciências, particularmente da ciência química, sendo que o ensino desta deve ter significado, estar ligado a fenômenos, para neles poder atuar e intervir ativamente. Segundo conjecturas de Echeverria (2001), o que a ciência transforma primeiramente, são as mentes e as condutas dos seres humanos, habituando-os a ver a realidade a partir da ciência e ensinando-lhes a manejar os instrumentos científicos básicos.

O interesse pela Filosofia da Química surgiu, ao iniciarmos o Mestrado na Universidad Tecnológica Nacional, em Buenos Aires e termos contato com a filosofia da ciência, e, posteriormente, iniciarmos as investigações sobre a Filosofia da Química e avanços nessa área. O questionamento inicial foi: por que, nos cursos de Licenciatura em Química, a filosofia é escassa? Não é importante, para o docente de química, a reflexão? Para ser um bom professor, é necessário saber apenas os conceitos, conhecer as teorias, a utilização das fórmulas? Não é necessário discutir com os discentes como se chegou ao

conhecimento químico? O que se quer afinal que o aluno aprenda? O que, e como o aluno deve aprender? Procuramos as respostas na Filosofia da Química.

Consideramos essencial para a formação do docente em química, o entendimento de que o saber científico mudou com o passar dos anos, e como a essência e a utilização desse conhecimento estão comprometidas pelos contextos sociais, morais, espirituais e culturais nos quais estão inseridas. Assim sendo, esta tese tem como inspiração e base conceitual as ideias de vários autores em relação ao conceito de Filosofia da Química e os avanços nessa área (Scerri 2007; Harré & Llored 2010; Labarca & Lombardi 2010; Earley 2010; Lombardi & Llored 2012; Araujo Neto 2012; Gavroglu & Simões 2012; Chamizo 2012; Restrepo & Villaveces 2012; Ribeiro 2012; Talanquer 2012). Durante o percurso de pesquisa e, tendo em vista as dificuldades vislumbradas na educação em química no ensino básico, consideramos a necessidade de avaliar problemas no ensino e possibilidades de constituir uma ligação entre a Filosofia da Química e a educação em química. Sob uma perspectiva filosófica, o propósito do trabalho é rediscutir o ensino da química, buscamos introduzir propostas de intervenção nas aulas de química dentro de um contexto mais amplo, que inclui ideias acerca da compreensão da estrutura do conhecimento químico. Foi um grande desafio, visto que, entendemos imediatamente após iniciarmos as pesquisas em referenciais teóricos e participar de encontros na área da educação, que a Filosofia da Química era vista como “área para filósofos químicos”, distante da prática da sala de aula. Sendo educadora química, como fazer, então, para evidenciar a importância de suas discussões no campo do ensino?

Sendo assim, fez-se necessário, primeiramente, um trabalho de escrutínio da Filosofia da Química: analisar a forma como tem sido construído esse campo na atualidade, os principais países, problemas e autores. Essa análise fez parte do primeiro artigo, intitulado “A integração da Filosofia da Química à educação em química”, que compõe o primeiro capítulo. Logo nas primeiras pesquisas, entendemos que química e filosofia tiveram pouco diálogo no século XX, devido ao interesse filosófico ter recaído sobre a física, sendo que muitos problemas do currículo e formação em química encontram-se aí contextualizados. Foi um trabalho árduo de pesquisa, já que permanecemos trabalhando 40 horas em escolas de rede pública municipal em diversas funções, tanto na docência como na gestão e, em alguns momentos, 60 horas na educação básica. Por esses fatores, atrelamos muito a pesquisa ao ensino e à realidade das escolas, pois consideramos que o educador/ pesquisador deve contribuir continuamente, através de suas pesquisas, para a

melhoria da educação. E concebemos que o avanço no ensino da química se dará quando sua história e filosofia forem consideradas e fizerem parte do currículo da educação básica.

Há um crescente interesse entre filósofos para a criação de um novo campo de Filosofia da Química (McIntyre, 1999; Scerri, 1999). A primeira Conferência Internacional de Filosofia da Química foi realizada em 1994. As reuniões anuais da American Chemical Society dedicam sessões para questões relacionadas à interação entre a química e a filosofia. A primeira edição da revista *Foundations of Chemistry*, dedicada à Filosofia da Química, foi publicada em 1999. Eric Scerri (2003) destaca a utilização de discussões filosóficas em questões educacionais, porém, lamenta que a filosofia, que fornece a análise mais sistemática dos modos de pensar, tem sido esquecida pelos químicos e que os docentes devem reforçar os conceitos filosóficos que contribuiriam para melhorar (ou piorar) o desenvolvimento da ciência química. Bachelard (2009)¹ destaca a ideia de que, muitos químicos, ao buscar uma visão geral da história de sua ciência, foram levados a livros de filosofia química. Mesmo em relação à química experimental, a reflexão é necessária. Segundo Bachelard,

“a reflexão também leva a multiplicar os pontos de vista e a fazer surgir de um dado, que parecia uniforme, os aspectos particulares, a exceção, o detalhe. Não podemos pensar o normal sem imaginar o anormal” (BACHELARD, 2009, p. 13).

Dando continuidade à pesquisa, buscamos respostas às questões que avaliamos como básicas do sistema pedagógico da química, em relação a princípios de seleção, organização e decisões curriculares: O que é química? Para quê? Onde? Como? Quando? Estas são perguntas que acreditamos organizarem o conhecimento considerado válido para integrar o currículo. Sendo assim, no segundo capítulo, denominado “A Filosofia da Química na formação dos professores de Química”, problematizamos o lugar da Filosofia da Química no campo do ensino de química. Primeiramente, abordamos as várias visões de química de diferentes profissionais: professores, estudantes, pesquisadores, técnicos e químicos. Posteriormente, caracterizamos as relações de diálogo entre Filosofia da Química

1

BACHELARD, Gaston, 1884-1962. O pluralismo coerente da química moderna. Tradução: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009. Tradução de “Le pluralisme cohérent de la chimie moderne”.

e currículo, bem como apontamos os problemas de ensino e aprendizagem, para, após, problematizarmos teoricamente e apresentarmos propostas para inserir a Filosofia da Química ao currículo.

Segundo Porto (2013), já na década de 30 do século 20 se entendia que o ensino de Química nas escolas não deveria priorizar apenas conteúdos: já havia nessa época a preocupação com a filosofia e a história da química. Hoje, a abordagem dos historiadores da ciência aponta para a contextualização de ideias, identificação de diferentes níveis superpostos de continuidade e ruptura em relação a ideias anteriores, as particularidades das interpretações das diversas fontes que contribuíram para o desenvolvimento da química, influências externas como: das artes, ofícios, da magia, impactos de natureza psicológica e social. Isso requer do docente uma formação e conhecimento que a Filosofia da Química, que, aliada à educação química, pode contribuir de forma significativa. Alguns filósofos da ciência já têm voltado seus olhos para a química há mais de um século. Porém, somente nos últimos dez anos, a mesma está sendo debatida e aplicada para entender o currículo e o ensino da disciplina. Essas ideias, bem como a procura da desejável visibilidade da química no contexto da filosofia da ciência estão no terceiro artigo, nomeado “Filosofia e história da química para educadores em química”.

De acordo com Scerri (2003), pesquisadores apontam vários equívocos em relação à compreensão de conceitos químicos por parte de estudantes, muitos deles causados por ambiguidades nas explicações abordadas em sala de aula, ou seja, devido à linguagem utilizada pelo professor. Podemos utilizar como exemplo, o conteúdo relacionado à natureza dos elementos químicos, que se constitui numa fonte rica de exemplos de filósofos empenhados em obter uma visão mais ampla dessas entidades científicas, mas que não são ressaltados nos livros didáticos e nas explicações dos docentes.

Além disso, compreendemos que a Filosofia da Química auxilia na tentativa de esclarecer o sentido de alguns termos, como a utilização do vocábulo “modelo”, comumente empregado no ensino das substâncias químicas. A química tem uma linguagem própria (Schummer, 2006; Goodwin, 2010, 2008), no que diz respeito aos modelos e à explicação estrutural, esta linguagem apresenta uma diagramaticidade e uma semiótica própria. Justi e Gilbert (2002) defendem a integração da Filosofia da Química com base na importância dos modelos na educação química. Segundo Adúriz-Bravo (2001) a linguagem e representação são um dos seis campos necessários para uma epistemologia da ciência na formação de professores. Alguns modelos utilizados em sala de aula causam confusões no

entendimento e não contribuem para a construção do conhecimento. De acordo com Justi (2013), esta constatação é preocupante, considerando a natureza do conhecimento químico e a maioria dos docentes terem se graduado em cursos de química. Se os próprios educadores não sabem o significado de “modelo” e não têm clareza sobre o papel da modelagem no ensino, como podem ensinar química de forma ampla e autêntica?

Desse modo, observamos a crescente necessidade de haver uma reflexão sobre a modelagem utilizada em sala de aula, com alicerces na Filosofia da Química, a fim de prevenir de mal-entendidos que possam resultar, segundo Justi (2013), tanto na não compreensão de importantes conceitos químicos quanto na visão de que química é uma disciplina confusa e impossível de ser aprendida.

Tais constatações foram decisivas para que novas estratégias pudessem ser alcançadas, e como uma influência no desenvolvimento desta pesquisa, consideramos cada vez mais o valor de se investigar a atividade de Representação de Átomo, um conteúdo de imensa importância no currículo e que, muitas vezes, não é entendido corretamente pelos estudantes. Reconhecer a representação de átomo e molécula como um processo que envolve reflexões filosóficas, ou como uma soma de processos, tornou-se um postulado em nossas investigações. Como uma consequência dessa escolha, verificamos a necessidade de estudar a noção de representação, com bases teóricas na Filosofia da Química (FQ).

Construir as principais bases, categorias desse campo, a partir das relações de cooperação que podem ser estabelecidas entre a educação em química e a filosofia da química, tendo por base o conceito de diagramaticidade, ou seja, as representações no ensino de química. Conhecer a epistemologia do termo representação, para, depois trabalhar com estudantes em sala de aula.

Nossa pesquisa iniciou, pois, a articulação ao ensino, tendo em vista as dificuldades dos alunos em transitar, da linguagem diagramática (desenho) para a linguagem discursiva (conceito), e por acreditar que a transição entre as duas linguagens é um indicador de um profundo conhecimento no referido componente curricular. Dentro do contexto da diagramaticidade, elaboramos quatro categorias para analisar as representações em química. Essa investigação compõe o quarto capítulo: “Interconexão entre a linguagem diagramática e discursiva: um indicador de aprendizagem em química”.

Iniciamos, em março de 2015, com cinco turmas de ensino médio politécnico e de educação de jovens e adultos (EJA), num total de setenta e três alunos, de uma escola estadual, um trabalho que buscou integrar a FQ à educação em química, onde desenvolvemos uma pesquisa com discentes, a partir do desenho de átomo por um aluno e elaboração de um conceito de átomo por outro estudante, tendo por base o desenho realizado pelo colega. Após a pesquisa inicial, realizamos um trabalho com bases teóricas na Filosofia da Química. A investigação teve como objetivo avaliar mudanças relacionadas à linguagem diagramática e discursiva na representação de átomos pelos alunos. Os resultados e discussões encontram-se no quinto artigo, nomeado “Átomo, representação e Filosofia da Química: caminhos para a transição da linguagem diagramática para a discursiva”.

Acreditamos que a educação química necessita de discussões filosóficas, igualmente, para que sejam possíveis definições claras acerca dos níveis de linguagem, discursos, natureza da explicação, importância dos modelos e esclarecimento de conceitos. Chassot (2003) aponta que

(...) buscar ver como se enraíza e é enraizada a construção do conhecimento é cada vez mais uma necessidade para que possamos melhorar nossa prática docente. Esta passa a ser uma exigência importante para que melhor possamos entender os conhecimentos que transmitimos (CHASSOT, 2003, p. 272).

Introduzir a Filosofia da Química como objeto de conhecimento, a fim de transportá-la à formação de docentes, atribuindo-se à mesma um valor intrínseco como justificativa da ciência a ensinar, ou seja, usando a Filosofia da Química como instrumento para o ensino, pode trazer inúmeras contribuições à educação em química. São inumeráveis as aplicações da filosofia de uma ciência que podem contribuir para o melhor entendimento da mesma. De acordo com Chassot (2013), parte das tarefas de um docente é ajudar a formar um pensamento crítico que possibilite aos alunos distinguir as “verdades” de “falácias” e privilegiar conteúdos que possibilitem uma melhora na qualidade de vida. Maldaner (2008) assinala que há um conhecimento específico para a constituição do educador químico, assim como há um conhecimento que forma um químico. Sendo assim, acreditamos que discussões filosóficas são essências na formação desse educador químico. Segundo Maldaner,

“(…) é um conhecimento que possibilita a compreensão, por parte das novas gerações, do significado da química na sociedade contemporânea. Isso é algo muito mais amplo do que identificação e interpretação de símbolos químicos e, mesmo, do que o saber técnico de produzir e transformar materiais” (MALDANER, 2008, p. 270).

Nos cursos de Licenciatura em Química também visualizamos docentes que realizam seus mestrados e doutorados em áreas tão específicas, que se distanciam de preocupações epistemológicas e pedagógicas relacionadas à formação de professores (SCHNETZLER, 2013). De acordo com Abreu e Lopes (2013), a luta pela melhoria da qualidade no ensino de química nas escolas envolve também a luta pelo seu espaço disciplinar, seus recursos e seu discurso acadêmico. Envolve defender, também, a formação de educadores químicos para efetuarem as mudanças necessárias para o ensino de química nas escolas. Ser um bom docente de química não envolve apenas saber o conteúdo dos livros didáticos, mas saber transmitir, transitar entre linguagens, conhecer os contextos em que as teorias foram desenvolvidas e conhecer a realidade em que os educandos estão inseridos.

II OBJETIVOS

Esta tese tem por objetivo geral situar as discussões em Filosofia da Química, autores, dificuldades e contribuições, buscando aproximar e integrar a Filosofia da Química ao ensino da química, no que diz respeito à diagramaticidade, campo de estudo da FQ.

Os objetivos específicos, expressos em cada artigo (capítulo), são:

- I- Investigar os diferentes modos de integração da Filosofia da Química ao ensino da química nos diversos países (Capítulo I).
- II- Problematizar o lugar da Filosofia da Química no campo do ensino de química (Capítulo II);
- III- Delinear atividades para inserir e articular a química à Filosofia da Química (Capítulo III);

- IV- Analisar a interligação entre a linguagem discursiva e a linguagem diagramática, campo da Filosofia da Química, como um fator importante da aprendizagem (Capítulo IV);
- V- Avaliar mudanças na linguagem diagramática e discursiva dos estudantes, após um trabalho pautado na diagramaticidade, com bases conceituais na Filosofia da Química (Capítulo V).

III METODOLOGIA

A pesquisa na área de Filosofia da Química apresenta dificuldades próprias que nos remetem a desafios e limitam parcialmente escolhas metodológicas. Segundo Ribeiro (2014), a problematização da Filosofia da Química já compõe um quadro teórico de discussões, mas sua apropriação ao contexto do ensino é pouco discutida. A metodologia será definida na explicitação de um percurso de construção, um processo dialógico, no qual se identificam os contributos essenciais para a construção de proposições curriculares, quer com base na literatura científica das áreas em discussão, quer com base na interação (conversas informais, encontros, apresentações) com especialistas e profissionais da prática.

Concordamos com Ribeiro (2014), em relação à argumentação de que nossa posição teórica e metodológica é exatamente fazer emergir perspectivas epistemológicas, filosóficas e pedagógicas da exploração do próprio campo, na organização teórica dessa área. Nossa investigação iniciou com abordagem qualitativa (BOGDAN; BIRKLEI, 1987), pois focou no próprio processo de construção do conhecimento como uma dimensão importante. Foram coletados dados bibliográficos, principalmente através de artigos das revistas *Foundations of Chemistry* e *Hyle*, artigos publicados nos anais do ENEQ (a partir de 2012) e EDUQUI (a partir de 2005). Identificamos o campo disciplinar da FQ, seus autores, discussões e expectativas, para, posteriormente, buscar respostas para a área do ensino de química. Isso exigiu estudo de áreas específicas da química, filosofia e educação. Nesse sentido, nossos objetivos teóricos estão além da filosofia e epistemologia da ciência.

Construímos nossa metodologia a partir da maturidade no entendimento da relação entre a FQ e o ensino, pois, foi analisando e construindo essas relações, que fomos

delineando as bases metodológicas da pesquisa. Posterior aos estudos sobre FQ, iniciamos a busca pela inter-relação ao ensino de química nas escolas e na formação de docentes na área.

Dessa maneira, realizamos, com cinco turmas de ensino médio politécnico e de educação de jovens e adultos (EJA), num total de 73 alunos de uma escola estadual, um trabalho que buscou integrar a FQ à educação em química. A escola está localizada no município de Carlos Barbosa, no Rio Grande do Sul, onde assumimos a regência de classe, através de um contrato temporário, de cinco turmas, sendo três do ensino médio politécnico e duas de EJA.

A ideia iniciou com a solicitação da docente aos estudantes, logo no primeiro dia de aula, de um desenho que representasse um modelo de átomo. Após esse momento, os discentes trocaram entre si as representações, e solicitou-se que criassem uma definição de átomo a partir dos desenhos de átomo. Outro grupo desenvolveu uma descrição de átomo, sendo que outra parcela da turma criou um desenho de átomo, a partir das descrições. Dentro do contexto da diagramaticidade em química, elaboraram-se quatro categorias que foram utilizadas para a análise dos dados. Após esse momento, desenvolveu-se um trabalho com os discentes, de março até junho, com representações de átomos e moléculas, em sala de aula, sendo que, cada estudante escolheu uma molécula de seu interesse, realizou pesquisa bibliográfica sobre a mesma, representou-a de três maneiras diferentes e apresentou-a. Depois, realizou-se novamente a pesquisa do desenho e explicação do conceito de átomo. Essa etapa do trabalho, em suma, seguiu o seguinte caminho metodológico:

- (i) Desenvolver dados bibliográficos sobre a filosofia da diagramaticidade; apresentar algumas considerações bibliográficas dadas ao significado do vocábulo representação, de como as imagens podem levar os indivíduos a estabelecer ou não relações significativas com o meio externo, sobre reflexões que consideram a influência da ontologia na relação entre representante e representado. O recurso utilizado neste eixo da metodologia volta-se para questões presentes em pesquisa na área (Peirce, 2005; Labarca, Bejarano & Eichler, 2013; Araujo Neto, 2012; Ribeiro 2012; Justi, 2013; Johnstone, 1993; Saviani, 1994).

- (ii) Analisar os dados da pesquisa junto a alunos do ensino médio, no que diz respeito à transição da linguagem diagramática para a discursiva, após o trabalho relacionado à representação, em sala de aula.

Nesta tese também identificamos o mapa/diagrama como instrumento, não só metodológico e operativo, mas também comunicativo, expressivo e organizacional. Como mencionado anteriormente, a tese aborda a diagramaticidade. Uma das principais características da diagramaticidade é integrar perspectivas conflitantes das grandes polarizações sujeito/objeto, teoria/empíria, ciências naturais, ciências históricas (RIBEIRO, 2014).

IV ARTIGOS

CAPÍTULO I

Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX
ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013

A integração da filosofia da química à educação em química

The integration of the philosophy of chemistry in chemical education

Débora Schmitt Kavalek

PPG Educação em Ciências- Química da vida e saúde
(UFRGS). quimicadebora@hotmail.com

Marcos Antonio Pinto Ribeiro

Departamento de Química e Ciências Exatas (UESB) - Universidade de
Lisboa. marcolimite@yahoo.com.br

Duarte Costa Pereira

Departamento de Química e Bioquímica da Universidade do
Porto/Portugal. dcpereir@fc.up.pt

Simone Barreto

Departamento de Química e Ciências Exatas (UESB).
Simonnebarreto@yahoo.com.br

Resumo

Observam-se inúmeros equívocos e ambiguidades no ensino da química, muitos ocasionados por confusões filosóficas por parte dos docentes. A educação em química pode ser beneficiada com e ter mais legitimidade e contextualização, através da inclusão da filosofia da química ao currículo. Este trabalho busca analisar a forma como tem sido construído o campo disciplinar da filosofia da química, os principais países, problemas e autores. Através de pesquisa bibliográfica, investigaremos os diferentes modos de integração da filosofia da química ao ensino da química nos diversos países.

Palavras chave: filosofia da química, ensino, química.

Abstract

We observed numerous misunderstandings and ambiguities in the education of chemistry, many caused by philosophical confusion on the part of teachers. Education in

chemistry can be benefited with and have more legitimacy and context by including the philosophy of chemistry to the curriculum. This paper seeks to examine how it has been built the disciplinary field of philosophy of chemistry, the main countries, problems and authors. Through literature search, investigate the different ways of integrating the philosophy of chemistry to chemistry teaching in different countries.

Key words: philosophy of chemistry, education, chemistry.

Importância da filosofia da química

Química e filosofia tiveram pouco diálogo durante o século XX. Entendemos que muitos problemas do currículo e formação em química encontram-se aí contextualizados. Isso gera problemas de consenso, diálogo e comunicação entre os vários discursos no ensino em química. Por exemplo, filósofos da química defendem-na como uma ciência criativa, indutiva, prática, histórica, relacional, diagramática, classificatória, um exemplo de ciência interdisciplinar e tecnocientífica. Em contrapartida, seu ensino é dogmático, conservador, dedutivo, algorítmico. A química que se ensina é distante da química que se pratica. A prática química é hegeliana, o ensino é kantiano. Berkel (2005) identifica o currículo de química como isolado externamente e rígido internamente, caracterizado por uma orientação filosófica não explícita, e, implicitamente, orientado por uma filosofia e pedagogia reducionista. Isso faz o sistema pedagógico da química transmitir tacitamente as especificidades epistemológicas.

Há necessidade de um trabalho de escrutínio próprio da filosofia da química, na busca das respostas às questões básicas do sistema pedagógico da química em princípios de seleção, organização e decisões curriculares. O que é química? Para quê? Onde? Como? Quando? São perguntas que organizam o conhecimento considerado socialmente válido para integrar o currículo. Assim, se pensamos em um sistema pedagógico com caráter emancipatório e crítico, necessitamos uma maior atenção à sua filosofia ao formar os professores; contribuir com uma teoria do ensino (estruturas sintáticas e substantivas, estrutura dos conteúdos, transposição didática) bem como a maturidade profissional e organização dos saberes docentes. Para estes contextos, a relação entre filosofia e química deve ser problematizada, escrutinada, mapeada, cartografada. A isso fazemos uma primeira aproximação dando atenção à maneira de sua criação nos diferentes países e principais problemáticas.

Por exemplo, a construção de um conceito em química requer estabelecer os dados primários (experimentos), a interpretação de leis, relações e comparações e qual o modelo usado para explicar o fenômeno. É habitual o educador não considerar estes aspectos e ponderar como dado primário o modelo ou a teoria, sem nenhuma história ou nenhuma conexão com a prática. Observam-se, inclusive, inúmeros equívocos em relação à explicação dos conceitos, principalmente dos microscópicos, em que lhes são conferidas características macroscópicas, como: ‘átomos de ferro ter brilho ou serem duros’; ‘átomos de líquidos serem maleáveis’; ‘átomos que se fundem ou evaporam’; ‘elétrons que caminham’; a crença de que ‘entre partículas de um gás tem ar’; concepção de que a ‘camada eletrônica serve para cobrir o átomo’; a ‘reação de neutralização é entendida como atingir uma solução neutra’ e muitas outras imprecisões. Uma aproximação a problemas da filosofia da química faz-se necessário.

Químicos filósofos da Europa e filósofos químicos do USA: O centro do debate

A filosofia da química ainda é uma disciplina essencialmente americana e europeia. Dos países sul-americanos, apenas a Argentina e Colômbia, na figura dos pesquisadores Martin Labarca, Olimpia Lombardi e Andres Bernal Daza, Guillermo Restrepo, mostram contribuição significativa. A revista *Hyle* tem grande apoio da Alemanha, França e da Itália, os quais têm fraca contribuição na revista *Foundations of Chemistry*. A *Foundations of Chemistry* tem importante contribuição dos USA e Reino Unido. Isto parece reafirmar o mapa da distribuição do conhecimento científico entre os centros e periferia do sistema mundial da ciência, tendo os USA ainda como centro principal, a Alemanha como centro importante e outros países como periferia.

A filosofia da química é uma disciplina construída essencialmente por universidades, tendo apenas na França a participação de instituições do governo no cenário. Filósofos da química estão em sua grande maioria vinculados à área da filosofia e da química, sendo na revista *Foundations of Chemistry* mais da área de química e na *Hyle* mais de Filosofia. Boa parte não tem formação em filosofia, sendo químicos que trabalham com filosofia após o mestrado ou doutorado.

No Reino Unido, a maioria dos filósofos químicos vem da filosofia. Na França, contudo, há um equilíbrio, representado principalmente pelos pesquisadores Bernadette Bensaude-Vincent e Pierre Laslzo, com a grande maioria dos artigos publicados, e, mais recentemente, muitos trabalhos de Jean Pierre Llored principalmente sobre mereologia química. Na Alemanha há uma variedade maior de investigadores que vem principalmente das áreas da Filosofia. Um dos principais são os professores Joachim Schummer, Klaus Ruthenberg e Nicos Psarros. Um dado interessante é da Itália onde os pesquisadores são essencialmente químicos e vinculados à área de química orgânica. Neste país não há filósofos de formação.

Filosofia da química na América Latina

O debate da filosofia da química já é forte em países como a Argentina, Colômbia, México, Venezuela e Uruguai. Na Argentina temos a presença de autores importantes da filosofia da química com os professores Olimpia Lombardi (Conicet), Martim Labarca (Conicet) e Agustín Adúriz-Bravo (UBA). Os autores Martim Labarca e Olimpia Lombardi publicaram um importante artigo (Lombardi & Labarca, 2005). Este artigo propõe o pluralismo ontológico como uma possibilidade limite da autonomia da química frente às outras ciências. Olimpia Lombardi tem continuado o debate inserindo outros autores, principalmente Prigogine (Lombardi, 2012) e no trabalho Lombardi & Llored (2012) trabalha as diversas formas de pluralismo ontológico da química.

Na Colômbia tem-se a participação dos investigadores Guillermo Restrepo (Los Andes) e Andres Bernal Daza (Los Andes). Estes professores, além de organizarem dois encontros da ISPC, são atuantes do debate. Guillermo Restrepo trabalha com a fundamentação matemática da química, principalmente com a matemática da tabela periódica (Restrepo & Pachón, 2007; Restrepo & Villaveces, 2012). Foi editor da edição especial da revista *Hyle* sobre química e matemática e integrante do III Congresso Internacional sobre a Tabela Periódica. Escreveu também um importante artigo integrando o sistema filosófico de Leibniz e a química (Restrepo & Villaveces, 2012). Andres Bernal, também do grupo de química teórica, trabalha com a matematização química utilizando-se da noção de relações (Bernal & Daza, 2010). No Uruguai há um grupo de discussão sobre filosofia da química. No México o professor Antonio Chamizo tem-se destacado em participação dos congressos da ISPC e publicado o artigo *Technochemistry: One of the Chemists' ways of knowing* (Chamizo, 2012). Neste artigo o autor defende a química como uma tecnociência.

Filosofia da química em português: o viés pedagógico no Brasil

Em Portugal existe um artigo publicado na última edição da revista *Hyle* sobre os fundamentos matemáticos da química (Gavroglu & Simões, 2012). Também o investigador Sebastião Formosinho dedica um capítulo no livro 'Os bastidores da ciência- 20 anos depois' (Formosinho 2007) à filosofia da química. Este investigador tem aproximado Michael Polanyi para trabalhar a temática do conhecimento tácito na ciência e na química. Desenvolve a partir daí uma filosofia heurística. O professor Antonio Carlos Amorin igualmente trabalha com esta temática.

A disciplina filosofia da química foi inserida no currículo do programa de mestrado em filosofia e história da ciência da Universidade de Lisboa, mas nunca chegou a ser oferecida por falta de profissionais habilitados para tal. Duarte Costa Pereira desenvolve a temática em suas disciplinas de mestrado e apresentou um trabalho na SPQ (Costa Pereira, 1995).

No Brasil, que tem a segunda maior comunidade de químicos no mundo, a filosofia da química apresenta pouca representação. Encontramos apenas alguns autores como Rosária Justi & Gilbert (2002) e, recentemente, um artigo de Andrade Martins (2012) publicado na revista *Foundations of chemistry*. Também o pesquisador Nelson Bejarano (UFBA) fez seu pós doutoramento com a temática da filosofia da química, investigando o problema do reducionismo. Em várias teses de doutorado e mestrado tem sido referidas produções da filosofia da química, mas sem ser foco principal. Apenas no 16º e no 17º Congresso de Filosofia da Química houve a participação de investigadores brasileiros. Foram apresentados os trabalhos *Proposal for integrating philosophy of chemistry in the curriculum* (Ribeiro & Costa Pereira, 2011) e o trabalho *Philosophy of chemistry*, no Encontro Nacional de Química como fundamentos de seu currículo *Encontro Nacional de chemistry as foundations of its curriculum* (Ribeiro & Costa Pereira, 2012).

Nos programas de pesquisa em nível de mestrado e doutorado em áreas de ensino de ciências, no Brasil, tem-se um vazio nesta discussão. Em eventos do ensino de química, somente no ano de 2005 foi discutido este tema no VII EDUQUI (Encontro de Educação em Química), e durante as reuniões do ENEQ (Encontro Nacional de Ensino de Química), somente no ano de 2012 tem explicitado esta temática na agenda do congresso. Neste evento, foram lançados os elementos de um novo subcampo de investigação no ensino de química no Brasil. Contou com a participação dos investigadores Martin Labarca (Conicet), Ronei Clecio, Waldimir Araujo-Neto (UFRJ), Nelson Rui Ribas Bejarano (UFBA) e Marcos Antonio Pinto Ribeiro (UESB).

A manifestação de maior relevância aconteceu no primeiro Congresso de Filosofia da Química (PHILCHIM), nos dias 01 a 03 de Dezembro de 2011 por coordenação do professor Waldimir Araujo-Neto (URFJ) na UFRJ. Neste evento houve a participação dos professores Nelson Rui Ribas Bejarano (UFBA) que trabalhou com o tema da redução da química. Waldimir Araújo-Neto (UFRJ), que ministrou um minicurso, Joachim Schummer (Karsruhe) que trabalhou com a temática da ética em química e Olimpia Lombardi (CONICET-Argentina) que trabalhou com tema da ontologia da química. O objetivo deste congresso era aproximar a filosofia da química ao ensino de química. Contou com a participação de 20 pessoas.

O XIV ENEQ, (Encontro Nacional de Ensino de Química) que ocorreu nos dias 17 a 20/07/2012, introduziu explicitamente a temática da filosofia da química como um dos temas do seu congresso. Ocorreu uma mesa redonda com tema Filosofia da química e ensino de química, composta por Ronei Clécio Mocellin que abordou o tema Filosofia da química e a filosofia da ciência, Martin Labarca (CONICET) debatendo o tema Crítica filosófica ao triângulo de Jonhstone e por Waldimir Araujo-Neto (UFRJ) que tratou do tema representação e estrutura. Nesta mesa tratou-se do tema emergente filosofia da química; a química como uma ciência subversiva, do artificial, que cria seu próprio objeto de estudo e que foi tida durante muito tempo como a ciência que não cria problemas filosóficos.

Também foi apresentado um minicurso com o tema: filosofia da química como um fundamento do ensino de química. Neste curso pretendia-se pensar a filosofia da química no ensino de química. No mesmo congresso igualmente foram apresentados outros três trabalhos (Ribeiro & Bejarano, 2012; Ribeiro et al, 2012), onde ficou explícito a criação desta nova

Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX
 ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013
 subárea de investigação no ensino de química. E de forma ainda implícita, a busca de definir
 linhas de força para uma filosofia do ensino de química.

Quanto à literatura, ainda não há trabalho em revistas especializadas em ensino de ciências e ensino de química, no Brasil, que integre esta temática. Um bom exemplo é um livro publicado recentemente sobre formação superior de química no Brasil (Echeverría et al., 2010) em que não há referência alguma sobre a filosofia da química. Como explicar que uma comunidade tão grande de químicos, como a brasileira, dê tão pouca importância a um debate já instalado em nível internacional? E, ao mesmo tempo, como explicar que a comunidade de educadores químicos busca superar a racionalidade técnica sem uma importância à filosofia, mas sim à pedagogia? Uma resposta a esta pergunta deve estar contextualizada, obviamente, num problema curricular. Primeiramente a um problema da teoria curricular no Brasil e segundo ao currículo de química. Embora este problema seja de importância central e mesmo fundamental, não poderá ser abordado aqui. Intuímos que este problema deva estar relacionado a fatores como a influência tecnicista das teorias de currículo no Brasil; o currículo disciplinar e técnico; a ausência da disciplina de filosofia do currículo do ensino médio, somente retomado em 2008 e a características da sociedade brasileira como a atenção demasiada à política e ao pragmatismo.

Problemas estruturantes e transversais da filosofia da química

A procura da desejável visibilidade da química no contexto da filosofia da ciência tem orientado um programa mínimo e inicial da pesquisa em filosofia da química:

Problemas	Problemas associados
Ontologia da química	Tipos naturais, referência, sistema de classificação, propriedades materiais e organizações das redes de relações, periodicidade (Schummer, 2006; Harré, 2005)
Conceituação e representação	Linguagem icônica e diagramática; modelos; à explicação estrutural; dualidade e circularidade dos conceitos. (Schummer, 2006; Goodwin, 2003, 2008, 2010).
Questões fundacionais	Axiomatização da tabela periódica; teoria dos grupos; simetria e topologia (Schummer, 2006; Earley, 2004, 2006a, 2011)
Relação com física e biologia	Reduccionismo/emergentismo/pluralismo; autonomia da química; ciência de serviço.

Figura 5: Tabela das principais linhas de pesquisa no início da filosofia da química. Fonte: Schummer, 2006

Um primeiro grande tema de pesquisa é sobre a metafísica das entidades e a materialidade dos objetos da química (Harré & Llored, 2010; Needham, 2002). Quais são os objetos básicos de estudo da química? Não podem ser moléculas, pois existem substâncias iônicas, também não podem ser as substâncias puras, pois existem muitas substâncias que não podem ser isoladas e só existem artificialmente. São observáveis ou não? São tipos naturais? São redutíveis? As entidades químicas têm sido caracterizadas por uma grande polissemia. Existe sal na água do mar? É o problema que Earley (2005) discute. Estritamente falando não podemos afirmar que exista NaCl no mar, quando muito podemos falar em íons de Cl⁻ e Na⁺ dissolvidos. Também, neste âmbito, corresponde à discussão acerca do estatuto ontológico e epistemológico de conceitos como elemento, átomo, molécula e dos conceitos relacionados à estrutura e fase. Para Seco et al. (2008), em relação aos elementos químicos, também há o

problema da referencialidade e da organização dos sistemas de classificações (Lefèvre, 2011) e o sistema periódico em química. Alguns artigos nesta área buscaram pensar principalmente através de Kant (Ruthenberg, 2009) e Aristóteles (Needham, 2002; Harré & Llored, 2010). A química de Lavoisier utiliza o conceito empírico e operacional de substância. A química atual usa um conceito de elemento inobservável, havendo assim, uma transferência de entidades nominais para entidades reais (Harré & Lorred, 2010). De um contexto aristotélico para um platônico (Schummer, 2006); de um contexto descrito, empírico para um explicativo e idealizado, racional e teórico; da química descritiva para a química teórica.

Também tem sido discutido o realismo em química. Por ser a química uma ciência primordialmente sobre transformações de substância, do estudo de propriedades materiais, com um conhecimento notadamente voltado para ação e intervenção, filósofos da química tem-na caracterizado por um realismo operativo (Bensaude-Vincent, 2009) e por um realismo prático e contextual (Vihalemm, 2007).

A centralidade e o significado da conceptualização desta materialidade é outro tema de investigação. A química tem uma linguagem própria (Schummer, 2006; Goodwin, 2010, 2008), principalmente no que diz respeito aos modelos e à explicação estrutural, esta linguagem apresenta uma diagramaticidade e uma semiótica própria. Os conceitos centrais da química apresentam algumas características: dualidade como ácido/base, nucleófilo/eletrofílico, fraco/forte, eletronegativo/eletropositivo e circularidade, como por exemplo, para definir o que é ácido é necessário definir o que é base.

Os modelos e as representações têm sido um tema de estudo em edições especiais da revista *Hyle*. A principal característica é a sua polissemia. Existem muitos modelos macro para uma só estrutura micro, como existem estruturas micro sem uma correspondência de um modelo macro, bem como o nível macro não pode ser suficientemente representado por uma única estrutura. Também tem sido discutida a iconicidade, a relação entre visualização e a estética dos modelos em química.

A natureza e o lugar da teoria e as questões fundacionais em química tem sido outro tema de investigação (Schummer, 2006; Earley, 2004): É possível a axiomatização da tabela periódica? Qual a matemática fundacional da fenomenologia química? A teoria dos grupos, topologia, simetria, teoria dos sistemas? Um último tema tem sido a relação da química com a física e a biologia e cruza com o problema da autonomia da química, que tem ocupado muitos filósofos da química.

Conclusão

A filosofia da química pode levar à compreensão da estrutura química, um entendimento mais abrangente das questões formuladas, a reflexão sobre a prática, auxiliando a esclarecer o sentido de alguns termos. A educação química necessita de discussões filosóficas, para ser possível uma aceção clara em relação aos níveis de linguagem e discursos, natureza da explicação e importância dos modelos, clarificação de conceitos e especificação de uma didática. É nesse contexto que a filosofia da química faz-se urgente e pode fornecer subsídios teóricos para contextualizar as explanações, tornando o ensino de química significativo e real, visto que os docentes precisam de instrução, de esclarecimento conceitual.

Referências –

BENSAUDE-VINCENT, B. Chemistry in the French tradition of philosophy of science:

Duhem, Meyerson, Metzger and Bachelard. **Studies in history and philosophy of science**, Vol.36, n.4, 2005, pp.627–848.

BERNAL, A. & DAZA, E. E. On the epistemological and ontological status of chemical relations. **HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. n.2, 2010.

CHAMIZO, J. A. **Technochemistry. One of the chemists' ways of knowing** (prelo), 2012.

COSTA PEREIRA, D. **Epistemologia da química e estrutura e lógica dos seus discursos, química**. SPQ, Lisboa, 1995.

EARLEY, J. E. Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? **Foundations of Chemistry**, Vol. 6, 2004, pp.137–160.

EARLEY, J. E. Why there is no salt in the sea. **Foundations of Chemistry**, Vol.7, n.1, 2005, pp. 85–102.

EARLEY, J. E. Some philosophical influences on Ilya Prigogine's statistical mechanics. **Foundations of Chemistry**, Vol. 8, n.3, 2006a, pp. 271–283.

EARLEY, J. E. **Three concepts of chemical closure and their epistemological significance**. [Http://philsci-archive.pitt.edu/5565/](http://philsci-archive.pitt.edu/5565/), 2011.

FORMOSINHO, S. **Nos bastidores da ciência: 20 anos depois**. Editora Universidade de Coimbra, 2007.

GAVROGLU, K. & SIMÕES, A. From Physical Chemistry to Quantum Chemistry: How Chemists Dealt with Mathematics. **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. 18, n. 1, 2012, pp.45-68.

GOOD, R. J. Why are chemists 'turned off' by philosophy of science? **Foundations of Chemistry**, Vol.1, n.2, 1999, pp.65-95.

GOODWIN, W. M. Explanation in organic chemistry. In: **annals of the New York academy of sciences, 988 (chemical explanation: characteristics, development, autonomy)**, 2003, pp. 141–153.

GOODWIN, W. M. Structural formulas and explanation in organic chemistry. **Foundations of Chemistry**, Vol.10, n.2, 2008.

HARRÉ, R. & LLORED, J. Mereologies as the grammars of chemical discourses **Foundations of Chemistry**, Vol. 13, n.3, 2010.

HARRÉ, R. Chemical kinds and essences revisited. **Foundations of Chemistry**, Vol.7, 2005, pp. 7–30.

LEFÉVRE, W. Viewing chemistry through its ways of classifying. **Foundations of Chemistry**, Vol.13, n.3, 2011.

LOMBARDI, O. & LABARCA, M. The ontological autonomy of the chemical world. **Foundations of Chemistry**, Vol. 7, 2005, pp.125–148.

LOMBARDI, O. & LLORED, J. Multiples way pluralism in chemistry. In: **ISPC-International Society for the Philosophy of Chemistry - Summer symposium**. Leuven, Bélgica, 2012.

LOMBARDI, O. Prigogine and the Many Voices of Nature. **Foundations of Chemistry**, Vol. 14, n. 3, 2012, pp. 205-219.

MARTINS, R. A. The rise of magneto chemistry from Ritter to Hurmuzescu. **Foundations of Chemistry**, Vol.14, n.2, 2012, pp. 157-182.

NEEDHAM, P. **Pierre Duhem, mixture and chemical combination, and related essays.** (translated and edited, with an introduction by p. Needham). Dordrecht: Kluwer, 2012.

RESTREPO, G. & VILLAVECES, J. Mathematical Thinking in Chemistry. **Foundations of Chemistry**, Vol. 18, n. 1, 2012a, pp. 3-22.

RESTREPO, G. & PACHÓN, L. Mathematical Aspects of the Periodic Law. **Foundations of Chemistry**, Vol.9, n.2, 2007.

RESTREPO, G. & VILLAVECES, J. Chemistry, a Lingua Philosophic. **Foundations of Chemistry**, Vol.13, n.3, 2012, pp. 233-249.

RIBEIRO, M. A. P. & COSTA PEREIRA, D. Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. **11 international IHPST e Greek History, Philosophy and Science Teaching-**Thessaloniki, Grecian, 3-6 July,2011.

RIBEIRO, M. A. P. & COSTA PEREIRA, D. Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. **Science & Education, online**, first, 7 January, 2012.

RUTHENBERG, K. Paneth, Kant, and the Philosophy of Chemistry. **Foundations of Chemistry**, Vol.11, n.2, 2009.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações.** 10. Ed., 2008.

SCERRI, E. **The Periodic Table: Its Story and Its Significance.** Oxford University Press, New York, 2007.

SCERRI, E. Reduction and emergence in chemistry—two recent approaches. In: **Proceedings of the PSA 2006 Meeting, Philosophy of Science**, Vol.74, 2007a, pp. 920–931.

SCHUMMER, J. The chemical core of Chemistry: A conceptual approach. **Hyle, International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. 4, n.1, 1998, pp.129–162.

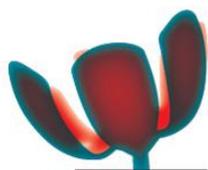
SCHUMMER, J. The philosophy of Chemistry: From infancy towards maturity. In: Davis Baird, Eric Scerri & Lee Macintyre (Eds.). **Philosophy of Chemistry: Synthesis of a new discipline** (Boston studies in the philosophy of science, vol. 242), Dordrecht: springer, 2006, pp. 19-39.

SECO, M., ALVAREZ, S. & SALES, J. On books and chemical elements. **Foundations of Chemistry**, Vol. 10, n.2, 2008, pp.79-100.

VIHALEMM, R. Philosophy of Chemistry and the image of science. **Foundations of science**, Vol.12, n.3, 2007, pp.223–234.

CAPÍTULO II

Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación



**CONGRESO
IBEROAMERICANO**
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

**CONGRESSO
IBERO-AMERICANO**
DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVEMBRO 2014

A Filosofia da Química na formação dos professores de Química

KAVALEK, D S., Ribeiro, M A Pinto, Souza,Diogo O. G., Del Pino, J. C.

A Filosofia da Química na formação dos professores de Química

Débora Schmitt Kavalek, José Cláudio Del Pino, Diogo Onofre Souza e Marcos Antônio Pinto Ribeiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil,
Universidade Estadual da Bahia, Brasil.

Emails: quimicadebora@hotmail.com, delpinojc@yahoo.com.br,
diogo@ufrgs.br e marcolimite@yahoo.com.br.

Resumo: O ensino da química em muitas escolas prioriza a memorização de fórmulas e teorias descontextualizadas, modelos de limitada compreensão, levando à interpretação equivocada de fenômenos e conceitos. Tais fatores vêm gerando diversos problemas no ensino da química. Nesse sentido, a filosofia da química pode fornecer subsídios teóricos para uma contextualização dos conteúdos. Surge a necessidade, pois, de se inserir e articular a química à filosofia, introduzindo, entre outras atividades, o debate sobre: modelo, lei, teoria e representação; método científico; observação na ciência; os aspectos filosóficos da história da química; exemplos de contextos da química e trabalho dos químicos; discussões sobre a química e a filosofia, para humanizar a ciência e aproximá-la dos interesses sociais, objetivo a que almejamos neste trabalho, através de pesquisa bibliográfica em alusão à vinculação da filosofia da química na qualificação do ensino.

Palavras-chave: filosofia, ensino de química, currículo.

Title: The advancement of Philosophy of Chemistry and its contributions to education in Chemistry

Abstract: The teaching of chemistry in many schools emphasizes the memorization of formulas and decontextualized theories, models of limited understanding, leading to misinterpretation of phenomena and concepts. These factors have generated several problems in the teaching of chemistry. In this sense, the philosophy of chemistry can provide for a theoretical contextualization of content subsidies. The need arises, therefore, to articulate the insert and chemistry to philosophy, introducing, among other activities, the debate about: model, law, theory and representation; scientific method; observation in science; the philosophical aspects of the history of chemistry; examples of contexts of chemistry and chemical work; discussions about chemistry and philosophy, to humanize science and bring it closer to social interests, the goal we aim for this work, through a literature review in reference to the link in the philosophy of chemistry teaching qualification.

Keywords: philosophy, chemistry teaching, resume.

Introdução

Orientar à construção de um conceito em química requer estabelecer os dados primários (experimentos), a interpretação de leis, relações e comparações e qual o modelo usado para explicar o fenômeno. É habitual o educador não considerar estes

aspectos e ponderar como dado primário o modelo ou a teoria, sem nenhuma história ou nenhuma conexão com a prática. Observam-se, inclusive, inúmeros equívocos em relação à explicação dos conceitos, principalmente dos microscópicos, em que lhes são conferidas características macroscópicas, como: ‘átomos de ferro ter brilho ou serem duros’; ‘átomos de líquidos serem maleáveis’; ‘átomos que se fundem ou evaporam’; ‘elétrons que caminham’; a crença de que ‘entre partículas de um gás tem ar’; concepção de que a ‘camada eletrônica serve para cobrir o átomo’; a ‘reação de neutralização é entendida como atingir uma solução neutra’ e outras imprecisões.

Outra dificuldade visualizada no ensino é a falta de autonomia da química, ou seja, a redução da ciência à física e à matemática. A educação em química pode ser beneficiada e ter mais legitimidade, quando a mesma deixar de ser reduzida à física e à matemática. Questões estas que são pouco abordadas nos cursos de formação de docentes em química.

Para uma contribuição mais significativa na formação do discente, o ensino de química nas escolas deve abordar, não só o que a ciência em questão conhece, mas também como se chegou ao conhecimento em questão: época, contexto social, moral, cultural e quais os envolvidos. Sob essa perspectiva, as interações entre ciência, tecnologia e sociedade são mais salientes, capacitando os estudantes a avaliarem a legitimidade das teorias e contribuir para o desenvolvimento de pessoas que reflitam, critiquem; não precisam ser gênios, mas que caminhem para o progresso e modificação da sociedade. É nesse contexto que a filosofia da química faz-se urgente e pode fornecer subsídios teóricos para contextualizar as explicações, tornando o ensino de química significativo e real.

Este trabalho busca problematizar o lugar da filosofia da química no campo do ensino de química. Primeiramente, serão abordadas as várias visões de química de diferentes profissionais: professores, estudantes, pesquisadores, químicos industriais. Serão caracterizadas, posteriormente, as relações de diálogo entre filosofia da química e currículo, bem como os problemas de ensino e aprendizagem, para, após, problematizarmos teoricamente e apresentarmos propostas para inserir a filosofia da química ao currículo.

1 Química: Pluralismo de visões acerca de uma ciência única

A definição de química, principal fundamento do currículo de química, é intrínseca à definição de sua identidade disciplinar. Esse problema tem relação direta com o currículo. Isso é captado por Laszlo (2012) em seu artigo *Towards Teaching Chemistry as a Language*. Para o autor, é preciso definir a química como a “ciência das transformações da matéria”. Assim, torna-se lógico dividi-la em: Estática, que abrange equilíbrios químicos e seu estudo e Dinâmica ou Cinética química, um estudo dos parâmetros que influenciam as reações químicas. Outro indivíduo pode definir a química, ao contrário, como a ciência do artificial. Isto leva a uma perspectiva de engenharia e computação. O que vem à tona é como montar entidades como átomos ou moléculas em outras entidades, conjuntos supramoleculares visando nanotecnologias, por exemplo. Para um terceiro indivíduo, a química será, principalmente, a ciência molecular, que se traduz em um foco predominante relacionado à ligação, à estrutura, sistemática de moléculas ordenadas por famílias, desenho e segmentação de novas moléculas, então obtidas por síntese. Há ainda outras definições de química: para os historiadores pós-modernos e filósofos da ciência é uma tecnociência; para outras pessoas, com inclinação industrial, é a ciência da inovação, assim como alguns podem ver a química, alternativamente, como uma arte. Além disso, muitas pessoas não conseguem distinguir conceitos, como por

exemplo, entre uma definição e uma propriedade. Assim, a química é vista como intermediário de biologia e física e, porque se acredita ocupar esse meio-termo, é vista como ponte entre esses dois campos disciplinares. Como uma generalização de um papel tão fundamental da química, é muitas vezes denominada (pelos químicos) “a ciência central”. (Laszlo, 2012, [não paginado]).

A questão da identidade e do território disciplinar é transversal na literatura historiográfica da química. Inicialmente uma prática, seja metalúrgica ou tintureira, depois uma disciplina ao serviço da medicina até o século XVII, alcança maturidade teórica e é sistematizada no século XVIII por Lavoisier, quando é legitimada e respeitada academicamente, alcançando certa centralidade, mesmo que Kant a tenha visto apenas com uma arte sistemática. Já no século XX, perde centralidade para a física por causa do reducionismo e, recentemente, é transformada em ciência de serviço pela biologia. Na atualidade, busca ganhar emancipação da física e definir sua autonomia disciplinar. É, na atualidade, um campo inter e multidisciplinar marcado por múltiplas disciplinas, uma ciência pós-acadêmica e pós-industrial (Sjöström, 2006).

Bensaude-Vincent e Stengers (1992), em um dos livros mais importantes de história da química, tomam explicitamente a identidade disciplinar da química como problemática e transversal à sua história disciplinar. Nesse livro, as autoras organizam a narrativa em torno cinco eixos capazes de mapear sua identidade, continuamente articulada entre práticas instrumentais, às profissões e às instituições. Um primeiro eixo refere-se às suas origens (filosofia natural, alquimia e artes práticas); o segundo refere-se ao processo de racionalização como ciência nos séculos XVII e XVIII. No século XIX, a química torna-se uma ciência de professores e desempenha papel central na expansão industrial; no século XX, há o desmembramento do território (subculturas químicas).

Utilizando o referencial de Combrie sobre os estilos científicos encontrados na Europa e reatualizados por Hacking (2002), Bensaude-Vincent (2009) classifica o estilo de pensamento da química como estilo de laboratório e, posteriormente, defende “chemistry as thecnoscience” (Bensaude-Vincent, 2010). Chamizo (2012), em *Technochemistry. One of the chemists’ ways of knowing*, defende a tecnociência como uma forma de conhecimento químico. Talanquer (2012) também defende que a química deve ser caracterizada como uma tecnociência e, dessa forma, deve aproximar elementos de sua prática ao seu ensino (Talanquer, 2011; Talanquer; Pollard, 2010).

Há consenso em considerar a química uma tecnociência (Laszlo, 2012; Bensaude-Vincent, 2010, 2009). Em 2005, duas edições da revista *Perspectives on Science* aplicaram o conceito de tecnociência à química na discussão da “produtividade tecnocientífica” das ciências experimentais. Nesses artigos, Klein (2005) defende que a pesquisa em química, nos séculos XVII e XVIII, era tecnocientífica, e Rheinberger (2005) defende que a noção de fenomenotecnia, que Gaston Bachelard cunhou para caracterizar a física e a química no século XX, foi a precursora da tecnociência.

Nordmann (2006) utiliza o termo metaquímica, de Bachelard (2006), para defender a química como uma ciência interventiva. A metaquímica, para Nordmann, organiza a prática científica. Também Bensaude-Vincent (2009, 2010) tem reiteradamente trabalhado na temática. Ambos problematizam uma filosofia da tecnociência como distinta da filosofia da ciência, no sentido dos objetos de pesquisa. Quando um experimento é apresentado como uma evidência científica que confirma ou desconfirma uma hipótese, isso concorda com uma visão tradicional de ciência. Quando moléculas orgânicas são apresentadas por sua capacidade de servir

individualmente como corrente elétrica e por suportar fortes correntes, isto é uma grande marca da tecnociência. A diferença fundamental das tecnociências é posta no sentido do seu interesse (Chamizo, 2012; Talanquer, 2012).

“A química é uma tecnociência por duas razões: por causa de sua característica dual como ciência e como tecnologia e porque existem muitas técnicas envolvidas em práticas experimentais” (Bensaude-Vincent, 2009, [não paginado]). Bensaude-Vincent (2010) argumenta com algumas vantagens dessa perspectiva para a historiografia da química e a filosofia da química. Uma primeira é alargar os estudos históricos. A visão padrão da historiografia da química é avaliar o avanço da química do ponto de vista da física. A emergência da química moderna estava associada à adoção por parte dos químicos das teorias atômicas e mecanicistas. Revisões desse padrão têm sido feitas dando importância ao laboratório. Tecnociência não é um termo neutro e não representa uma soma de ciência e tecnologia. É uma forma diferente de produção de conhecimento. Esse conceito destrói a imagem de ciência pura, neutra e desinteressada, autônoma e puramente cognitiva (Bensaude-Vincent; Simon, 2008). Para esses autores, a especificidade epistemológica da química é sua impureza; ela é uma ciência transgressora, pluralista, heterogênea.

Talvez a maior dificuldade em pensar a química deva-se ao fato de ela não constituir um corpo disciplinar homogêneo e, como ciência central que é considerada, estar inscrita em mais do que um registro filosófico, o que acarreta a mobilização de diversos estilos cognitivos e de estilos de aprendizagem e modos de ensino diferentes. Este fato, aparentemente incontroverso está ainda muito pouco investigado. Não assumir este pluralismo constitutivo, não descrevê-lo e determiná-lo, dificulta pensá-lo e por consequência ensiná-lo, isto porque faz com que o currículo, a pesquisa e o ensino sejam socializados em boa parte por códigos de natureza tácita ou implícita. Assim, se tentarmos melhorar o ensino de química é necessário primeiro assumir explicitamente este pluralismo constitutivo, depois cartografá-lo na busca de eixos orientadores: primeiro do pensamento, depois do currículo e finalmente do ensino, de tal sorte que o ensino seja o mais próximo possível da forma química de operar, de pensar. (Ribeiro; Costa Pereira, 2012, [não paginado]). Desse pluralismo da práxis química derivam os vários estilos cognitivos, didáticos e de aprendizagem.

2 Currículo de Química: ensino conservador, mecânico e algorítmico

O currículo de química não tem uma filosofia explícita, e, implicitamente é orientada por pelo reducionismo fisicalista. Para Laszlo (2012) o reducionismo expõe a pedagogia química a um paradoxo iminente, de ser uma ciência indutiva, abdução, contudo, pensada e fundamentada em explicações fisicalistas de carácter dedutivo. Isso faz negligenciar o carácter pluralista, inexato, aproximativo e diagramático da química, ou seja, seu carácter inovador e criativo, e faz o ensino ser altamente conservador, mecânico e algorítmico. Como consequência disso, o pluralismo químico é transmitido implicitamente (Ribeiro; Costa Pereira, 2012). O fisicalismo e o reducionismo não são instrumentos pedagógicos eficazes na solução de alguns problemas da química: o carácter enciclopédico dos conteúdos químicos, fruto tanto do seu crescimento exponencial como de sua natureza sistêmica e organizacional; da multiplicidade de esquemas, modelos e representações; do pluralismo constitutivo; das contradições e circularidade dos conceitos centrais; do carácter inobservável e da falta de referentes das entidades químicas que faz o laboratório ter um carácter de conversão teológica e necessitar da transdição; do carácter icônico da linguagem química, que constrói uma semiótica própria e faz trabalhar com a abdução e necessitar da visualização e competência representacional (Laszlo, 2012).

O reducionismo está presente na identificação das ideias centrais da química, um dos objetivos mais importantes das políticas curriculares, interpretadas como princípios físico-químicos que permitem dar explicações, mas não são utilizados no dia a dia dos químicos (Scerri, 2006; Talanquer; Pollard, 2010). Conceitos como estabilidade, funcionalidade, emergência são transmitidos intuitivamente, de forma implícita, como “una química agazapada” (Talanquer, 2011).

É como se os químicos tivessem que aceitar a matemática para ter alguma legitimação no currículo e que, implicitamente, a única forma de aceitar o pensamento químico no currículo escolar é através de sua redução a princípios físicos que permitem sua matematização ou modelagem a princípios físico-químicos fundamentais. É como se os químicos usassem uma série de argumentos e conceitos para explicar e prever na prática ordinária e valorassem outro tipo de conhecimento e explicações nas salas de aulas. (Talanquer, 2011, p. 150).

Outra evidência do reducionismo pode ser vista nos obstáculos conceituais e epistemológicos (Furió, 2000).

São exemplos, principalmente, as relações de superveniência (micro/macro), quando propriedades moleculares são confundidas com propriedades atômicas, bem como mereológicas (parte/todo) átomo/molécula e as relações modelo/realidade. Esse contexto expõe o sistema pedagógico da química a uma ambiguidade. A maioria dos conceitos da química é contra-intuitiva e a prática pedagógica está repleta de concepções alternativas. Uma evidência de que essas concepções são expressão de falta de planejamento epistemológico do ensino (Taber; Watts, 2000).

3 Filosofia da Química: formação crítica e humanista

Outra linha de debate é de se formular e estabelecer objetivos do currículo de química, como formação crítica e humanista: formação não apenas do profissional, do futuro químico, foco atual do currículo, mas de um intelectual crítico, capaz de articular a química no contexto dos saberes. Para tanto, filósofos da química defendem a filosofia da química como necessária para mudar a visão de natureza, formação dos professores e tornar explícitos os objetivos da química, como será comentado a seguir.

3.1 Visão dinâmica de natureza

Para Earley (2004), os cursos de química têm hoje como finalidades principais introduzir os alunos na cosmologia do mecanicismo e do atomismo, já ultrapassada pela prática científica. Um segundo objetivo dos cursos introdutórios é fornecer evidências de uma abordagem analítica da ciência. Defende Earley (2004, 2012) que a ciência atual advoga em nome de uma visão sintética, principalmente da metafísica de processos.

Earley (2012) tem evoluído em sua proposta e defende que a educação química deve alterar sua ideia de natureza, incluindo uma noção dinâmica, e que isso iria imunizar contra muitos obstáculos epistemológicos e conceituais. Nesse contexto, os professores teriam que desenvolver a competência de criar a narrativa que melhor integrasse os diversos conceitos, contextos, modelos e teorias da química. O autor propõe um curso de química geral com esse enfoque, através da contextualização dos conceitos.

3.2 Formação de professores de química

Bildung (2007), Sjöström (2012) e Eriksen (2002) defendem que, em face da sociedade do risco, a formação do químico necessita de elementos de reflexividade e problematização. Defendem, assim, uma formação liberal (Bildung) e a necessidade de um discurso mais reflexivo e crítico. Isso geraria um alargamento do discurso da educação química para além dos conteúdos disciplinares. A filosofia da química instrumentalizaria o discurso químico na forma de uma metaquímica para fazer frente ao objetivismo e ao reducionismo em química (Sjöström, 2007). Isso possibilitaria o empoderamento dos professores (Erduran et al, 2007). O objetivo do currículo seria, então, a formação de um profissional intelectual e pensador da química, capaz de integrar a atividade prática de ensino e pesquisa em uma dimensão humana ampliada, de pensar para além do interesse técnico.

3.3 Explicitar valores científicos da química

Schummer (1997, 1999), num trabalho sobre a produção química em 300 artigos publicados, concluiu que os valores científicos da química não são explícitos. Isso, na compreensão do autor, compromete a compreensibilidade e inteligibilidade da química. Defende o autor que a filosofia da química deveria ter a função de esclarecer os objetivos científicos, entre os quais o perfeccionismo da química e seus valores estéticos.

4 Filosofia da Química: visibilidade da Química

Há uma um número insuficiente de graduados em licenciatura em química relativo às necessidades do mercado de trabalho. Os departamentos de graduação em licenciatura em química possuem dificuldade em atrair estudantes para sua área. Davis Baird (2005), conforme relatado no livro “Philosophy of Chemistry” de David Baird; Eric Scerri e Lee McIntyre (2009), certo dia, assistiu a uma conferência de historiadores e filósofos em ciência e tecnologia, onde muitos pesquisadores afirmavam que os departamentos de química não teriam mais o que fazer para atrair estudantes. Baird afirma que, na Universidade onde trabalhara na Carolina do Norte (USC), o número de estudantes egressos em química é o quádruplo dos iniciantes em física. A USC retrata um caso isolado. Quando Baird explicou aos historiadores que assistiam à palestra que a química contemporânea é, com efeito, uma disciplina muito ativa e produtiva, um historiador que estava ao seu lado perguntou: “-Mas o que fazem tantos estudantes graduados”? “- Projetos de investigação, medições, modelos...”, respondeu uma colega de Baird. Não temos como não nos maravilhar diante da química. Segundo Baird (2005), todo o visível ostenta a arte de quem a desenvolve. Existem produtos usados há muito tempo e outros novos, de tecnologia avançada, com nano partículas que produzem efeitos e qualidades surpreendentes. Como o ar que respiramos, a química nos envolve. Porém, não vemos o trabalho dos químicos no mundo em que vivemos, “a química está denegrada pelos físicos e ignorada pelos filósofos” (Baird, 2005). A filosofia da química vem auxiliando a química a tornar -se visível e aceita como passível a reflexões críticas dentro e fora do laboratório. “A química está em todos os lugares e em lugar algum” (Bensaude-Vincent & Stengers, 1992).

Apesar da sua quase onnipresença, essa ciência apresentou-se, até meados dos anos 90, quase invisível aos filósofos (Van Brakel, 2006, 1999). Nesse contexto de superação dos limites disciplinares de um campo essencialmente interdisciplinar e fragmentado, com exemplos de inter, multi e policiências, nasce a filosofia da química (Schummer, 2006; Sjöström, 2006). Após os anos 1950, a química se transforma em uma ciência pós-acadêmica e pós-industrial, caracterizada por uma investigação eminentemente interdisciplinar e superando os seus subcampos disciplinares mais tradicionais (Sjöström, 2006). Para Bensaude-Vincent e Stengers (1992), a química,

apesar de sua longa história, múltiplos atores e contextos, enormes êxitos técnicos e práticos, alternativamente servidora, mestre ou rival de suas vizinhas, a física e a biologia, não acabou ainda de definir sua identidade e o seu lugar na enciclopédia. E mais, Bensaude-Vincent (2008) defende que a química, como uma tecnociência que combina o conhecer e o saber fazer, o real e a representação, focada no desempenho e na produtividade, que trabalha com uma rede variada de autores, com uma pesquisa interdisciplinar, poderia tornar-se a ciência modelo do século XXI. Isso diz respeito à difícil relação entre filosofia e química, principalmente no século XX.

O campo da física, por exemplo, como afirma Schummer (2005), demonstra esplêndidas teorias, reflexões sobre a relatividade, sendo que a teoria quântica e as teorias da física em geral vêm dominando a filosofia da ciência do século XX. A química oferece uma quantidade de modelos, que se baseia, tanto em teorias da física quanto em generalizações experimentais. Focando melhor nosso olhar, é possível ver a química como a física aplicada complicada. Ou seja, para entender a ciência, seria necessário entender a física. Para Ribeiro (2012), o conhecimento em química é orientado por um fisicalismo reducionista, um positivismo pedagógico e uma formação profissional de futuro cientista. Enfim, segundo Berkel (2005), citado por Ribeiro (2012), o ensino de Química, hoje, transmite a ciência como produto e não como processo. Naturalmente, os filósofos da ciência têm sua atenção concentrada na física, uma vez que é uma ciência fundamental. Mas o fundamental não significa necessariamente o mais importante (Scerri, 2003) e, tendo em vista a riqueza e complexidade da química, que serve de elo entre a física e a biologia, espera-se que o estudo filosófico acrescente contribuições para a ciência como um todo. Scerri (1997) argumenta que a dimensão filosófica da química necessita de uma atenção especial. A teoria atômica, por exemplo, só foi reconhecida através dos artigos de Einstein, pela física, sendo que, os químicos, não só tinham certeza da existência dos átomos, como propunham os primeiros modelos de reações químicas. Observa-se também que, enquanto muitos nomes da física e da matemática se destacaram pelas suas reflexões filosóficas, sempre foi precário o número de químicos-filósofos (Ribeiro, 2012). A física traçou suas origens à filosofia, porém a química, com exceção da alquimia, delineou suas raízes à física. Antes da virada do século XX a química estava no centro das atenções filosóficas, porém, após a descoberta da radioatividade e com o desenvolvimento da teoria quântica, o ensinamento de átomo foi retirado e ligado à Física. Segundo Scerri (2003), nesse período os químicos passaram a ser vistos como profissionais fazendo Física aplicada.

5 Filosofia da Química: passado, presente e futuro

Joachim Schummer (2005) se surpreende diante da incapacidade dos filósofos, nos tempos recentes, em abordar química. Diante da magnitude, importância e vasta história desta ciência, é um campo que não se pode ignorar. Schummer perpassa o passado, o presente e transpõe sobre o futuro da filosofia da química. No passado, existiu uma tradição marxista de revisão da química, cultivada por Friedrich Engels e prorrogada pelos países marxistas. E quando os filósofos abandonaram este campo, tomaram seu lugar historiadores e educadores químicos. Foram escritos textos filosóficos sobre química. Já nos anos oitenta do século XX, tamanho foi o descuido em relação à filosofia da química, pois não há contribuições ou debates importantes na área. Esta situação começou a mudar na década de noventa: numerosas conferências dedicadas exclusivamente à filosofia da química, a publicação de Hyle e Foundations of Chemistry e a criação da “Sociedade Internacional para a filosofia da química (ISPC). A ISPC vem realizando conferências internacionais de filosofia da química desde 1997.

Schummer (2005) destaca os temas de importância em filosofia da química: o reducionismo, as tentativas de adaptar à química conceitos da filosofia da ciência, como o naturalismo, a ética profissional, a história da ciência. A filosofia da química poderia explicar conceitos como: elemento, substância pura, composto, afinidade eletrônica, a lógica das reações químicas, da classificação química, métodos de descobrimento que foram importantes para cientistas que tiveram êxito, as relações entre ciência e tecnologia. Para entender o mundo material em que vivemos, em constantes mudanças, necessitamos noções mais aprofundadas de substância, por exemplo, uma noção de como os cientistas chegaram a essas substâncias, como as identificamos e como as projetamos frente ao futuro num mundo que está em constante processo de construção. Segundo Scerri (2005), mesmo químicos teóricos, a partir da década de setenta, quando trabalhavam com o desenvolvimento de modelos de química quântica, começaram a pôr em dúvida o reducionismo, afirmando que os fenômenos químicos se dão num nível mecânico quântico, mas não se reduzem a ele. A partir dos anos noventa, a necessidade de reflexões filosóficas sobre a química foi ficando mais visível, sendo essencial, tanto para a análise de teorias, leis, tanto para situar a química no conjunto da cultura e na história das ideias. Químicos já não trabalham em isolamento, mas em grupos de trabalho, intercâmbio de ideias.

Encuentros periódicos em muchos países, como el Werkgroep Filosofie van de Chemie em Holanda, el Gruppo Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica em Italia y Arbeitskreis Philosophie und Chemie em Alemania(...). Em 1994, los encuentros nacionales si convirtieron en una serie de conferencias internacionales em Londres (marzo), Karlsruhe (abril), Marburgo (noviembre) y Roma (diciembre). En 1997 los vínculos internacionales posibilitaron el establecimiento formal de la Sociedad Internacional para la Filosofía de la Química, que sostiene simposios anuales em verano. (Schummer, 2005, p.783).

Porém a filosofia da química ainda é uma área essencialmente americana e europeia. Dos países sul-americanos, apenas a Argentina e Colômbia, na figura dos pesquisadores Martin Labarca, Olimpia Lombardi e Andres Bernal Daza, Guillermo Restrepo, mostram contribuição significativa.

6 Filosofia da Química: formação dos professores

Em primeiro lugar, faz-se necessário que os docentes de química tenham uma formação epistemológica, desenvolvendo ou atualizando seus conhecimentos dos modelos epistemológicos. Segundo Adúriz-Bravo (2001), a reflexão sobre a ciência está incompleta se não inclui a consideração do componente epistemológico. O caráter instrumental da epistemologia contribui para a melhora de muitos aspectos do ensino e aprendizagem das ciências, particularmente da química (Adúriz-Bravo, 2001). Em segundo lugar, o currículo de química deveria incorporar, além dos conteúdos científicos propriamente ditos, os pertinentes à natureza da ciência química, sua evolução e suas relações com a sociedade e a cultura, sendo que esses conteúdos provêm em parte da epistemologia, em parte de outras disciplinas metacientíficas, ou seja, a filosofia é a fonte para a análise dos conteúdos para o currículo de química. Segundo Adúriz-Bravo (2001) “se debería enseñar epistemología a maestros y profesores de ciencias de todos los niveles educativos” (p. 50), ao mesmo tempo, pode-se afirmar que deve haver um conhecimento metacientífico amplo e crítico tanto a discentes como aos docentes de química. Eric Scerri (2003) recomenda a utilização dos filósofos em questões educacionais, sugerindo aos educadores um conhecimento maior da posição filosófica que assumem. O autor também lamenta que a filosofia, que fornece a análise mais sistemática dos modos de pensar, tem sido tradicionalmente

esquecida pelos químicos, e que os docentes devem avigorar os conceitos filosóficos que contribuíram para melhorar (ou piorar) o desenvolvimento da ciência química. Segundo Fleck (1965), citado por Condé (2012), não pode haver uma observação neutra e objetiva pelo indivíduo, sendo que o propósito das observações influencia a natureza dessa observação. Nesse sentido, os docentes devem conhecer e debater acerca dos contextos onde a ciência foi desenvolvida, a prática dos pesquisadores, suas dificuldades, a socialização, consolidação e difusão do conhecimento, as relações entre raciocínio lógico e cognição em geral, sobre o papel das imagens, metáforas, representações e mudanças na linguagem. A institucionalização da Filosofia da química nos currículos de Licenciatura em química encaminhará à reflexão sobre a natureza do conhecimento químico, o desenvolvimento de abordagens mais contextualizadas e debates teóricos.

Ribeiro (2012) afirma que a educação química será beneficiada com a filosofia da química na formação inicial dos professores. Scerri (2003) também afirma que pesquisadores em educação química distinguem vários equívocos em relação à compreensão de conceitos químicos por parte de estudantes, muitos deles causados por confusões filosóficas nas explicações abordadas em sala de aula, ou seja, devido à linguagem utilizada pelo professor. A filosofia da química auxilia a esclarecer o sentido de alguns termos, como a utilização do vocábulo “modelo”, comumente empregado no ensino das substâncias químicas, pois tais modelos devem ser eficazes porque, muitas vezes, são identificados como fundamentações filosóficas, versões simplificadas em excesso ou visões distorcidas de teorias complexas.

La ciencia por cuanto es ella misma en una de sus dimensiones un discurso, puede ser entonces tomada como objeto de estudio por parte de la filosofía y de las diferentes ciencias sociales. Así se ha hablado, por ejemplo, de la historia de la ciencia, la sociología de la ciencia, la filosofía de la ciencia, la pedagogía de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2000, p.47).

A educação química necessita de discussões filosóficas, para ser possível uma aceção clara em relação aos níveis de linguagem e discursos, natureza da explicação e importância dos modelos, clarificação de conceitos e especificação de uma didática. Chassot (2003) aponta que

(...) buscar ver como se enraíza e é enraizada a construção do conhecimento é cada vez mais uma necessidade para que possamos melhorar nossa prática docente. Esta passa a ser uma exigência importante para que melhor possamos entender os conhecimentos que transmitimos (Chassot, 2003, p. 272).

Porém, o saber relacionado à filosofia e ao modo de construção dos conhecimentos, buscando a raiz dos saberes, das teorias químicas, é uma necessidade que, atualmente está distante das aulas do curso de Licenciatura em Química em muitas universidades. Na prática, existem inúmeras barreiras para a inclusão da Filosofia no currículo de química. Muitas dessas são originadas no fato de alguns docentes relutarem em utilizar o tempo de suas aulas no estudo do que é visto como “periférico” (Wandersee, 1992). Outros educadores, segundo o autor, ainda evidenciam apreensão com a extensão dos debates entre cientistas e a natureza provisória do conhecimento científico, afirmando que os “discentes podem perder a confiança no valor do objeto em si, prejudicando a aprendizagem”. Segundo Guilherme Cutrera (2008), dentro de uma concepção realista ingênua, os princípios de verdade, neutralidade e superioridade são características do conhecimento científico. Em consequência, os saberes cotidianos são considerados formas inferiores, as ideias dos alunos são considerados erros que devem ser suprido por um conhecimento

verdadeiro. Teorias antigas não são reexaminadas, nem sujeitas às transformações, acabam sendo naturalizadas, adquirindo uma visão de verdade estável e imutável.

7 Filosofia da Química: proposta para a Licenciatura em Química

Berkel (2005), citado por Ribeiro (2012), defende a necessidade de explorar uma estrutura específica pelo esforço conjunto entre filósofos químicos, que têm produzido o campo disciplinar da Filosofia da química, e educadores químicos. Segundo Ribeiro (2012), citando Talanquer (2011), a química que se faz deve ser aproximada da química que se ensina. Este diálogo, segundo Ribeiro (2012), apenas inicia, através de algumas propostas que têm buscado interpretar a essência e especificidade da química e transpor para o contexto do ensino. Basicamente, uma disciplina que contemple a filosofia da química deve promover o debate sobre: modelo, lei, teoria e representação; método científico; observação na ciência; os aspectos filosóficos da alquimia e da história da química; exemplos de contextos da química e trabalho dos químicos; a utilização de recursos não textuais, como imagens, vídeos e músicas para provocar discussões sobre a química e a filosofia.

Na introdução ao ensino de química, por exemplo, Wandersee (1992) sugere algumas atividades que podem ser desenvolvidas em classe, tais como: dramatizações de fatos históricos da química; aproveitamento de recursos tecnológicos (sites históricos); de modelos históricos; “vinhetas” animadas; vídeos; construção de linha do tempo; utilização de simulações históricas, etc. Todas essas atividades, num enfoque filosófico, despertam a curiosidade em relação à química e podem tornar a disciplina mais envolvente para os discentes, de maneira a aprimorar seu aprendizado.

Considerações finais

A pesquisa bibliográfica realizada em relação aos primeiros passos da Filosofia da Química, nos mostra que a mesma pode levar à compreensão da estrutura química, um entendimento mais abrangente das questões formuladas, a reflexão sobre a prática, auxiliando a esclarecer o sentido de alguns termos. A educação química necessita de discussões filosóficas, para ser possível uma aceção clara em relação aos níveis de linguagem e discursos, natureza da explicação e importância dos modelos, clarificação de conceitos e especificação de uma didática. É nesse contexto que a filosofia da química faz-se urgente e pode fornecer subsídios teóricos para contextualizar as explicações, tornando o ensino de química significativo e real, visto que os docentes precisam de formação, de esclarecimento conceitual.

A filosofia da química pode humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses sociais; pode tornar as aulas mais motivadoras e reflexivas, estimulando as capacidades de pensamento crítico; podem contribuir para uma maior compreensão dos conteúdos científicos, evitando aulas onde se recitam fórmulas e equações que poucos sabem o significado. As percepções de ciência do docente e sua maneira explícita de entender a epistemologia, de situar, de contextualizar os conceitos dentro da história, influenciam na abordagem dos conteúdos na sala de aula e na consequente construção de um conhecimento químico.

A cada uma dessas definições e caracterizações da identidade da química associa-se uma estrutura pedagógica particular, uma forma de organizar, selecionar conteúdos e também de desenvolvimento curricular. Essas diversas caracterizações relacionam-se, por diferentes formas, com o currículo de química.

Referências bibliográficas

ADÚRIZ-BRAVO, Augustin (2001). Integracion de la epistemologia em la formacion del professorado de ciências. Tese (Doutorado), Universitat Autonoma de Barcelona.

ADÚRIZ-BRAVO, A. e ISQUIERDO, M. (2000). "Structuring" ideas from philosophy of science for physics teacher education, en Abstracts of International Conference Physics Teacher Education Beyond, 135, Barcelona: PTTIS.

BAIRD, David; SCERRI, Eric & MCINTYRE, Lee (coord.), (2009). Philosophy of Chemistry. Synthesis of a New Discipline, México: Springer.

BENSAUDE-VINCENT, B. The chemists' style of thinking. Ber.wissenschaftsgesch. 32 p.365–378.

CHAMIZO, J (2012). A. Technochemistry. One of the chemists' ways of knowing (prelo).

CHASSOT, Attico (2003). Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. Ijuí: Editora Unijuí, 3 ed.

DUARTE, M. C. (2003) . A História da Ciência e o Ensino das Ciências: Contributos Desafios. Lição de Síntese das Provas de Agregação (não publicada). Universidade do Minho.

DUARTE, M. da C. (2004). A história da Ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de Ciências. Ciência & Educação. V. 10, n.3, p. 317-331.

EARLEY, J. E. (1965). Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? Foundations of Chemistry, Vol. 6, 2004, pp.137–160.

FURIÓ, Carlos Y FURIÓ, Cristina (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. Educación Química 11[3].

HACKING, I. (2002). Ontologia histórica. São Leopoldo: Unisinos.

LEONARDÃO, Eder João et ali (2003). Green Chemistry- os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. Quim. Nova, Vol. 26, No. 1, p. 123-129. 1, p.45-68.

PORLÁN, R.A. (1998). Passado, presente y futuro de la Didactica de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias, v.16, p.175-185.

RIBEIRO, M. A. P. & COSTA PEREIRA, D. (2012). Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. 11 international IHPST e Greek History, Philosophy and Science Teaching- Thessaloniki, Grecian, 3-6 July.

RIBEIRO, M. A. P. & COSTA PEREIRA, D. (2012) . Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. Science & Education, online, first, 7 January.

RIBEIRO, Marcos Antonio Pinto e Pereira, COSTA DUARTE (2012). Diagrama fundamental da educação química: Uma proposta fundamentada na filosofia da química. XVI Encontro Nacional do Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI), Salvador, Bahia, Brasil, 17 a 20 de julho.

SCERRI, Eric (2003). On the nature of chemistry. *Educacion Quimica*, 10 (2), p.74-78.

SCERRI, Eric (2003). Philosophical Confusion in Chemical Education. *Journal of Chemical Education* 80.

SCERRI, Eric R. (2007). The Ambiguity of Reduction. Karlsruhe: *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry* 13, p. 67-81.

SCHAB, J. (1964). Problems, Topics and Issues. In S. Elan, *Education and the Structure of Knowledge*. Chicago, IL. Rand McNally.

SJÖNSTRÖM, J. (2006). Beyond classical chemistry: Subfields and metafields of the molecular sciences. *Chemistry International*, 28(September–October), p. 9–15.

TABER, K. S. & Watts, M. (2000) . Learners' explanations for chemical phenomena. *Chemistry Education: research and practice in europe.*, vol. 1, no. 3, p. 329-353.

WANDERSEE, J. (1985). Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Students' Misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), p. 581-597.

CAPÍTULO III

História da Ciência e Ensino

Construindo interfaces

Filosofia e História da Química para educadores em Química

Débora Schmitt Kavalek

Diogo Onofre de Souza

José Cláudio Del Pino

Marcos Antônio Pinto Ribeiro

Resumo

O ensino de química nas escolas de ensino básico apresenta muitas dificuldades, incertezas, desafios e críticas que necessitam de discussões. A química que se ensina, na maioria das escolas, desde o 9º ano até o 3º ano do Ensino Médio, prioriza a memorização de fórmulas e teorias descontextualizadas, empregando, muitas vezes modelos de limitada compreensão, levando à interpretação equivocada de fenômenos e conceitos, em meio a um currículo com necessidade de questionamentos e revisão. Nesse sentido, acredita-se que a filosofia da química pode fornecer subsídios teóricos para o ensino de química. Surge a necessidade, pois, de se inserir e articular a química à filosofia, introduzindo, entre outras atividades, o debate sobre: modelo, lei, teoria e representação; método científico; observação na ciência; os aspectos filosóficos da história da química; exemplos de contextos da química e trabalho dos químicos; discussões sobre a química e a filosofia, para humanizar a ciência e aproximá-la dos interesses sociais, objetivo que almejamos neste trabalho através de pesquisa bibliográfica em alusão à vinculação da filosofia da química na qualificação do ensino.

Palavras-chave: Ensino; Química; Filosofia da Química.

Abstract

The teaching of chemistry in schools of basic education presents many difficulties, uncertainties, challenges and criticisms that need discussions. The chemistry that is taught in most schools, since ninth grade until the third year of high school, prioritizes memorization of formulas and theories out of context, employing, often limited understanding models, leading to the mistaken interpretation of phenomena and concepts, in the midst of a resume with need for questions and review. In this sense, it is believed that the philosophy of chemistry can provide theoretical support for the teaching of chemistry. The need arises therefore if insert and articulate the chemistry to philosophy, introducing, among other activities, the debate on: model, law, theory and representation; scientific method; observation in science; the philosophical aspects of the history of chemistry; examples of chemical contexts and work chemicals; discussions on chemistry and philosophy, to humanize science and closer social interests, the goal that we aim in this work, through bibliographical research in allusion to the binding of the philosophy of chemistry in teaching qualification.

Keywords: Education ; Chemistry; Philosophy of Chemistry.

QUÍMICA E FILOSOFIA

Química e filosofia tiveram pouco diálogo durante o século XX. Entendemos que muitos problemas do currículo e formação em química encontram-se aí contextualizados. Isso gera problemas de consenso e comunicação entre os vários discursos no ensino em química. Por exemplo, filósofos da química defendem-na como uma ciência criativa, indutiva, prática, histórica, relacional, diagramática, classificatória, um exemplo de ciência interdisciplinar e tecnocientífica. Em contrapartida, seu ensino

dogmático, conservador, dedutivo e algorítmico.¹ A química que se ensina é distante da química que se pratica. Isso faz o sistema pedagógico da química transmitir tacitamente as especificidades epistemológicas.

Orientar à construção de um conceito em química requer estabelecer os dados primários (experimentos), a interpretação de leis, relações e comparações e qual o modelo usado para explicar o fenômeno. É habitual o educador não considerar estes aspectos e ponderar como dado primário o modelo ou a teoria, sem nenhuma história ou nenhuma conexão com a prática. Observam-se, inclusive, inúmeros equívocos em relação à explicação dos conceitos, principalmente aqueles relacionados com o nível submicroscópico da matéria, em que lhes são conferidas características macroscópicas, como: 'átomos de ferro ter brilho ou serem duros'; 'átomos de líquidos serem maleáveis'; 'átomos que se fundem ou evaporam'; 'elétrons que caminham'; a crença de que 'entre partículas de um gás tem ar'; concepção de que a 'camada eletrônica serve para cobrir o átomo'; a 'reação de neutralização é entendida como atingir uma solução neutra' e outras imprecisões.² Muitas pesquisas têm sido feitas nos últimos anos e comprovam que os alunos têm, muitas vezes, ideias que não evidenciam a realidade dos conceitos químicos fundamentais.³ Existe, sobretudo, a necessidade de melhorar o ensino de química através da formação dos professores, pois se percebe que há problemas na "aprendizagem dos docentes", imprecisões e consequências destas na aprendizagem dos discentes.⁴ Para a pesquisadora, que reuniu pesquisas sobre equívocos dos alunos em onze áreas conceituais em química, a compreensão exata dos conceitos que envolvem a química se apresenta como um desafio significativo, sendo que, se esse fator não for levado a sério, a química permanecerá um mistério para muitos. Kind sugere que se entenda como os professores ensinam a fim de compartilhar "o que funciona" e desenvolver melhorias na prática.⁵

Já Schnetzler expõe sua experiência em participações acadêmicas pelo país, onde encontra um número significativo de novos doutores em química de diversas universidades, ansiosos por iniciar suas carreiras acadêmicas, especialistas em investigações químicas tão específicas, que se distanciam de preocupações com questões epistemológicas e pedagógicas da formação de futuros professores de química.⁶

¹ A. Chassot, *Catalisando transformações na educação* (Ijuí: Unijui, 1993).

² Sobre esse assunto, vide Eduardo Fleury Mortimer, "Concepções atomistas dos estudantes," *Química Nova na Escola*, nº 1 (1995); Lilavate Izapovitz Romanelli, "O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo," *Química na escola*, nº 3, (mai. 1996); Andréa H. Machado & André I. A. Moura, "Concepções sobre o Papel da Linguagem no Processo de Elaboração Conceitual em Química," *Química Nova na Escola*, nº 2 (1995); e A. R. Echverría, "Como os estudantes concebem a formação de soluções," *Química Nova na Escola*, nº 3 (1996): 15-18.

³ Echverría, "Como os estudantes concebem a formação de soluções," 19.

⁴ V. Kind, *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*, 2ª ed. (Durham: School of Education; Durham University, 2004) <http://www.rsc.org/> (acessado em: 27 de dezembro de 2014).

⁵ *Ibid.*

⁶ Wildson Luis P. dos Santos & Otavio Aloisio Maldaner, org., *Ensino de Química em foco* (Ijuí: Unijui, 2013)

Outra dificuldade visualizada no ensino é a falta de autonomia da química, ou seja, a redução da ciência à física e à matemática. Neste sentido, a educação em química pode ser beneficiada e ter mais legitimidade, quando a mesma deixar de ser reduzida à física e à matemática. Questões como essas são pouco abordadas nos cursos de formação de docentes em química.

Para uma contribuição mais significativa na formação do discente, o ensino de química nas escolas deve abordar não só o que a ciência em questão conhece, mas também, como se chegou ao conhecimento em questão: época, contexto social, moral, cultural e quais os envolvidos. Sob essa perspectiva, as interações entre ciência, tecnologia e sociedade são mais salientes, capacitando os estudantes a avaliarem a legitimidade das teorias e contribuir para o desenvolvimento de pessoas que reflitam, critiquem, que caminhem para o progresso e modificação da sociedade, atendendo a um dos objetivos da alfabetização científica defendida por Chassot⁷, a qual busca a inclusão social da população nos debates científicos.

Segundo Santos & Mortimer⁸, esse cenário passa a exigir do “novo cientista” uma maior reflexão e, sobretudo, a capacidade de dialogar com outras áreas para participar da análise dos conceitos numa abordagem multidisciplinar; disponibilizar as representações que permitam ao cidadão agir, tomar decisões inteligentes, compreender a realidade objetivando a solução de problemas práticos de importância social, como os ambientais, por exemplo. Nessa perspectiva, o ensino deve enfatizar também valores e atitudes das pessoas para preservação do ambiente, explorando conhecimentos relativos ao uso adequado dos produtos químicos⁹, propondo-se um reordenamento dos conteúdos, de forma que possa permitir que o aluno construa e reelabore seus modelos mentais, partindo do nível macroscópico do conhecimento químico e relacionando-o com os níveis representacional e microscópico. É nesse contexto que a filosofia e história da química tornam-se urgentes e podem fornecer subsídios teóricos para contextualizar as explicações, tornando o ensino de química significativo e real. Faz-se necessário um trabalho de escrutínio próprio da filosofia da química, na busca das respostas às questões básicas do sistema pedagógico da química em princípios de seleção, organização e decisões curriculares. O que é química? Para quê? Onde? Como? Quando? São perguntas que permeiam o ensino considerado socialmente válido para integrar o currículo. Assim, pensar em ciência é pensar em história e cultura, é discutir questões como cidadania, tecnologias, formação de professores, linguagem, história, política, saberes populares e escolares, religião, filosofia, sociologia, dentre outros.¹⁰ Nesse sentido, para termos um sistema pedagógico com caráter emancipatório e crítico, necessitamos dar

⁷ Chassot, *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*, 3ª ed. (Ijuí: Unijuí, 2003).

⁸ Wildson Luiz Pereira dos Santos & Eduardo Fleury Mortimer, “Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C -T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira,” *Ensaio - Pesquisa e Educação em Ciências* 2, nº 2 (dez. 2002).

⁹ Wildson Luiz Pereira dos Santos et al., “Química e sociedade: uma experiência de abordagem temática para o desenvolvimento de abordagens e valores,” *Química Nova na Escola*, nº 20 (nov. 2004).

¹⁰ Chassot, *Alfabetização científica*.

maior atenção à sua filosofia ao formar os professores; contribuir com uma teoria do ensino (estruturas sintáticas e substantivas, estrutura dos conteúdos, transposição didática) bem como a maturidade profissional e organização dos saberes docente. Para estes contextos, a relação entre filosofia e química deve ser problematizada, escrutinada, mapeada e cartografada. E afinal, quais razões justificam a introdução da filosofia no curso de Licenciatura em Química? Quais as dimensões da filosofia da química que podem ser utilizadas no ensino para uma melhor qualidade das aulas? Será possível favorecer o ensino e a aprendizagem? Quais as pesquisas recentes sobre o tema? O que dizem os especialistas atuais?

Este trabalho busca problematizar o lugar da filosofia da química no campo do ensino de química. Primeiramente, será localizada a função da filosofia na evolução da química, bem como a importância das discussões filosóficas ao longo da história; após, serão abordadas as várias visões de química de diferentes profissionais: professores, estudantes, pesquisadores, químicos industriais. Serão caracterizadas, posteriormente, as relações de diálogo entre filosofia da química e currículo, bem como os problemas de ensino e aprendizagem, pesquisas publicadas na área, para, após, problematizarmos teoricamente e apresentarmos propostas para inserir a filosofia da química ao currículo.

FILOSOFIA DA QUÍMICA

Segundo Porto, já na década de 30 do século 20 se entendia que o ensino de Química nas escolas não deveria priorizar apenas conteúdos: já havia nessa época a preocupação com a filosofia e a história da química.¹¹ Hoje, a abordagem dos historiadores da ciência aponta para a contextualização de ideias, identificação de diferentes níveis superpostos de continuidade e ruptura em relação às ideias anteriores, as particularidades das interpretações das diversas fontes que contribuíram para o desenvolvimento da química, influências externas como: das artes, ofícios, da magia, impactos de natureza psicológica e social. Isso requer do docente uma formação e conhecimento que a filosofia da química, aliada à educação química, pode contribuir de forma significativa. Alguns filósofos da ciência já têm voltado seus olhos para a química há mais de um século. Porém, somente nos últimos dez anos, a mesma está sendo debatida e aplicada para entender o currículo e o ensino da disciplina.

A procura da desejável visibilidade da química no contexto da filosofia da ciência tem orientado um programa mínimo e inicial da pesquisa em filosofia da química:

¹¹ Paulo Alves Porto, "História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade," in *Ensino de Química em foco*, Santos & Maldaner, 160.

Quadro 1: Tabela das principais linhas de pesquisa no início da filosofia da química. Fonte: Schummer¹²

PROBLEMAS	PROBLEMAS ASSOCIADOS
Ontologia química	Tipos naturais, referência, sistema de classificação, propriedades materiais e organizações das redes de relações, periodicidade (Schummer, 2006; Harré, 2005)
Conceituação e representação	Linguagem icônica e diagramática; modelos; à explicação estrutural; dualidade e circularidade dos conceitos. (Schummer, 2006; Goodwin, 2003, 2008, 2010).
Questões fundacionais	Axiomatização da tabela periódica; teoria dos grupos; simetria e topologia (Schummer, 2006; Earley, 2004, 2006a, 2011)
Relação com a física e com a biologia	Reduccionismo/emergentismo/pluralismo; autonomia da química; ciência de serviço.

A primeira Conferência Internacional de filosofia da química foi realizada em 1994. As reuniões anuais da American Chemical Society dedicam sessões para questões relacionadas à interação entre a química e a filosofia. A primeira edição da revista *Foundations of Chemistry*, dedicada à Filosofia da Química, foi publicada em 1999.

Eric Scerri¹³ recomenda a utilização mais cuidadosa dos filósofos em questões educacionais, sugerindo ao educador um conhecimento maior da posição filosófica que assumem. O autor também lamenta que a filosofia, que fornece a análise mais sistemática dos modos de pensar, tem sido tradicionalmente imemore pelos químicos e que os docentes, por menos que seja de seu interesse, devem avigorar os conceitos filosóficos que contribuíram para melhorar (ou piorar) o desenvolvimento da ciência química. Naturalmente, os filósofos da ciência têm sua atenção concentrada na física, uma vez que é uma ciência fundamental. Mas o fundamental não significa necessariamente o mais importante¹⁴ e, tendo em vista a riqueza e complexidade da química, que serve de elo entre a física e a biologia, espera-se que o estudo filosófico acrescente grandes contribuições para a ciência como um todo.

Joachim Schummer¹⁵ se surpreende diante da incapacidade dos filósofos, nos tempos recentes, em abordar química. Diante da magnitude, importância e vasta história desta ciência, é um campo que não se pode ignorar. Schummer perpassa o passado, o presente e transpõe sobre o futuro da filosofia da química. No passado, existiu uma tradição marxista de revisão da química, cultivada por Friedrich

¹²J. Schummer, "The philosophy of chemistry: From infancy towards maturity," in *Philosophy of chemistry: Synthesis of a new discipline*, ed. D. Bair, E. R. Scerri, & L. MacIntyre, 19-39 (Dordrecht: Springer, 2006).

¹³E. R. Scerri, "Philosophical Confusion in Chemical Education Research," *Journal of Chemical Education* 80, n° 5 (2003).

¹⁴ibid.

¹⁵J. Schummer, "Societal and Ethical implications of nanotechnology: Meanings, interest groups and social dynamics," *Techne: Research in Philosophy and Technology* 8, n° 2 (2005), <http://scholar.lib.vt.edu/> (acessado em 24 de janeiro de 2015).

Engels e prorrogada pelos países marxistas. E quando os filósofos abandonaram este campo, tomaram seu lugar historiadores e educadores químicos. Foram escritos textos filosóficos sobre química. Já nos anos oitenta do século XX, tamanho foi o descuido em relação à filosofia da química, pois não há contribuições ou debates importantes na área. Esta situação começou a mudar na década de noventa: numerosas conferências dedicadas exclusivamente à filosofia da química, a publicação de Hyle e *Foundations of Chemistry* e a criação da “Sociedade Internacional para a filosofia da química” (ISPC). A ISPC vem realizando conferências internacionais de filosofia da química desde 1997.

Schummer¹⁶ destaca os temas de importância em filosofia da química: o reducionismo, as tentativas de adaptar à química, conceitos da filosofia da ciência, como o naturalismo, a ética profissional e a história da ciência. A filosofia da química poderia explicar conceitos como: elemento, substância pura, composto, afinidade eletrônica, a lógica das reações químicas, da classificação química, métodos de descobrimento que foram importantes para cientistas que tiveram êxito, as relações entre ciência e tecnologia. Para entender o mundo material em que vivemos, necessitamos de noções mais aprofundadas de substância, por exemplo, uma noção de como os cientistas chegaram a essas substâncias, como as identificamos e como as projetamos frente ao futuro num mundo que está em constante processo de construção.

Segundo Scerri¹⁷, mesmo químicos teóricos, a partir da década de setenta, quando trabalhavam com o desenvolvimento de modelos de química quântica, começaram a pôr em dúvida o reducionismo, afirmando que os fenômenos químicos se dão num nível mecânico quântico, mas não se reduzem a ele. A partir dos anos noventa, a necessidade de reflexões filosóficas sobre a química foi ficando mais visível, sendo essencial, tanto para a análise de teorias, leis, tanto para situar a química no conjunto da cultura e na história das ideias. Químicos já não trabalham em isolamento, mas em grupos de trabalho, intercâmbio de ideias.

Encuentros periódicos em muchos países, como el *Werkgroep Filosofie van de Chemie* em Holanda, el *Gruppo Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica* em Italia y *Arbeitskreis Philosophie und Chemie* em Alemania(...).Em 1994, los encuentros nacionales si convirtieron en una serie de conferencias internacionales em Londres (marzo), Karlsruhe (abril), Marburgo (noviembre) y Roma (diciembre).En 1997 los vínculos internacionales posibilitaron el establecimiento formal de la *Sociedad Internacional para la Filosofía de la Química*, que sostiene simposios anuales em verano.¹⁸

¹⁶ Ibid.

¹⁷ Eric R. Scerri, “Some Aspects of the Metaphysics of Chemistry and the Nature of the Elements,” *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry* 2, nº 11 (2005): 127-145.

¹⁸ Schummer, “Societal and Ethical implications of nanotechnology.”

Porém, a filosofia da química ainda é um campo de interesse essencialmente americano e europeu. Dos países sul-americanos, apenas a Argentina e Colômbia, na figura dos pesquisadores Martin Labarca, Olimpia Lombardi e Andres Bernal Daza, Guillermo Restrepo, mostram contribuição significativa.

Não temos como não nos maravilhar diante da química. Segundo Bair et al.¹⁹, todo o visível ostenta a arte de quem a desenvolve. Existem produtos usados há muito tempo e outros novos, de tecnologia avançada, com nano partículas que produzem efeitos e qualidades surpreendentes. Porém, não vemos o trabalho dos químicos no mundo em que vivemos, “a química está denegrida pelos físicos e ignorada pelos filósofos”²⁰. A filosofia da química vem auxiliando a química a tornar-se visível e aceita como passível a reflexões críticas dentro e fora do laboratório.

Apesar da sua quase onnipresença, essa ciência apresentou-se, até meados dos anos 90, quase invisível aos filósofos.²¹ Nesse contexto de superação dos limites disciplinares de um campo essencialmente interdisciplinar e fragmentado, com exemplos de inter, multi e policiências, estrutura-se a filosofia da química.²² Após os anos 1950, a química se transforma em uma ciência pós-acadêmica e pós-industrial, caracterizada por uma investigação eminentemente interdisciplinar e superando os seus subcampos disciplinares mais tradicionais.²³

Para Bensaude-Vincent & Stengers²⁴, a química, apesar de sua longa história, múltiplos atores e contextos, enormes êxitos técnicos e práticos, alternativamente servidora, mestre ou rival de suas vizinhas, a física e a biologia, não acabou ainda de definir sua identidade e o seu lugar na enciclopédia. E mais, Bensaude-Vincent & Stenger²⁵ defende que a química, como uma tecnociência que combina o conhecer e o saber fazer, o real e a representação, focada no desempenho e na produtividade, que trabalha com uma rede variada de autores, com uma pesquisa interdisciplinar, poderia tornar-se a ciência modelo do século XXI. Isso diz respeito à difícil relação entre filosofia e química, principalmente no século XX.

O campo da física, por exemplo, como afirma Schummer²⁶, demonstra esplêndidas teorias, reflexões sobre a relatividade, a teoria quântica e as teorias da física que, em geral, vêm dominando a filosofia da ciência do século XX. A química oferece uma quantidade de modelos que se baseia tanto em

¹⁹ D. Bair, E. R. Scerri, & L. MacIntyre, *Filosofia de la química: Síntesis de una nueva disciplina* (México: Fondo de Cultura Económica, 2011).

²⁰ Ibid.

²¹ J. Van Brakel, *Philosophy of chemistry. Between the manifest and the scientific image* (Leuven: Leuven University Press, 2000); J. Van Brakel, “On the neglect of the philosophy of chemistry,” *Foundations of Chemistry* 1 (1999): 111–174.

²² Schummer, “The philosophy of chemistry”; e J. Sjonstrom, “Beyond classical chemistry: Subfields and metafields of the molecular sciences,” *Chemistry International* 28 (Set.–Out. 2006): 9–15.

²³ Sjonstrom.

²⁴ B. Bensaude-Vincent & I. Stengers, *História da Química* (Lisboa: Instituto Piaget, 1992).

²⁵ Ibid.

²⁶ Schummer, “The philosophy of chemistry”.

teorias da física, quanto em generalizações experimentais. Focando melhor nosso olhar, é possível ver a química como a física aplicada, complicada. Ou seja, para entender a ciência, seria necessário entender a física. Para Ribeiro & Pereira, o conhecimento em química é orientado por um fisicalismo reducionista, um positivismo pedagógico e uma formação profissional de futuro cientista.²⁷ Enfim, segundo Berkel, o ensino de Química, hoje, transmite a ciência como produto e não como processo.²⁸ Scerri & McIntyre²⁹ argumentam que a dimensão filosófica da química necessita de uma atenção especial. Antes da virada do século XX, a química estava no centro das atenções filosóficas, porém, com após a descoberta da radioatividade e com o desenvolvimento da teoria quântica, o ensinamento de átomo foi retirado da química e ligado à física. Segundo Scerri³⁰, nesse período os químicos passaram a ser vistos como profissionais fazendo física aplicada. Nesse sentido, docentes continuam a orientar o ensino da estrutura atômica baseando-se em modelos sem enfoque filosófico.

Naturalmente, os filósofos da ciência têm sua atenção concentrada na física, uma vez que é uma ciência fundamental. Mas o fundamental não significa necessariamente o mais importante³¹ e, tendo em vista a riqueza e complexidade da química, que serve de elo entre a física e a biologia, espera-se que o estudo filosófico acrescente contribuições para a ciência como um todo.

HISTÓRIA E FILOSOFIA DA QUÍMICA: UMA FERRAMENTA PARA O ENSINO

A química tem uma longa e rica história, caracterizada por visões filosóficas, diversas maneiras de interpretar o mundo, cosmologia, erros e acertos, escritos desorganizados, até o experimentalismo, o mecanicismo e a abstração matemática. Muitos historiadores alegam que, a partir dos trabalhos de Robert Boyle, e, principalmente, a partir da publicação do "The Sceptical Chemist", em 1661, o pensamento químico foi reformulado, colocando a química em seu patamar de "ciência-mecanicista".³² Boyle, segundo Alfonso-Goldfarb³³, tem seu interesse voltado à tentativa de "passar da Alquimia a uma ciência da matéria em consonância com a filosofia natural mecanicista"³⁴.

Por outro lado, ao ter consciência do pré-conceito em relação à química, formado por aqueles que cultivavam a "filosofia natural", Boyle se propôs a elaborar uma série de

²⁷ M. A. P. Ribeiro & D. C. Pereira, "Pluralistic Constitution of Chemistry: Planes of Thought, Curriculum Guidelines, Epistemological and Didactic," in *11th International IHPST and 6th Greek History, Philosophy and Science Teaching Joint Conference*, 2011.

²⁸ Bernard van Berkel, "The Structure of Current School Chemistry. A Quest for Conditions for Escape," (Tekst. - Proefschrift Universiteit Utrecht, 2005) apud M. A. P. Ribeiro & D. C. Pereira, "Diagrama fundamental da educação química: Uma proposta fundamentada na filosofia da química," in *XVI Encontro Nacional do Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQU)*, Salvador (17 a 20 de julho 2012).

²⁹ E. R. Scerri & L. McIntyre, "The case for the philosophy of chemistry," *Synthese* 111, n° 3 (jun. 1997): 213-232.

³⁰ Scerri, "Philosophical Confusion in Chemical Education".

³¹ Ibid.

³² A. M. Alfonso-Goldfarb, *Da alquimia à química* (São Paulo: Landy, 2001).

³³ Ibid.

³⁴ Ibid., 13.

experimentos e teorias ao mesmo tempo claros e precisos, a ponto de integrar a química a este novo saber universalizado.³⁵

Outro marco importante na história da química foram os trabalhos de Antonie Lavoisier, o *Traité élémentaire de chimie*³⁶, em 1791 e, considerada a “nova identidade da Revolução Química”³⁷, quando o trabalho de Lavoisier tornou-se formalizado, em 1890, através da publicação do livro “*La révolution chimique- Lavoisier*”³⁸. Já entre docentes de química, não há entendimento e um consenso sobre quando esta iniciou como ciência, alguns educadores acreditam que a química iniciou com o início da humanidade, outros com Boyle, outros com Lavoisier, há também os que defendem que a química iniciou com a ruptura da alquimia.³⁹

A maioria dos docentes preocupa-se em conhecer e orientar os educandos em relação aos conceitos em química, porém, não deveriam apenas trabalhar em suas aulas conceitos, teorias, fenômenos, mas, sim, a história desses acontecimentos e quais as questões filosóficas envolvidas nesses contextos. A história da química, numa perspectiva filosófica e reflexiva, deve ser aplicada como uma ferramenta para ensinar, pois estudantes envolvem-se com histórias e podem aprender através delas. O discente perceberá, assim, que os químicos que estudaram essas teorias foram seres humanos, que possuíam atitudes humanas, que erravam e acertavam.

QUÍMICA: PLURALISMO DE VISÕES ACERCA DE UMA CIÊNCIA ÚNICA

A definição de química, principal fundamento do currículo de química, é intrínseca à definição de sua identidade disciplinar.⁴⁰ Esse problema tem relação direta com o currículo. Isso é captado por Laszlo em seu artigo “Towards Teaching Chemistry as a Language”⁴¹. Para o autor, é preciso definir a química como a “ciência das transformações da matéria”. Assim, torna-se lógico dividi-la em: Estática, que abrange equilíbrios químicos e seu estudo e Dinâmica ou Cinética química, um estudo dos parâmetros que influenciam as reações químicas. O que vem à tona é como montar entidades como átomos ou moléculas em outras entidades, conjuntos supramoleculares visando nanotecnologias, por exemplo. Para os historiadores pós-modernos e filósofos da ciência é uma tecnociência; para outras pessoas, com inclinação industrial, é a ciência da inovação, assim como alguns podem ver a química, alternativamente, como uma arte. Além disso, muitos estudantes não conseguem distinguir conceitos, como por exemplo,

³⁵ Ibid., 167.

³⁶ R. Siegfried, “The Chemical Revolution in the History of Chemistry,” *Osiris* 4 (1988): 34-53.

³⁷ Ibid.

³⁸ Ibid.

³⁹ Débora S. Kavalek, “El papel de la historia y la filosofía de la ciencia en la formación de profesores de química: Un análisis Comparativo en UBA y UFRGS” (tese de mestrado, UTN, Argentina, 2010).

⁴⁰ M. A. P. Ribeiro, & D. C. Pereira, “Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations,” *Science & Education* 22, nº 7 (jul. 2013): 1809-1837.

⁴¹ P. Laszlo, “Towards Teaching Chemistry as a Language. *Science Education*,” *Science & Education* 22, nº 7 (jul. 2013): 1669-1706.

entre uma definição e uma propriedade, um elemento e um átomo, ou, simplesmente, uma substância e uma molécula.

Para Sjostrom, no século XX, a química perde centralidade para a física por causa do reducionismo e, recentemente, é transformada em ciência de serviço pela biologia. Na atualidade, busca ganhar emancipação da física e definir sua autonomia disciplinar.⁴²

Bensaude-Vincent & Stengers⁴³ tomam explicitamente a identidade disciplinar da química como problemática e transversal à sua história disciplinar. As autoras organizam a narrativa em torno de eixos capazes de mapear sua identidade, continuamente articulada entre práticas instrumentais, às profissões e às instituições. Um primeiro eixo refere-se às suas origens (filosofia natural, alquimia e artes práticas); o segundo refere-se ao processo de racionalização como ciência nos séculos XVII e XVIII. No século XIX, a química torna-se uma “ciência de professores” e desempenha papel central na expansão industrial; no século XX, há o desmembramento em subculturas químicas.⁴⁴

Bensaude-Vincent⁴⁵ classifica o estilo de pensamento da química como estilo de laboratório e, posteriormente, defende “chemistry as technoscience”⁴⁶. Chamizo⁴⁷, em *Technochemistry. One of the chemists’ ways of knowing*, defende a tecnociência como uma forma de conhecimento químico.

Talanquer⁴⁸ também defende que a química deve ser caracterizada como uma tecnociência e, dessa forma, deve aproximar elementos de sua prática ao seu ensino.⁴⁹ Há consenso em considerar a química uma tecnociência.⁵⁰

Nordmann⁵¹ utiliza o termo metaquímica, para defender a química como uma ciência interventiva. A metaquímica⁵², para Nordmann, organiza a prática científica. Também Bensaude-Vincent⁵³ tem trabalhado na temática. Ambos problematizam uma filosofia da tecnociência como distinta da filosofia da ciência, no sentido dos objetos de pesquisa. Quando um experimento é apresentado como uma evidência científica que confirma ou não uma hipótese, isso concorda com uma visão tradicional de ciência. Quando moléculas orgânicas são apresentadas por sua capacidade de servir individualmente como corrente

⁴²Sjostrom.

⁴³Bensaude-Vincent & Stengers, 23-54, 128-129, 198-199.

⁴⁴B. Bensaude-Vincent & V. Nurock, “Ethique des nanotechnologies,” in *Traité de bioéthique*, ed. Emmanuel Hirsch, vol. 1, 355-369 (Paris, Erès, 2010).

⁴⁵B. Bensaude-Vincent, “The chemists’ style of thinking,” *Ber.wissenschaftsgesch* 32, nº 4. (dez. 2009) 365–378.

⁴⁶Bensaude-Vincent & Nurock, “Ethique des nanotechnologies.”

⁴⁷J. A. Chamizo, “Technochemistry: One of the chemists’ ways of knowing,” *Foundations of Chemistry* 15, nº2 (jul. 2013): 157-170.

⁴⁸V. Talanquer, “Macro, Submicro, and Symbolic? The Many Faces of the Chemistry Triple,” *International Journal of Science Education* 33, nº 2, (jan. 2011) 179-195.

⁴⁹Ibid.; e V. Talanquer & J. Pollard, “Let’s teach them how we think and not what we know,” *Chemistry Education Research and Practice* 11 (2010): 74-83.

⁵⁰Laszlo, “Towards Teaching Chemistry”; Bensaude-Vincent & Nurock, “Ethique des nanotechnologies”; e B. Bensaude-Vincent, “The chemists’ style of thinking,” *Ber.wissenschaftsgesch* 32, nº 4. (dez. 2009) 365–378.

⁵¹A. Nordmann, “From metaphysics to metachemistry,” in *Philosophy of Chemistry: synthesis of a new discipline*, ed. D. Baird, E. R. Scerri, & L. McIntyre (Dordrecht: Springer, 2006): 347-362.

⁵²A Metaquímica trata de como a química constrói as explicações, as teorias.

⁵³B. Bensaude-Vincent, “The chemists’ style of thinking”; e Bensaude-Vincent & Nurock, “Ethique des nanotechnologies.”

elétrica e por suportar fortes correntes, isto é uma grande marca da tecnociência. A diferença fundamental das tecnociências é posta no sentido do seu interesse.⁵⁴

A química é uma tecnociência por duas razões: por causa de sua característica dual como ciência e como tecnologia e porque existem muitas técnicas envolvidas em práticas experimentais.⁵⁵

Bensaude-Vincent & Nurock⁵⁶ argumentam com algumas vantagens dessa perspectiva para a historiografia da química e a filosofia da química. Uma primeira é alargar os estudos históricos. A visão-padrão da historiografia da química é avaliar o avanço da química do ponto de vista da física. A emergência da química moderna estava associada à adoção por parte dos químicos das teorias atômicas e mecanicistas. Revisões desse padrão têm sido feitas dando importância ao laboratório.

Tecnociência não é um termo neutro e não representa uma soma de ciência e tecnologia. É uma forma diferente de produção de conhecimento. Esse conceito destrói a imagem de ciência pura, neutra e desinteressada, autônoma e puramente cognitiva.⁵⁷ Para esses autores, a especificidade epistemológica da química é sua impureza; ela é uma ciência transgressora, pluralista, heterogênea.

De acordo com Ribeiro & Pereira⁵⁸, talvez a maior dificuldade em pensar a química deva-se ao fato de ela não constituir um corpo disciplinar homogêneo e, como ciência central que é, estar inscrita em mais do que um registro filosófico, o que acarreta a mobilização de diversos estilos cognitivos e de estilos de aprendizagem e modos de ensino diferentes. Este fato, aparentemente incontroverso está ainda muito pouco investigado.

Não assumir este pluralismo constitutivo, não descrevê-lo e determiná-lo, dificulta pensá-lo e, por consequência, ensiná-lo; isto porque faz com que o currículo, a pesquisa e o ensino sejam socializados em boa parte por códigos de natureza tácita ou implícita. Assim, se tentarmos melhorar o ensino de química é necessário primeiro assumir explicitamente este pluralismo constitutivo, depois mapeá-lo na busca de eixos orientadores: primeiro do pensamento, depois do currículo e finalmente do ensino, de tal sorte que o ensino seja o mais próximo possível da forma química de operar, de pensar.⁵⁹

A falta de identidade da química nos remete à metafísica das entidades e a materialidade dos objetos da química.⁶⁰ Quais são os objetos básicos da química? Não podem ser moléculas, pois existem

⁵⁴ Chamizo, "Technochemistry"; e K. Christan & V. Talanquer, "Modes of reasoning in self-initiated study groups in chemistry," *Chemistry Education Research and Practice* 13 (2012): 286-295.

⁵⁵ B. Bensaude-Vincent, "The chemists' style of thinking."

⁵⁶ Bensaude-Vincent & Nurock, "Ethique des nanotechnologies."

⁵⁷ B. Bensaude-Vincent & J. Simon, *Chemistry: The impure Science* (London: Imperial College Press, 2008).

⁵⁸ M. A. P. Ribeiro & D. C. Pereira, "Diagrama fundamental da educação química."

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ R. Harré & J.-P. Llored, "Mereologies as the grammars of chemical discourses," *Foundations of Chemistry* 13, nº 1 (abr. 2011): 63-76; e P. Needham & D. Pierre, *Mixture and chemical combination, and related essays*, Trad. P. Needham (Dordrecht: Kluwer, 2002).

substâncias iônicas, também não podem ser as substâncias puras, pois existem muitas substâncias que não podem ser isoladas e só existem artificialmente. São observáveis ou não? São tipos naturais? São redutíveis? As entidades químicas têm sido caracterizadas por uma grande polissemia. Existe sal na água do mar? É o problema que Earley discute.⁶¹ Estritamente falando, não podemos afirmar que exista NaCl no mar, quando muito podemos falar em íons de Cl⁻ e Na⁺ dissolvidos. Também, neste âmbito, corresponde à discussão acerca do estatuto ontológico e epistemológico de conceitos como elemento, átomo, molécula e dos conceitos relacionados à estrutura e fase. Também o problema da referencialidade e da organização dos sistemas de classificações⁶² e o sistema periódico em química, para Alvarez et al.⁶³. Desse pluralismo da práxis química derivam os vários estilos cognitivos, didáticos e de aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação química necessita de discussões filosóficas para ser possível uma aceção clara em relação aos níveis de linguagem e discursos, natureza da explicação e importância dos modelos, clarificação de conceitos e especificação de uma didática. É nesse contexto que a filosofia da química faz-se urgente e pode fornecer subsídios teóricos para contextualizar as explicações, tornando o ensino de química significativo e real, visto que os docentes precisam de formação, de esclarecimento conceitual.

O ensino de química deve ir além da sala de aula: deve envolver filosofia, experiências culturais anteriores, história, psicologia e sociologia. Nesse sentido, a articulação entre essas áreas é um caminho para se chegar à alfabetização científica indispensável ao exercício da cidadania. Admitir a relação entre o passado da química e sua relação com a cultura, colocando lado a lado a ciência clássica e a moderna, restringir a distância entre a vida cotidiana e a química contemporânea, fornecem condições para entender o novo e desconhecido e utilizá-los na construção de conhecimentos mais desenvolvidos, sendo a posição filosófica a base para essa construção. Ao explicar a história e origem do saber químico, a filosofia da química contribui para um conhecimento culturalmente enraizado.

SOBRE OS AUTORES:

Débora Schmitt Kavalek

Doutoranda do Programa Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

⁶¹J. E. Earley, "Why there is no salt in the sea," *Foundations of Chemistry* 7, n° 1 (jan. 2005): 85–102.

⁶²W. Lefèvre, "Viewing chemistry through its ways of classifying," *Foundations of Chemistry* 14, n° 1 (abr. 2012): 25-36.

⁶³S. Alvarez, J. Sales, & M. Seco, "On books and chemical elements," *Foundations of Chemistry*. 10, n° 2 (jul. 2008): 79-100.

Diogo Onofre de Souza

Docente do Programa Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

José Cláudio Del Pino

Docente do Programa Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Marcos Antônio Pinto Ribeiro

Docente da Universidade Estadual da Bahia

Artigo recebido em 24 de janeiro de 2015
Aceito para publicação em 24 de junho de 2015

CAPÍTULO IV

Interconexão entre a linguagem diagramática e a discursiva: um indicador da aprendizagem em química

Interconnection between the diagrammatic language and discourse: an indicator of learning in chemistry

Débora Schmitt Kavalek

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
quimicadebora@hotmail.com

Marcos Antônio Pinto Ribeiro

Universidade Estadual da Bahia
marcolimite@yahoo.com.br

Diogo Onofre Gomes de Souza

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
diogo@ufrgs.br

José Cláudio Del Pino

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
delpinojc@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho analisa a interligação entre a linguagem discursiva e a linguagem diagramática, como um fator importante da aprendizagem em química. O que será exposto no presente artigo reproduz o trabalho que está sendo realizado em uma escola pública na cidade de Carlos Barbosa, no Rio Grande do Sul, onde setenta e três estudantes do ensino médio politécnico e da educação de jovens e adultos representaram o átomo através de um desenho, trocaram entre si e criaram um conceito de átomo a partir do desenho do seu colega. Devido à dificuldade em encontrar categorias para análise das representações, decidimos propô-las, com base na literatura da filosofia da química. Neste contexto, destacamos um dos campos da práxis química mencionado por Ribeiro (2014): a diagramaticidade, ou seja, as representações no ensino de química, para desenvolver este trabalho. Depois organizamos quatro categorias para a análise dessas representações: função e características apontadas para os diagramas, habilidades visuais e dificuldades no ensino.

Palavras chave: filosofia da química, diagramaticidade, ensino de química.

Abstract

This paper analyzes the interconnection between the discursive language and the diagrammatic language learning as an important factor in Chemistry. What will be exposed in this article reproduces the work being carried out in a public school in the city of Carlos Barbosa, in Rio Grande do Sul, where students high polytechnics represented the atom

through a drawing, exchanged and created a concept from the drawing of his colleague. Due to the difficulty in finding categories for analysis of representations, we decided to offer them based on the literature of philosophy of chemistry. In this context we highlight one of the fields of chemistry practice mentioned by Ribeiro (2014): the Diagramaticity, representations in chemistry teaching, to develop this work. After we organized four categories for the analysis of these representations: function and characteristics indicated for diagrams, visual skills and difficulties in teaching.

Key words: representation, diagramaticidade, chemistry teaching.

Introdução

Embora o pensamento químico seja essencialmente diagramático, a linguagem discursiva é necessária em todos os momentos da produção e da transmissão dos saberes químicos. Daí surge um problema fundamental: A competência em transitar, em transformar uma linguagem em outra, parece ser um indicador de um profundo conhecimento da química, e, portanto, de uma melhor transferência deste conhecimento. É assim determinante do ensino e da pesquisa em Química. Logo, como estudar e pesquisar esse campo de conhecimento? Nos estudos que relacionam linguagem química e ensino de química, identificamos que esse aspecto ainda está por desenvolver, existem poucos interlocutores, guias analíticos ou ainda categorias orientadoras. Dessa forma este trabalho busca construir as principais bases, categorias desse campo, a partir das relações de cooperação que podem ser estabelecidas entre a educação em química e a filosofia da química, tendo por base o conceito de diagramaticidade (Ribeiro, 2014). Iniciaremos nossa discussão pela filosofia da química, seguiremos sistematizando quatro categorias e finalizamos relacionando com um estudo de caso com estudantes do ensino médio politécnico e da educação de jovens e adultos de uma escola estadual de Carlos Barbosa, Rio Grande do Sul.

Filosofia da química: Contributos para estudo da linguagem química

Segundo Ribeiro (2014) os temas mais discutidos na filosofia da química (FQ) referente à linguagem química são: modelos químicos, natureza da explicação, leis e teorias químicas, conceitos químicos. Em 2003 foi publicado o livro intitulado *Chemical Explanation: Characteristics, Development, Autonomy*. Esse livro, composto por 40 capítulos, é resultado do congresso da ISPC de 1998 e tem como temática central a explicação química. Esse livro defende a autonomia da explicação química relativamente às outras ciências.

Pensa-se na química como uma ciência com características classificatórias, visual, imagética e diagramática (SCERRI, 2007; VIHALEMM, 2007; SCHUMMER, 1998). A explicação estrutural na Orgânica, baseada em diagramas, é tão eficiente quanto a matemática. Mesmo o caráter de razão diagramática tem sido reiteradamente usado (WOODY, 2000; EARLEY, 2002). Também suas explicações baseadas em mecanismos de reações têm sido a forma mais eficiente de previsão, sistematização e organização do conhecimento, potencializando a eficiência das sínteses químicas e uma agenda científica mais produtiva na ciência na atualidade (SCHUMMER, 1998). Destaca-se ainda a interrelação entre a linguagem diagramática e a linguagem discursiva na Química, reiterado pela contribuição de diversos autores (Scerri 2007; Harré & Llored 2010; Labarca & Lombardi 2010; Earley 2010; Lombardi & Llored 2012; Araujo Neto 2012; Gavroglu & Simões 2012; Chamizo 2012; Restrepo & Villaveces 2012; Ribeiro 2014; Talanquer 2012).

Nesse contexto, Ribeiro (2014), afirma que o desenvolvimento de uma filosofia da química aliada ao ensino ainda não foi proposto e o currículo da disciplina ainda continua sem transmitir o pluralismo que representa. Baseado no recente debate da filosofia da química

aliada ao currículo, o autor identificou cinco domínios (ou dimensões) de alto grau de inclusividade, transversalidade e especificidade entre filosofia, química e currículo, que são: Classificações, Processualidade, Diagramaticidade, Fenomenotécnica e Dimensão tácita.

DIMENSÃO	CAMPO DE PROBLEMAS
Classificações	Mereologia como gramática do discurso químico (Harre & Llored, 2010) Sistema periódico: História, previsão, retrodição, (Scerri, 2004), Classificações (Lefreve, 2011), Essencialismo (Harré, 2011; Vihalemn, 2007) Pierre Duhem (Needham, 2006) Ontologia para química macroscópica (Needham, 2006)
Processualidade	Química como ciência das relações (Soukup, 2005; Bernal & Daza, 2010; Earley, 2004) Realismo processual estrutural (Earley, 2006) Filosofia de processos (Earley, 2006; Stein, 2004) Emergência e auto-organização (Luisi, 2001) Influência de prigogine na química (Lombardi, 2011; Earley, 2004)
Diagramaticidade	Semiótica, visualização (Schummer & Spector, 2003) Diagrama (Goodwin, 2008) Explicação estrutural na orgânica (Goodwin, 2008) Estrutura molecular Instrumentos de papel (Klein, 2001) Influência da química em Peirce (2001) Simetria e topologia (Earley, 2006)
Fenomenotécnica	Metaquímica (Nordhamm, 2006) Revolução instrumental (Schummer, 2006) Dependência espécie x instrumento (Rothbart, 1999) Realismo prático (Vihalhem, 2011) Realismo operativo (Bensaud-Vincent, 2009) Influência da química em Bachelard (Bensaud-Vincent, 2009) Filosofia dos instrumentos (Baird, 1999; Rothbart, 1999)
Dimensão tácita	Pensamento heurístico (Nicole, Hopf & Schereiner, 2009; talanquer, 2007) Contexto da descoberta (Schummer, 2006) Razão prática (Kovac, 2002) Estética (Schummer, 2006; Laszlo, 2003) Razão histórica (Lamza, 2010) Polanyi e a química (Jo Nye, 2005)

TABELA 1- Proposta dos domínios da praxis química (Ribeiro, 2012).

Na didática da química, a diagramaticidade tem sido explorada com a “modelagem” (RIBEIRO, 2014). O problema, segundo o autor, é que o simbólico está sujeito a conflitos de interpretações. Woody (2000) afirma que um diagrama tem função comunicativa, sendo que tem a característica de ser: expressivo, representativo, operativo, explicativo, descritivo e heurístico. Para Ribeiro (2014, p. 248) um diagrama tem as seguintes características:

Simultaneidade: forma de exteriorização da mente humana, tais como mapas, esquemas, tabelas, diagramas; podem-se ver relações, proposições, conceitos; **Espacialidade:** um espaço significativo; **Hibridismo:** trata de termos icônicos e linguísticos; **Referencialidade:** sempre tem um referente no mundo, são transcrições; **Operatividade:** finalidade de operar, guiar ações; **Dependência:** tem alguma dimensão tácita, depende do contexto onde está inscrito.

Na química orgânica, percebe-se uma maior presença dos diagramas em relação a outras áreas da química, como a físico-química, por exemplo, onde predomina explicações matemáticas. Segundo Ribeiro (2014), a química orgânica formou-se efetivamente dentro da noção de organização espacial e representação estrutural, conceitos que vêm a ter centralidade na química. Desde 1858, tal consideração constituiu um paradigma (GOODWIN, 2008; TONTINI, 1999), sendo necessária a construção de uma linguagem diagramática, modelos, estruturas, trazendo novas implicações, onde a química passa a inscrever-se em outro registro filosófico: a filosofia dos signos, da imagem, uma filosofia simbólica (RIBEIRO, 2014). História, Filosofia e Sociologia da Ciência na Educação em Ciências

Representação

Segundo os estudos de Araujo Neto (2012),

O termo semiótica pode ser considerado como relativo a uma ciência que estuda os signos. O signo aqui é entendido como um elemento da atividade de comunicação ou do processo linguístico: uma imagem, texto, som, ou o gesto. A criação e o uso de signos é uma marca de distinção da espécie humana em relação a outras que habitam o nosso planeta. Um signo, por exemplo, um desenho, age como um representante, como algo no lugar de algo. Dessa maneira, podemos também qualificar qualquer pessoa como um signo, quando age como representante de alguém em um processo, ou simplesmente para fazer uma inscrição em um concurso. O representante nesse caso significa alguém que não pode estar presente no ato de inscrição (ARAUJO NETO, 2012, p.221).

A representação que será discutida neste trabalho, refere-se ao que foi originado historicamente, e que foi proposto para ser ensinado a um grupo, no caso, que faz parte de um currículo de química do ensino médio. É tarefa da educação escolar a conversão do saber objetivo ou científico em saber escolar, de modo a torná-lo assimilável pelos alunos (SAVIANI, 1994, apud Grillo et al. 1999). Por força de sua formação filosófica, das bases epistemológicas de seu conhecimento, de sua experiência, e pela interação com o aluno e com sua realidade o professor põe em ação o currículo, possibilitando a transformação (ou não) do saber a ensinar em saber aprendido. É o docente que usa de representações mentais, gráficas e linguísticas para ensinar.

Representação no ensino de química: a utilização de modelos

Representação é considerada por Araujo Neto (2012), como um processo público, de comunicação e inferência sobre as coisas. Segundo o autor, as habilidades de conhecer e de manipular as representações em suas formas gráficas começam a ser desenvolvidas no Ensino Médio. Além das formas gráficas, pode-se observar nas aulas e no relato dos docentes o uso de materiais concretos e de programas computacionais. Para Araujo Neto (2012), um dos usos mais frequentes das representações é a utilização de arranjo de átomos nos diferentes entes de estudo da química. O desenvolvimento de habilidades como: percepção espacial, visualização mental, rotação mental, orientação espacial, devem fazer parte da educação em química. Além disso, uma das habilidades essenciais para alguém construir um modelo é a criatividade (JUSTI, 2006). Porém, modelos mentais, estruturas, linguagem, etc. devem ser usados com cautela, para evitar imprecisões e dúvidas. Segundo alguns autores (GILBERT, 2009; RUSSEL, 2007, apud Araujo Neto 2012), algumas dificuldades no ensino de química, como: traduções entre fórmulas, intercambiar representações, representar tridimensionalmente estruturas tem sido creditadas ao aprendizado de representações.

Modelo é uma representação concreta de alguma coisa (JUSTI, 2006). Pode ser considerado uma cópia da realidade (JUSTI, 2006, p.175). O conceito que vem sendo aceito para modelo, ultimamente, é da representação de uma ideia, objeto, acontecimento, processo ou sistema, criado com um objetivo específico (GILBERT, BOULTER y ELMER, 2000, apud Justí, 2006). Não existem regras para a construção de modelos (JUSTI, 2006), os mesmos são usados de forma tácita nas explicações, gerando dúvidas e ambiguidades. Para Araujo Neto (2012), deve-se ter cuidado no uso de modelos, pois os estudantes pensam os modelos como brinquedos ou cópias da realidade; acham que os modelos são produzidos conscientemente, com um propósito, com algum aspecto da realidade sendo omitido; veem o modelo como construído para desenvolver ideias e não como uma cópia.

Também os modelos concretos utilizados, muitas vezes comprometem a devida

abstração, por exemplo, as bolinhas, que são comumente empregadas nas explicações referentes a átomos. Essa substituição de signos icônicos e simbólicos por signos pictóricos (Araujo Neto, 2012) leva a problemas como: separação da informação conceitual da representação física apropriada; foco nos modelos químicos como modelos físicos, ocasionando confusão de modelos (Erduran; Adúiz-Bravo; Naaman 2007, apud Araujo Neto, 2012), fonte de outro problema: o linguístico.

Metodologia

Iniciou-se, em março de 2015 e pretende-se prosseguir até o final do ano letivo, com cinco turmas de ensino médio politécnico e de educação de jovens e adultos (EJA), de uma escola estadual, um trabalho que busca integrar a FQ à educação em química. A escola está localizada no município de Carlos Barbosa, interior do Rio Grande do Sul, onde se assumiu a regência de classe, através de um contrato temporário, de cinco turmas, sendo três do ensino médio politécnico e duas de EJA. A escola abarca alunos de quatro municípios: Carlos Barbosa, Barão, São Pedro da Serra e Salvador do Sul. Os discentes, em sua maioria, trabalham durante o dia, em empresas da região, alguns fazem cursos ou participam do Programa Jovem Aprendiz.

A ideia iniciou com a solicitação da docente aos estudantes, logo no primeiro dia de aula, de um desenho que representasse um modelo de átomo. Após esse momento, os discentes trocaram entre si as representações, e foi solicitado que criassem conceitos a partir dos desenhos de átomo. O trabalho foi realizado com três turmas do Ensino Médio Politécnico e duas turmas de EJA (Educação de jovens e adultos) do Ensino Médio, sendo um total de setenta e três alunos. Dentro do contexto da diagramaticidade em química, elaboramos quatro categorias que serão utilizadas para a análise dos dados:

CATEGORIAS	REFERÊNCIA DE ANÁLISE
Função	Expressão, Representação, Operação, Explicação, Descrição e Heurística
Características	Simultaneidade, Espacialidade, Hibridismo, Referencialidade, Operatividade, Dependência
Habilidades visuais	Percepção e orientação espacial, visualização mental, rotação mental
Dificuldades no ensino	Intercambiar representações, representar tridimensionalmente estruturas, substituição de signos simbólicos por signos pictóricos

TABELA 1- Proposta de categorias para a análise das representações diagramáticas e linguísticas

As representações foram analisadas, com base nas três categorias propostas neste trabalho. **Espacialidade:** das setenta e três representações de átomos, cinco desenhos apresentaram o átomo em duas ou mais dimensões, dando a entender que possuem órbitas, cinco apresentam o átomo, dando a entender como estando em movimento, como se tivessem “falsos pés”. Os demais desenhos apresentam o átomo em uma dimensão, sem parecer estar em movimento. **Dependência:** dois desenhos apontaram o átomo dentro de uma figura humana, uma representação expôs átomos numa barra de ferro. Já um aluno desenhou átomos formando gotas d’água, outro aluno identificou os átomos em moléculas de água e quatro estudantes representaram o átomo, como “esferas ligadas entre si por linhas”. As demais representações ilustraram átomos como estruturas independentes.

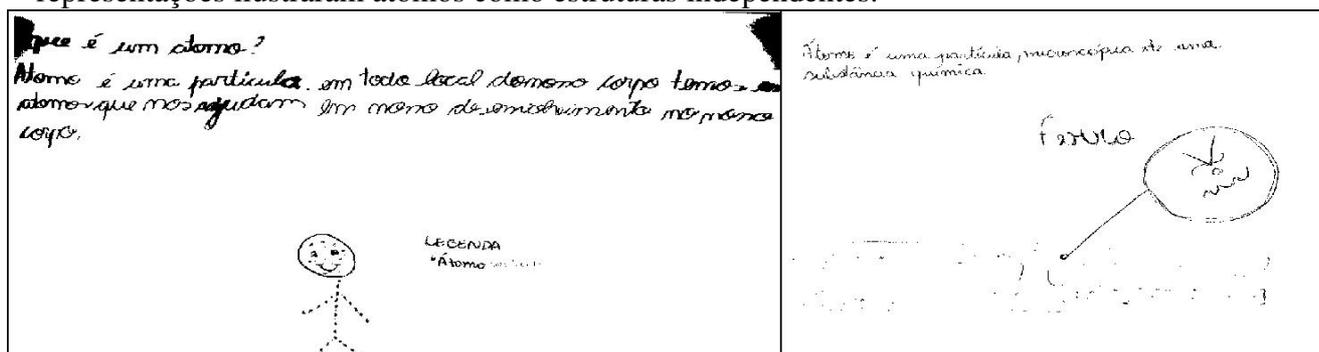


Figura 01- Exemplos de representações e conceitos de átomos

Obstáculos no ensino:

Substituição de signos simbólicos por signos pictóricos: dos setenta e três educandos, quatorze representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os mesmos, como, por exemplo, um olho, um abacaxi, o número dois, uma flor, um disco voador e outros. Treze alunos expuseram o átomo como “bolinhas”, um aluno indicou o átomo como um ponto e quatro alunos não desenharam nada.

Representação de camadas, núcleo e partículas: das setenta e três representações, vinte e três indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando partículas nessas camadas e um ponto central, aproximando-se das representações do livro didático utilizado pelas turmas (MORTIMER, 2013).



Figura 02- Algumas representações de átomos

3- Conceitos elaborados a partir de modelos: em relação aos conceitos de átomos elaborados a partir dos desenhos, verificou-se que: em cinquenta e um conceitos, os estudantes conceituaram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega. Já vinte e dois referiram-se a conceitos já estudados, inserindo aos conceitos as palavras: núcleo, elétrons, moléculas, energia, elemento químico e tabela periódica.

Discussões:

Diante dos resultados apresentados, perceberam-se dois aspectos importantes: o primeiro relacionado à confusão de modelos, onde, num total de setenta e três desenhos de átomos, observaram-se dezoito representações que não demonstram entendimento da estrutura atômica, nem dentro de um contexto, sendo que, quatorze alunos representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os mesmos, como, por exemplo, o número dois, um disco voador, uma flor e outros. Quatro alunos não desenharam nada. Já cinquenta e cinco estudantes, simbolizaram o átomo com pontos, esferas, pontos em figura humana, circunferências, demonstrando algum conhecimento da estrutura da matéria. Porém, muitos estudantes ainda não têm discernimento a respeito da diferença entre átomo, molécula e substância, nível micro e macroscópico.

Outro aspecto a ponderar é que, um total de cinquenta e um estudantes, criaram conceitos assim como observaram nos desenhos dos colegas, mesmo que estas apreciações não caracterizavam adequadamente um átomo, como, por exemplo: “átomo é um olho olhando para baixo”. Este ponto nos leva à consideração de que modelos mentais, estruturas, linguagem, devem ser usados pelo docente com cautela, para evitar imprecisões e dúvidas.

Diante destas considerações, a filosofia da química torna-se importante, fazendo-se necessária a reflexão e estudo em relação aos diagramas utilizados nas aulas de química no ensino básico, para evitar confusões e equívocos no ensino de conceitos tão fundamentais, como o que se refere ao átomo.

Conclusões:

Esse trabalho mostra as linhas principais de um campo em investigação. Como dito, apesar do pensamento químico ser caracterizado por uma diagramaticidade, a linguagem discursiva é necessária em todos os momentos da produção e comunicação do conhecimento químico. Logo, é necessário estudar a interconexão entre as duas linguagens. Sugerimos que esta competência pode e deve ser um indicativo de boa aprendizagem e prática química. Parece mesmo ser o núcleo duro da práxis química. Nesse trabalho investigamos quatro categorias principais que podem ser tanto indicadores analíticos como categorias de análise no desenvolvimento do ensino, bem como de pesquisas. Diante das categorias expostas é possível fazermos algumas inferências. Uma primeira é que a função privilegiada no uso dos diagramas é como expressão e comunicação. A função heurística parece pouco usada. Uma maior investigação pode agora ser iniciada e organizada.

Referências –

- ARAUJO NETO, W. N. Estudos sobre a Noção de Representação Estrutural na Educação em Química a Partir da Semiótica e da Filosofia da Química. In: **Rev. Virtual Quim.** 2012, 4 (6), 719-738. Data de publicação na Web: 18 de novembro de 2012.
- CHASSOT, A. I. Prováveis modelos de átomos. In: **Química Nova na Escola**, v.3, 1996.
- CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné.** Grenoble : La pensée sauvage, 1985.
- CHEVALLARD, Y . **Sur l'analyse didactique : deux études sur les notions de contrat et de situation**, Aix. Marseille, IREM n.º 14, 1988.
- EARLEY, J. E. **Three concepts of chemical closure and their epistemological significance.** [Http://philsci-archive.pitt.edu/5565/](http://philsci-archive.pitt.edu/5565/), 2010, acesso em 21/03/2015.
- GAVROGLU, K.; SIMÕES, A. From Physical Chemistry to Quantum Chemistry: How Chemists Dealt with Mathematics. In: **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin,v.18, n. 1, p.45-68, 2012.
- GOODWIN, W. M. Structural formulas and explanation in organic chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v.10, n.2, 2008.
- GRILLO, Marlene Corroero et al. **Transposição didática : uma prática reflexiva.** Educação, Porto Alegre, ano XXI, n.º 37, p. 33-50, mar/1999.
- HARRÉ, R.; LLORED, J. Mereologies as the grammars of chemical discourses. In: **Foundations of Chemistry**. New York, 2010.
- JUSTI, Rosário. **La enseñanza de ciencias baseada em la elaboración de modelos.** Enseñanza de las ciencias, 24(2) 2006.
- LABARCA, M.; LOMBARDI, O. Why Orbitals Do Not Exist? In: **Foundations of Chemistry**. New York, v.12, n.2, p.149-157, 2010.

LASZLO, P. **A palavra das coisas ou a linguagem da química**. Lisboa: Gradiva, 1995. 283p.

LOMBARDI, O. & LLORED, J. Múltiplos way pluralism in chemistry. In: **ISPC - International Society for the Philosophy of Chemistry**. 7 - 10/08/2012. Leuven. Anais..., Leuven.

MORTIMER, E. F. Para Além das Fronteiras da Química: Relações Entre Filosofia, Psicologia e Ensino de Química. In: **Química Nova**. Sociedade Brasileira de Química, v.20, n.2, p.200 - 207, 1997.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000,383 p.

MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. In: **Química Nova na Escola**, v.1, 1995.

MORTIMER, E. F. e MIRANDA, L. Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas. In: **Química Nova na Escola**, v.2, 1995.

MORTIMER, E. F. e SMOLKA, A. B. (org.) **Linguagem, Cultura e Cognição**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001, 223p.

MORTIMER, E.F., MACHADO, A.H. Linguagem Numa Sala de Aula de Ciências. In: **Presença Pedagógica**. Belo Horizonte: Dimensão, v.2, n.11, p.49 - 57,1996.

MORTIMER, E.F., MACHADO, A.H. **Química: ensino médio**. 2 ed.- São Paulo: Scipione, 2013.

RESTREPO, G.; VILLAVECES, J. Chemistry, a Lingua Philosophica. In: **Foundations of Chemistry**. New York, v.13, n.3, p.233-249, 2012.

RIBEIRO, M.A.P. **Integração da Filosofia da química no currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia no ensino**. Tese doutoral. Universidade de Lisboa: Lisboa, 2014.

ROMANELLI, L. I. O professor no ensino do conceito átomo. In: **Química Nova na Escola**, v.3, 1996.

SCERRI, E. **The Periodic Table: Its Story and Its Significance**. Oxford University Press, New York, 2007.

SCHUMMER, J. The chemical core of Chemistry: A conceptual approach. **HYLE, International Journal for Philosophy of Chemistry**, v.4, n.1, p.129–162, 1998.

TALANQUER, V. School Chemistry: The Need for Transgression. In: **Science & Education**, New York, online first 14 Jan., 2012.

TONTINI, A. Developmental aspects of contemporary chemistry. Some philosophical reflections. **HYLE - An International Journal for the Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.5, p.57-76, 1999.

VIHALEMM, R. Philosophy of Chemistry and the image of science. **Foundations of science**. [S.l.], v.12, n.3, p.223–234, 2007.

WOODY, A.; GLYMOUR, C. Missing Elements. What Philosophers of Science Might Discover in Chemistry. In: BHUSHAM, N.; ROSENFENL, S. (eds.): Of Minds and Molecules. New York: Oxford University Press, 20

CAPÍTULO V


Email do Outlook




Pesquisar Email e Pessoas 

 Novo |
  Responder |
  Excluir
  Arquivar
  Lixo eletrônico |
  Limpar
  Mover para |
  ...
  ↑
  ↓
  ✕
  Desfazer

^ Pastas

- Caixa de Entr. 1967
- Lixo Eletrônico 4
- Rascunhos 6
- Itens Enviados
- Itens Excluídos 52
- Arquivo Morto

^ Categorias

- b

1192 Comentarios editores REEC



Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias

12/05/2016

Você 

 Responder |

Você respondeu em 16/05/2016 07:23.

Referencia: REEC 1192

Autores Débora Schmitt Kavalek, José Cláudio Del Pino, Marcos Antônio Pinto Ribeiro, Diogo Onofre de Souza

Estimado/a colega:

Vuestro trabajo

Título: A Transição entre a linguagem diagramática para a discursiva no ensino de química: um estudo no conceito de átomo

PARA SEGUIR EL PROCESO DE EVALUACIÓN DEBE SER REVISADO por los autores. Antes de seguir para avaliação o texto deve adotar a estrutura definida pela REEC.

Para que su trabajo siga el proceso de evaluación DEBE CONTESTAR EN EL PROPIO CORREO A CADA UNO DE LOS COMENTARIOS DE LOS EVALUADORES, ADEMÁS DE HACER LOS CAMBIOS Y SEÑALARLOS POR EJEMPLO EN ROJO EN EL MANUSCRITO.

Un saludo cordial

Reciba un cordial saludo,

REEC

E-mail para seguimento do processo de avaliação do trabalho

A TRANSIÇÃO ENTRE A LINGUAGEM DIAGRAMÁTICA E DISCURSIVA NO ENSINO DE QUÍMICA: UM ESTUDO NO CONCEITO DE ÁTOMO²

Resumo:

Após pesquisa relacionada à diagramaticidade, campo de discussão da Filosofia da Química, e, tendo em vista a dificuldade de transição da linguagem diagramática para a linguagem discursiva, realizou-se um trabalho para verificar mudanças na linguagem de alunos do ensino médio politécnico e educação de jovens e adultos de uma escola estadual do município de Carlos Barbosa, RS. Através de desenhos e conceitos, e, em seguida, um trabalho pautado na diagramaticidade, ou seja, nas representações, nesse caso de átomos e moléculas, avaliaram-se mudanças na linguagem diagramática e discursiva dos estudantes.

Palavras-chave: filosofia da química; linguagem discursiva e diagramática; átomo.

Title: The transition between the diagrammatic language for discursive in chemistry teaching: a study in the atom concept.

Abstract:

After research related to diagramaticidade, discussion field of Chemical Philosophy, and, in view of the difficulty of the transition diagrammatic language for discursive language, work to check changes in the language of high school students and polytechnic education of youth and adults from a state school in the city of Carlos Barbosa, RS. Through designs and concepts, and, then a work based on diagramaticidade, that is, representations, in this case of atoms and molecules, evaluate changes in diagrammatic language and discursive language of the students.

Keywords: chemical philosophy; language diagrammatic and discursive; atom.

Introdução

2

O ensino de química apresenta muitas dificuldades, incertezas, desafios e críticas, que ainda estão andando lentamente em busca de soluções. Uma das principais dificuldades que identificamos indicador de aprendizagem e prática química é a interconexão entre linguagem diagramática e discursiva, ou seja, a transição entre a representação (modelo) e o conceito.

O presente estudo fundamenta-se principalmente em pesquisa própria sobre a Filosofia da Química (FQ) (Kavalek, 2013), campo disciplinar constituído por uma variedade de autores (Scerri 2007; Harré&Llored 2010; Labarca & Lombardi 2010; Earley 2010; Lombardi &Llored 2012; Araujo Neto 2012; Gavroglu& Simões 2012; Chamizo 2012; Restrepo & Villaveces 2012; Ribeiro 2012; Talanquer 2012). Durante o percurso de pesquisa e, tendo em vista as dificuldades vislumbradas na educação em química no ensino básico, considerou-se a necessidade de avaliar problemas no ensino e possibilidades de constituir uma ligação entre a filosofia da química (FQ) e a educação em química. Nessa aproximação, ainda em seu início, tanto a nível nacional como internacional, identificou-se a relação entre a linguagem diagramática e discursiva como um problema central no ensino e aprendizagem em química. A razão principal é que a química possui uma linguagem própria e fundamentalmente diagramática, entretanto, quando pensamos, nos comunicamos, falamos, estamos utilizando no ensino, principalmente a linguagem discursiva. A relação entre diagramas, imagens, representações e conceitos é central para o ensino e pesquisa em química, e assim, um indicador de sua efetiva prática.

Nesse sentido, fundamentou-se no campo da Filosofia da Química e nas ideias de Ribeiro (2012), que afirma que o ensino de química ainda continua sem transmitir o pluralismo que representa, descontextualizando o ensino da práxis química da história, dos valores, do pré-científico e da pré-química. Baseado no recente debate da filosofia da química, Ribeiro (2012) identificou cinco domínios (ou dimensões) de alto grau de inclusividade, transversalidade e especificidade entre filosofia, química e currículo, que são: Classificações, Processualidade, Diagramaticidade, Fenomenotécnica e Dimensão tácita.

O pluralismo constitutivo da própria experiência humana também é constitutivo na química (Schummer, 2005, Bachelard, 2009). Desse pluralismo da química selecionou-se a diagramaticidade para desenvolver este trabalho. A Filosofia da Química presente neste

domínio nos remete à imagem, à representação, o pensamento diagramático, o signo, a modelagem, num conhecimento que não é apenas transmitido pelos conceitos. As explicações, teorias, representações utilizadas, são os temas mais debatidos pela filosofia da química na atualidade, justamente os maiores desafios no ensino de química, por ser uma ciência com vários estilos cognitivos.

O ser humano possui diferentes maneiras de ver o mundo e distintas formas de conhecimento correspondentes a diversas realidades e diversas culturas. Cada indivíduo pode estruturar o seu pensamento de tal forma a construir sua própria representação para cada teoria. Bachelard (1968) descreve a noção de perfil epistemológico, em que doutrinas epistemológicas estão na raiz dos conceitos científicos, isto é, nenhum princípio filosófico independente, é aceitável para delinear todas as formas de pensamento, sendo que as distintas visões de mundo se integram. A maneira como abordamos os conceitos é fortemente influenciada pelo contexto com o qual estamos lidando. Assim, conceitos e representações estão sujeitos a conflitos de interpretações. Existem diversas explicações, modelagens, linguagem e recursos utilizados nas aulas para esclarecer um mesmo conteúdo, gerando diversos entendimentos, muitas vezes confusos, que não condizem com o conhecimento científico. As aproximações que o docente realiza, bem como as explicações “ilustradas” para deixar os conceitos mais “fáceis” de serem entendidos, podem levar a equívocos e é uma das causas dos problemas no ensino de química. Os modelos que os docentes utilizam, muitas vezes, podem levar a equívocos, onde a representação não leva à construção do conhecimento.

Como influência no desenvolvimento desta pesquisa, considerou-se cada vez mais o valor de se investigar a Representação de Átomo e Molécula, um conteúdo de imensa importância no currículo e que, muitas vezes, não é entendido corretamente pelos estudantes. Reconhecer a representação de átomo e molécula como um processo que envolve reflexões filosóficas, ou como uma soma de processos, tornou-se um postulado nas investigações. Como uma consequência dessa escolha verificou-se a necessidade de estudar a noção de representação e modelo, com bases teóricas na Filosofia da Química. Conhecer a epistemologia dos termos representação e modelo, para, depois trabalhar com estudantes em sala de aula, visando o desenvolvimento da habilidade de transitar entre linguagens. O propósito principal do presente artigo é mostrar como se estabeleceu a transição da linguagem

diagramática (modelo) para a discursiva (conceito), após uma metodologia de ensino relacionada às representações e modelos, em sala de aula.

Realizou-se, portanto, um trabalho que busca integrar reflexões filosóficas à educação em química, com cinco turmas de ensino médio politécnico e de educação de jovens e adultos (EJA), num total de 73 alunos de uma escola estadual. A escola está localizada no município de Carlos Barbosa, no Rio Grande do Sul. Os discentes, em sua maioria, trabalham durante o dia, em empresas da região ou fazem outros cursos.

Serão usados neste artigo, portanto, dois eixos metodológicos:

- (i) Desenvolver dados bibliográficos sobre a filosofia da diagramaticidade; apresentar algumas considerações bibliográficas dadas ao significado do vocábulo representação, de como as imagens podem levar os indivíduos a estabelecer ou não relações significativas com o meio externo, sobre reflexões que consideram a influência da ontologia na relação entre representante e representado. O recurso utilizado neste primeiro eixo da metodologia volta-se para questões presentes em pesquisa na área (Peirce, 2005; Labarca, Bejarano & Eichler, 2013; Araujo Neto, 2012; Ribeiro 2012; Justi, 2013; Johnstone, 1993; Saviani, 1994;).
- (ii) Analisar os dados da pesquisa junto a alunos do ensino médio, no que diz respeito à transição da linguagem diagramática para a discursiva, após o trabalho relacionado à representação, em sala de aula.

1 A dimensão diagramática no ensino de química

A dimensão diagramática, principalmente fundamentada por Charles Sanders Peirce (2005) se caracteriza pela ideia de uma linguagem específica para as explicações, ou seja, um signo. Para Peirce, signo é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo alguém, para representar algo perceptível, imaginável, ou, até mesmo, inimaginável. Dirige-se a um indivíduo, isto é, cria na mente desta pessoa um signo equivalente, ou talvez, um signo mais aperfeiçoado. Um signo representa alguma coisa, o seu objeto, não em todos seus sentidos, mas em uma ideia. Pierce identifica três ramos da ciência semiótica: o primeiro, a gramática

pura, determina o que pode ser verdadeiro a fim de que possam identificar um significado ao signo; o segundo, a lógica, que possa ser aplicado a qualquer objeto, a fim de que possam ser verdadeiros. O terceiro ramo, a retórica pura, determina as leis pela qual um pensamento gera o outro. Para que algo possa ser um signo, deve representar alguma coisa, sendo que signo e explicação formam outro signo, sendo que exigirá uma explicação, que constituirá outro signo, mais amplo, e assim por diante, agindo dessa forma podemos chegar a um signo de “si mesmo contendo sua própria explicação e a de suas partes significantes” (Peirce, 2005). Por isso, o signo pode ser entendido como uma explicação do seu objeto.

A experiência da reflexão nos leva a representar melhor o pensamento. O signo a que nos referimos nesse trabalho encaixa-se próximo ao que Pierce define como “símbolo didático”, um símbolo ligado ao seu objeto através de ideias gerais, sendo que a “existência ou lei que ele traz à mente deve ser realmente ligada com o objeto indicado” (Peirce, 2005). A filosofia da química presente neste domínio nos remete à imagem, à representação, o pensamento diagramático, ao signo. Segundo Ribeiro

Trata-se de compreender a diagramaticidade e a semiótica própria do pensamento químico, as diversas formas de representações e a razão simbólica presentes na química, suas relações com as subdisciplinas, principalmente com a orgânica, a relacionalidade e processualidade do pensamento químico e, finalmente, a lógica relacional e recursiva das construções químicas. Desenvolvem-se, assim, a competência representacional e sintética e a compreensão do sistematismo químico (Ribeiro, 2014, p. 312-313).

Ribeiro (2014) defende a diagramaticidade como mais uma característica/estilo da práxis química. Segundo Gonçalves-Maia (2010), não há como conceber a química sem imagens. O autor reconhece a ciência como capaz de “construir mundos ficcionais”. Fórmulas, esquemas, desenhos, linguagem, símbolos, permeiam o ensino da química e têm feito com que esta dimensão seja uma das mais importantes do campo da filosofia da química.

No quadro a seguir, Ribeiro (2014) sintetiza as principais articulações do estilo diagramático da práxis química.

Grande temática	A diagramaticidade do pensamento químico
Objetivo	Integrar conteúdos químicos com a filosofia dos signos, pensamento diagramático
Conteúdos	O <i>status</i> epistemológico da imagem, do diagrama: O pensamento diagramático Representação da química: Fórmulas estruturais, diagramas, signos Peirce e a química Habilidades visuais e dificuldades no ensino da química Estrutura x propriedade Topologia química Representação química no tempo
Tensões	Modelo/realidade, artificial/natural
Competência	Representacional
Tipo de conhecimento	Diagramático
Tema estruturante	Modelo, representação estrutural
Tipo de conteúdo	Diagramático, icônico, imagético
Estilo de aprendizagem	Teórico, visualização
Forma de ensino	Modelação, processos de visualização, alfabetização (nova linguagem)
Tipo histórico de ensino	Ensino por modelagem e TIC
Perspectiva do ensino	Ensino como linguagem e modelagem
Atribuição do professor	Intérprete

TABELA 1- Articulações da dimensão diagramática. Fonte: RIBEIRO, M.A.P. Integração da Filosofia da Química no currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia no ensino. Tese doutoral. Lisboa, 2014.

Na didática da química, a diagramaticidade tem sido explorada com a “modelagem” (Ribeiro, 2014). O problema, segundo o autor, é que o simbólico está sujeito a conflitos de interpretações. Ribeiro argumenta:

Um diagrama tem as seguintes características: Simultaneidade: forma de exteriorização da mente humana, tais como mapas, esquemas, tabelas, diagramas; podem-se ver relações, proposições, conceitos; Espacialidade: é um espaço significativo; Hibridismo: trata de termos icônicos e linguísticos; Referencialidade: sempre tem um referente no mundo, são transcrições; Operatividade: tem também a finalidade de operar, guiar ações;

Dependência: tem alguma dimensão tácita, depende do texto, do contexto onde está inscrito (RIBEIRO, 2014, p. 248).

Portanto, a área de estudo da FQ presente em nossa pesquisa é a diagramaticidade e, dentro desta, analisaremos as representações e a modelagem no ensino de química. No diagrama a seguir, sintetizamos a área de abrangência de nossa pesquisa:

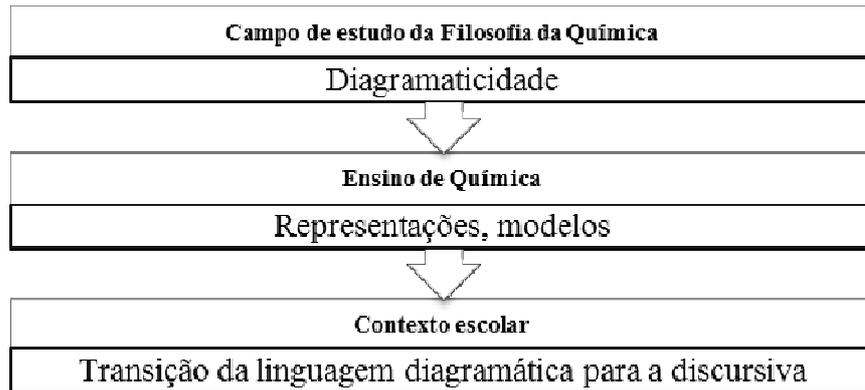


Figura 1- Articulação entre a FQ e o ensino de química

1.1 Representação e modelos

Representação é um vocábulo de origem medieval que indica imagem ou ideia, ou ambas as coisas (Abbagnano, 2007, p. 853). O uso desse termo foi inicialmente sugerido aos escolásticos pelo conceito de conhecimento como "semelhança" ao objeto. Mas foi principalmente no fim da escolástica que esse termo passou a ser mais usado, às vezes para indicar o significado das palavras. Abbagnano (2007) distinguia três significados fundamentais:

Representar tem vários sentidos. Em primeiro lugar, designa-se com este termo aquilo por meio do qual se conhece algo; nesse sentido, o conhecimento é representativo, e representar significa ser aquilo com que se conhece alguma coisa. Em segundo lugar, por representar entende-se conhecer alguma coisa, após cujo conhecimento conhece-se outra coisa; nesse sentido, a imagem representa aquilo de que é imagem, no ato de lembrar. Em terceiro lugar,

por representar entende-se causar o conhecimento do mesmo modo como o objeto causa o conhecimento (ABBAGNANO, 2007, p.853).

Para Mora, em seu Dicionário de Filosofia, o termo representação é usado como vocábulo geral que pode referir-se a diversos tipos de apreensão de um objeto intencional (Mora, 1978). Assim se fala de representação para se referir à fantasia intelectual ou sensível no sentido de Aristóteles; à impressão direta ou indireta, à apresentação sensível ou intelectual interna ou externa de um objeto intencional, ou representação, no sentido dos escolásticos; à reprodução na consciência de percepções anteriores combinadas de vários modos, à imaginação no sentido de Descartes à apreensão sensível; à percepção, no sentido de Leibniz; à ideia no sentido de Locke, Hume; à apreensão geral, que pode ser intuitiva, conceitual ou ideal, de Kant; à forma do mundo dos objetos como manifestação da vontade, no sentido de Schopenhauer, etc. Esta multiplicidade de aplicações do vocábulo representação, segundo o Dicionário de Filosofia, retorna-o de uso incômodo, tanto em filosofia como em psicologia. É necessário, quando se fale de representação, especificar em que sentido se emprega o conceito.

Sendo assim, a representação que será discutida neste trabalho, refere-se ao que foi originado historicamente, e que foi proposto para ser ensinado a um grupo, no caso, que faz parte de um currículo de química do ensino médio. É tarefa da educação escolar a conversão do saber objetivo ou científico em saber escolar, de modo a torná-lo assimilável pelos alunos (SAVIANI, 1994). Para Peirce (2005), representar é “estar em lugar de”, ou seja, estar numa posição que possa ser considerado o outro. Um signo representa seu objeto, que “excita uma ideia através de uma reação sobre o cérebro”. A única maneira de comunicar uma ideia é através de um ícone. No caso desse trabalho, utilizaremos como ícone os modelos (de átomo e molécula). Ainda analisando as ideias de Peirce (2005), no que diz respeito aos ícones, compreendemos que, observando um ícone, devemos descobrir outras verdades relativas ao objeto, sendo possível através de uma imagem, transitar para uma análise, uma explicação, e, posteriormente, ser possível o desenvolvimento de um conceito.

A natureza dos modelos e das representações no ensino de química é de interesse crescente na filosofia da química contemporânea, uma vez que observamos diversos filósofos da ciência interessados pelo tema. “Como são as explicações na química moderna? Elas são autônomas em relação às explicações da física? Qual é a natureza dos modelos químicos?”

(Labarca, Bejarano e Eichler, 2013). Segundo os autores citados, ocorrem muitas confusões em relação ao significado e utilização dos modelos, há os que realmente reproduzem os dados e seu objetivo fundamental é a previsão, porém há outros modelos que ajudam a experimentar a natureza principal dos fenômenos. “Nesse sentido, os modelos possuem uma dupla função para a compreensão dos fenômenos”. Em relação aos modelos utilizados, deve-se, primeiramente, questionar os discentes quanto à: O que é um modelo? O que o modelo representa? De que maneira? Em que aspectos? Que conceitos são apreendidos a partir desse modelo?

1.2- Transição da linguagem diagramática para a linguagem discursiva

De acordo com Labarca, Bejarano e Eichler, as explicações orientam ao que se deve saber sobre o mundo e como se deve refletir para chegar lá, sendo que, um dos requisitos para se construir uma explicação concisa, um conceito eficiente, é a utilização de um modelo dentro de um contexto adequado.

Considera-se, portanto, que as representações através de modelos, utilizadas corretamente para a construção de conhecimento, são estratégias fundamentais para a aprendizagem em química e podem ser utilizadas para desenvolver diversas habilidades, dentre elas o raciocínio lógico. Na química orgânica, por exemplo, os docentes empregam diversos diagramas de moléculas e os alunos frequentemente devem raciocinar sobre as características espaciais de diagramas moleculares. Conseqüentemente, os estudantes devem desenvolver habilidades para transitar entre a linguagem diagramática e a discursiva, ou seja, do desenho para o conceito, de maneira correta.

Muitas vezes, os professores utilizam materiais concretos, esquemas, desenhos como estratégia didática. Porém, apesar de os livros didáticos e docentes empregarem tais estratégias, muitas vezes os estudantes não entendem corretamente tais explicações. Várias pesquisas apontam diagramas para representar moléculas (Johnstone, 1993), para facilitar o ensino (Wu, Krajick, & Soloway, 2001), ou para explicar o modo em que os diagramas moleculares procuram representar estruturas tridimensionais em duas dimensões (Habraken, 1996; Keig & Rubba, 1993), mas pouco tem publicado sobre como se dá a transição da linguagem diagramática para a discursiva, como essas linguagens interagem entre si, mesmo

sendo estratégia fundamental para a resolução de problemas em química (Habracken, 1996). Contudo, o papel exato dessa estratégia continua impreciso.

Em relação às pesquisas feitas com as explicações, Labarca, Bejarano & Eichler (2013) entendem que essa temática confere uma “possibilidade para explorar como os estudantes interpretam as ideias e os modelos científicos e como eles constroem relações entre os diferentes conceitos”. Sendo assim, surge a necessidade de entender como os alunos interpretam esses modelos, ou seja, como ocorre a transição da linguagem diagramática para a discursiva e como desenvolver essa habilidade nos discentes. Esta situação tem sido reiteradamente citada na literatura.

Metodologia

O presente estudo procurou avaliar como se estabeleceu a transição da linguagem diagramática para a discursiva em estudantes, após trabalho relacionado às representações, em sala de aula.

Desenvolvemos a pesquisa com cinco turmas de ensino médio politécnico (1º, 2º e 3º ano) e de educação de jovens e adultos (2º e 3º ano), num total de 73 alunos, de uma escola estadual, um trabalho que busca integrar discussões filosóficas ao ensino de química na educação básica. A pesquisa, que teve duas etapas, iniciou com a solicitação da docente aos estudantes, no primeiro dia de aula (**em 11 de março de 2015**), de um desenho que representasse um modelo de átomo (pré-teste). Após, distribuíram-se aleatoriamente os desenhos, e cada aluno elaborou uma definição de átomo, a partir do desenho do colega. Em seguida, cada discente desenvolveu, em outra folha em branco, uma descrição de átomo. Distribuíram-se as folhas com as descrições entre os alunos casualmente, e, cada estudante fez um desenho do átomo conforme a definição do colega.

Dentro do contexto da diagramaticidade em química, elaboramos quatro categorias que foram utilizadas para a análise dos dados (Kavalek, 2015):

CATEGORIAS	REFERÊNCIA DE ANÁLISE
Função	Expressão, Representação, Operação, Explicação, Descrição e Heurística
Características	Simultaneidade, Espacialidade, Hibridismo, Referencialidade, Operatividade, Dependência
Habilidades visuais	Percepção e orientação espacial, visualização mental, rotação mental
Dificuldades no ensino	Intercambiar representações, representar tridimensionalmente estruturas, substituição de signos simbólicos por signos pictóricos

Quadro 1- Proposta de categorias para a análise das representações diagramáticas e discursivas

Na segunda etapa (**que durou de março a junho de 2015**), realizamos um trabalho com os mesmos estudantes, com representações de átomos e moléculas, em sala de aula, com o seguinte percurso metodológico:

- Explicação detalhada a respeito do significado dos termos “representação” e “modelo”;
- Exposição de várias representações da molécula de água para análise dos diversos modelos utilizados para representar a mesma molécula; Discussão sobre essas representações;
- Solicitação para que cada estudante escolha uma molécula de seu interesse e que faça parte de seu cotidiano; Pesquisa bibliográfica sobre a molécula (onde é encontrada, para que serve, benefícios ou malefícios, curiosidades) e representação da mesma, de três maneiras diferentes, podendo ser: representação gráfica, computacional, oral, escrita e outras;
- Apresentação das representações para a turma e para a comunidade escolar;
- Após as etapas citadas, foi realizado um pós-teste, com a mesma solicitação inicial do desenho e conceituação do átomo. As representações foram analisadas, com base nas categorias propostas anteriormente (Quadro 1).

Resultados e discussões:

Diante das categorias expostas é possível fazermos algumas inferências.

1- Acerca da categoria “Características”, foram observadas:

- Dependência: - Em um ser humano: dois desenhos apontaram o átomo dentro de uma figura humana ou de animal.

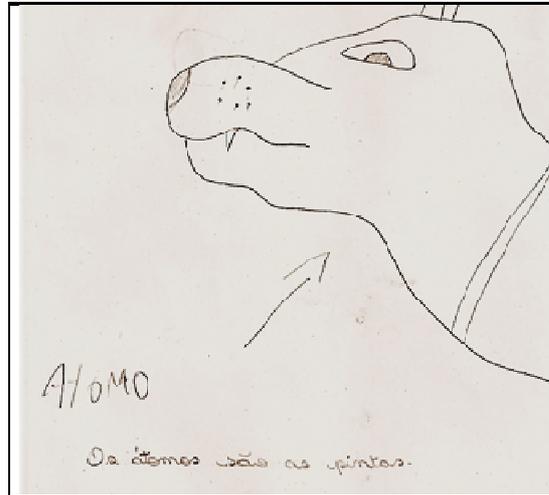


Figura 1- Representação de átomo realizada por um aluno e conceito desenvolvido por um colega a partir do desenho.

- Numa barra de ferro: uma representação expôs átomos numa barra de ferro.
- Em pingos de água: um aluno desenhou átomos formando gotas d'água e outro aluno identificou os átomos nas moléculas de água.
- Esferas que se ligam entre si: quatro estudantes representaram o átomo, como “esferas ou círculos ligadas entre si por linhas”.
- Representação de camadas, núcleo e partículas: das setenta e três representações, vinte e três indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando partículas nessas camadas e um ponto central.

3- Na categoria “Habilidades visuais”, observamos:

Dimensões: dos setenta e três desenhos, sessenta e nove fizeram figuras bidimensionais.

Movimento: dos setenta e três desenhos, cinco apresentam o átomo como se estivesse em movimento.

4- Dentro da categoria “obstáculos no ensino”, considerou-se que:

- Dos setenta e três educandos, quatorze representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os átomos, como, por exemplo, um olho, um abacaxi, o número dois, uma flor, um disco voador e outros.



Figura 2- Representação de átomo

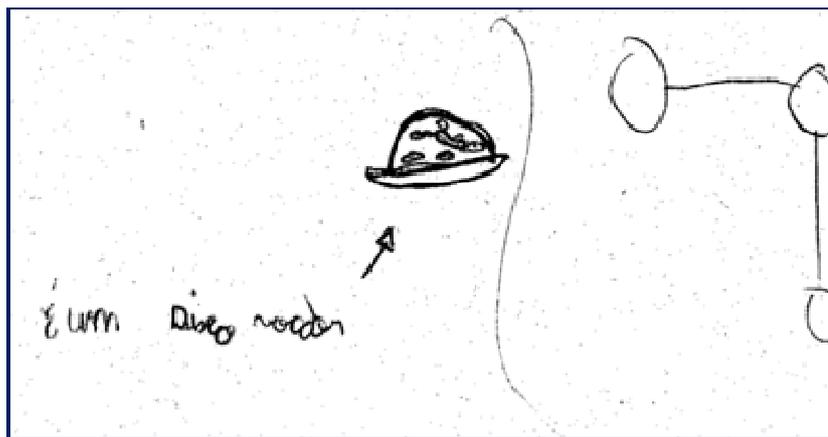


Figura 3- Representação de átomo

- Bolinhas: treze alunos expuseram o átomo como “bolinhas”.

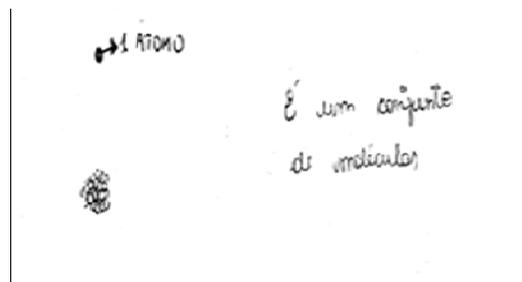


Figura 4- Representação de átomo realizada por um aluno

- Pontos: um aluno indicou o átomo como um ponto.
- Nada: quatro alunos não representaram o átomo.

Já em relação às definições de átomos elaborados a partir dos desenhos, verificou-se que: em cinquenta e um conceitos, os estudantes descreveram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega, mesmo não tendo ligação com a definição de átomo. Já vinte e dois referiram-se a conceitos já estudados, inserindo as palavras: núcleo, elétrons, moléculas, energia, elemento químico, energia e tabela periódica.

Tais observações realizadas a partir do desenho e descrição de átomo nos levam a verificar, tanto a dificuldade em representar, como em criar um conceito, revelando um obstáculo no ensino: a transição da linguagem diagramática para a discursiva e vice-versa. Se o estudante não tem um conhecimento claro do que irá representar, fica difícil conceituar. Esse fato ocorre diariamente nas escolas, principalmente na química, pois esta é uma ciência que emprega representações, estando sujeita a falhas na interpretação das teorias e conceitos, pelo mau uso dos modelos, tanto pelos discentes, quanto pelos docentes.

Após essa fase inicial, foi explicado o significado dos vocábulos: representação e modelo e, em seguida, foi discutido sobre as diversas representações da molécula de água. Dessa maneira, ficou mais claro para os estudantes que inúmeras representações podem simbolizar o mesmo conceito. Cada estudante, na sequência, escolheu uma molécula de seu interesse e de seu cotidiano, realizou pesquisa bibliográfica sobre a mesma, e representou-a de, no mínimo três maneiras diferentes. Foi apresentado, primeiramente, para a classe.

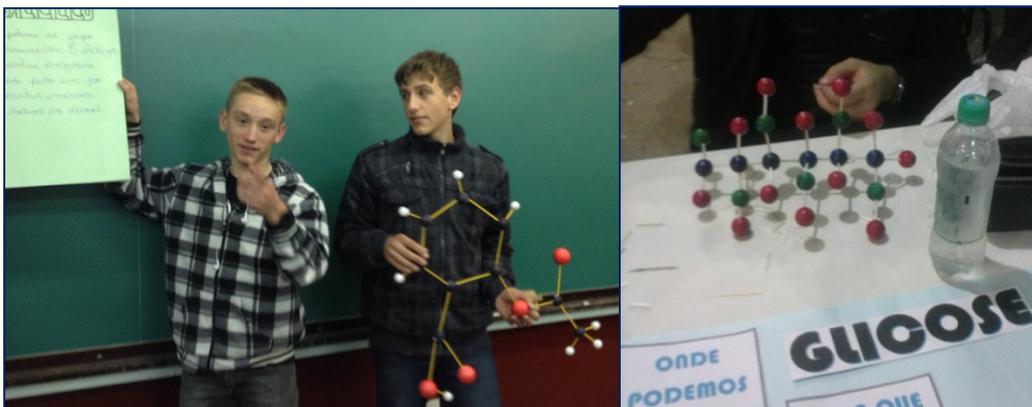


Figura 5- Representação das moléculas da aspirina e da glicose



Figura 6- Representação da molécula do tetraidrocannabinol

Posteriormente, foi realizada uma exposição das moléculas para a comunidade escolar, onde toda escola ficou rodeada pelas representações dos estudantes.



Figura 7- Exposição das representações de átomos e moléculas realizadas pelos alunos

Após esse período, realizamos novamente a pesquisa do desenho e conceituação do átomo. Os dados foram analisados, tendo por base as categorias citadas anteriormente (Quadro 1).

1-Função: as funções privilegiadas foram a representação, explicação e comunicação.

2- Características:

-Dependência: oito desenhos representaram o átomo dentro de um contexto.

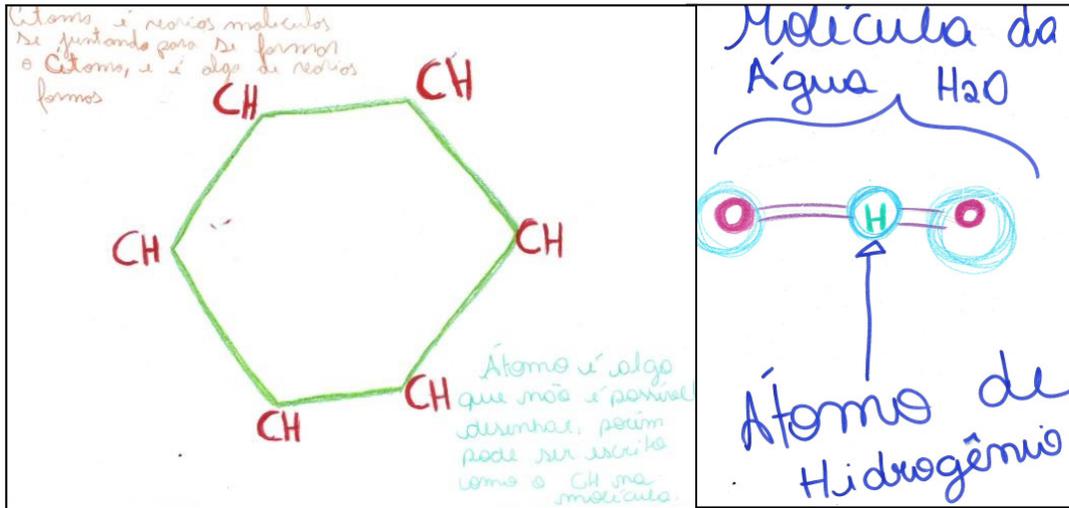


Figura 8- Representações realizada por alunos após trabalho sobre a diagramaticidade

-Representação de camadas, núcleo e partículas: das setenta e três representações, trinta indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando partículas nessas camadas e um ponto central, como na figura 9:

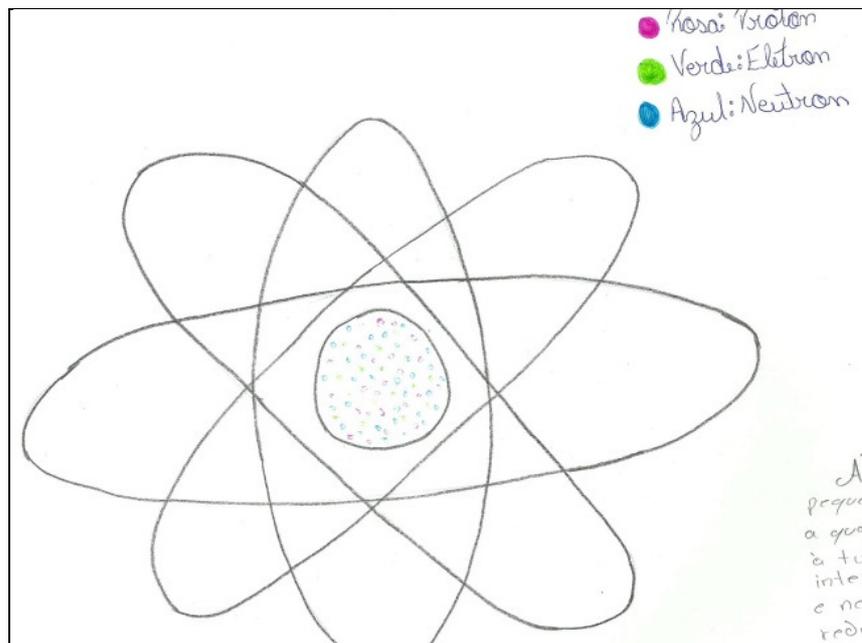


Figura 9- Representação feita por um aluno

3-Habilidades visuais:

Espacialidade: dos setenta e três desenhos, cinquenta fizeram figuras bidimensionais, e vinte e três representaram o átomo em três dimensões.

4-Obstáculos no ensino: dos setenta e três educandos, apenas dois representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os átomos, como, por exemplo, na figura 10:

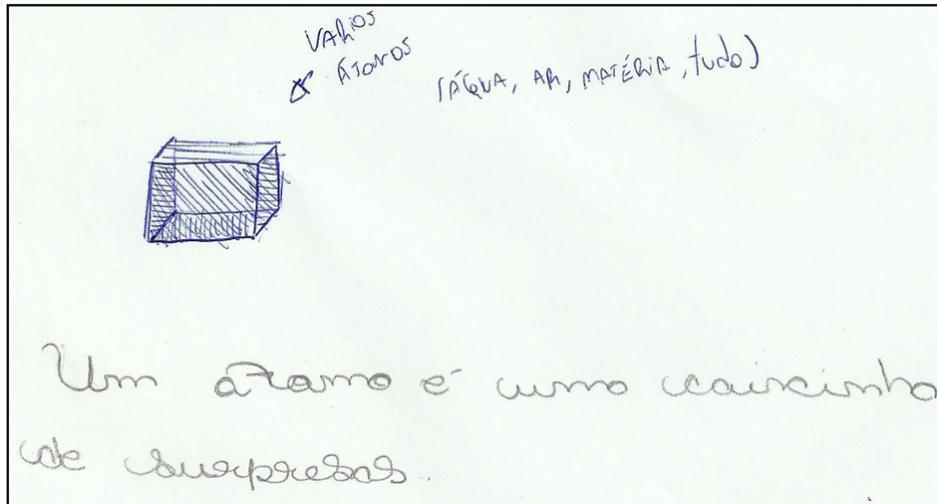


Figura 10- Representação de átomo após trabalho

Definições a partir de modelos:

Em relação às definições de átomos elaborados a partir dos desenhos, verificou-se que: em apenas seis explicações, os estudantes conceituaram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega. Já quarenta e três inseriram corretamente aos conceitos as palavras: núcleo, elétrons, prótons, nêutrons, moléculas, energia, elemento químico, camadas, eletrosfera, cargas elétricas, partícula, orbital. Observaram-se, em sete conceitos, as palavras indivisível e invisível. E o entendimento de que os átomos compõem as moléculas surgiu em oito definições. Das setenta e três representações, quinze indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando “bolinhas” nessas camadas e um ponto central, aproximando-se das representações do livro didático utilizado pelas turmas (MORTIMER, 2013).

Em síntese, na primeira etapa da pesquisa com os estudantes, percebemos confusão de modelos, onde, num total de setenta e três desenhos de átomos, dezoito representações não demonstraram entendimento da estrutura atômica, nem dentro de um contexto. Na tabela a seguir, apresentamos os resultados do pré-teste:

Indicador	Resultados
Funções/Características/ Habilidades visuais	<p>-Função privilegiada: representação.</p> <p>-Dimensões: dos setenta e três desenhos, sessenta e nove fizeram figuras bidimensionais;</p> <p>- Movimento: dos setenta e três desenhos, cinco apresentam o átomo como se estivesse em movimento;</p> <p>- Dependência:</p> <p>* Em um ser humano: dois desenhos apontaram o átomo dentro de uma figura humana ou de animal;</p> <p>* Numa barra de ferro: uma representação expôs átomos numa barra de ferro;</p> <p>* Em pingos de água: um aluno desenhou átomos formando gotas d'água e outro aluno identificou os átomos nas moléculas de água.</p>

Indicador	Resultados
Obstáculos no Ensino	Catorze estudantes representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os átomos, por exemplo, um olho, um abacaxi, o número dois, uma flor, um disco voador.
Conceitos a partir de modelos	Em cinquenta e um conceitos, os estudantes conceituaram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega. Já vinte e dois referiram-se a conceitos já estudados, inserindo aos conceitos as palavras: núcleo, elétrons, moléculas, energia, elemento químico, energia e tabela periódica.

TABELA 3- Resultados da pesquisa desenho/conceito

Analisando a tabela anterior, identificamos a grande dificuldade na transição da linguagem diagramática para a discursiva dos alunos, pois verificamos claramente a confusão dos conceitos, onde definiram o átomo a partir do que viram no desenho, sem relação com o conceito correto. Constatou-se que os desenhos “atrapalharam” os conceitos desenvolvidos pelos estudantes.

Após o trabalho realizado na segunda etapa, através da reflexão filosófica acerca do significado da representação e da modelagem, dentro de um contexto onde os alunos exploraram e transitaram pela linguagem diagramática e discursiva para representar as moléculas e átomos, observamos que os desenhos e conceitos dos alunos evoluíram, pois apenas dois desenhos foram considerados errados e seis explicações não expuseram o conceito correto de átomo. Os resultados **dos pós-teste** são apresentados na tabela 4:

Indicador	Resultados
Funções/Características/ Habilidades visuais	<p>Uma primeira é que a função privilegiada no uso dos diagramas é como expressão e comunicação. A função heurística parece pouco usada. Apenas um aluno representou o átomo sem uma forma definida.- Espacialidade: dos setenta e três desenhos, cinquenta fizeram figuras bidimensionais, e vinte e três representaram o átomo em três dimensões.- Dependência: oito desenhos representaram o átomo dentro de um contexto.</p> <p>Observaram-se, em sete conceitos, as palavras indivisível e invisível. E o entendimento de que os átomos compõem as moléculas surgiu em oito conceitos.</p>
Indicador	Resultados
Obstáculos no Ensino	<p>Apenas dois representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os átomos, como, por exemplo,</p> <p>- Representação de camadas, núcleo e partículas: das setenta e três representações, trinta indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando partículas nessas camadas e um ponto central.</p>
Conceitos a partir de modelos	<p>Em relação aos conceitos de átomos elaborados a partir dos desenhos, verificou-se que: em apenas seis explicações, os estudantes conceituaram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega. Já quarenta e três inseriram corretamente aos conceitos as palavras: núcleo, elétrons, prótons, nêutrons, moléculas, energia, elemento químico, camadas, eletrosfera, cargas elétricas, partícula, orbital.</p>

TABELA 4- Resultado da pesquisa desenho/conceito após trabalho sobre a diagramaticidade

Conclusões

As ideias expostas em sala de aula pelo docente de química, seja utilizando signos, seja transmitindo oralmente um conceito, nem sempre são compreendidas pelo discente, ou seja, a transposição entre linguagens pode não ser eficiente, pois cada estudante possui uma estrutura cognitiva que o faz entender o conhecimento científico e estruturar suas ideias. Há muitos casos em que o docente não é claro o suficiente em suas explicações. Uma concepção clara deve ser entendida pelo aluno, de tal maneira que “a reconhecemos onde quer que ela se apresente e que nunca será confundida com outra” (PIERCE, 2008, p. 61). Essa clareza no pensamento deve ser atingida. Sugere-se ao docente que tenha uma ideia clara do que vai ensinar, deve levar a turma ao questionamento, à problematização, e ao emprego da situação de aprendizagem numa situação real. Nessa perspectiva de explicação, o aluno terá condições de construir conceitos de forma clara.

Existe uma complexidade na relação “representação/conceito”. Quando um aluno, analisando o modelo que o colega apresentou, definiu átomo como “disco voador”, teve uma referência que afetou seus sentidos e produziu tal crença. Vemos a dificuldade que há na transposição da linguagem diagramática para a discursiva em química.

A dificuldade na transposição da linguagem diagramática para a discursiva surge quando há “falsas distinções”, ou seja, confundir a obscuridade produzida pelo pensamento com uma característica do objeto que estamos a pensar. As falsas distinções são consideradas piores do que o não entendimento, pois, se o aluno não entender, pode ir à busca do entendimento, mas, se a compreensão for falsa, permanecerá a crença nessa ideia que não é correta, caracterizando-se num obstáculo de aprendizagem.

Muitos professores utilizam modelagem com varetas e bolas de isopor em suas explicações. Em sentido figurado, são os átomos e as ligações entre os átomos. Não podemos ter outra concepção de átomo e ligação senão a que faz parte de uma crença; então, ou: 1) que as bolinhas são os átomos; 2) que as varetas são as ligações. Essas crenças são auto indicações de que, certa característica de um objeto nos leva a acreditar que é uma ligação ou um átomo, de acordo com a característica que foi apresentada. Por isso, ao estudante de química que for apresentado um átomo como uma bolinha de isopor pode crer que todo átomo possui as

características da bolinha de isopor. Podemos confundir o conhecimento que deve ser construído com a mera sensação que o acompanha. O mesmo ocorreu, por exemplo, quando um estudante, ao visualizar a representação de átomo do colega, definiu átomo como “um olho olhando para baixo”. Por isso, para muitos alunos, dizer que uma vareta é uma ligação; e uma bolinha é um átomo, são palavras à toa. Indicamos ser possível a utilização do conhecimento numa situação.

Nesse sentido, todas as explicações em química, inclusive as que se utilizam de modelagens, devem ter um referencial no mundo real, devem ter um sentido para o estudante. Apenas apresentar o átomo, por exemplo, como “uma bolinha de isopor”, sem um contexto, pode provocar uma compreensão confusa no estudante. Assim, se a ideia transmitida pelo docente não for tangível e prática, não haverá entendimento claro.

Após o trabalho realizado, **na segunda etapa**, através da reflexão filosófica acerca do significado da representação e da modelagem, dentro de um contexto onde os alunos exploraram e transitaram pela linguagem diagramática e discursiva para representar as moléculas e átomos, observa-se que os desenhos e conceitos dos alunos evoluíram, pois apenas dois desenhos foram considerados errados e seis explicações não expuseram o conceito correto de átomo. No percurso da pesquisa, a habilidade visual dos discentes foi desenvolvida, a competência representacional foi favorecida, contribuindo para o aperfeiçoamento da transição da linguagem diagramática para a discursiva. Para entender o conceito que é transmitido através do modelo utilizado nas explicações do docente, o mesmo não pode apenas ser “exposto na lousa”, pois pode causar confusão no entendimento por parte dos estudantes. Supõe-se transitar pelas linguagens, tendo oportunidade de construir uma aprendizagem realmente significativa através da modelagem empregada.

Sugere-se que, ao utilizar diagramas, o docente o situe num contexto, numa situação real, transite entre as linguagens diagramática e discursiva, para a apreensão do conceito com clareza pelo estudante. Podemos citar como exemplo a representação para a molécula de água:

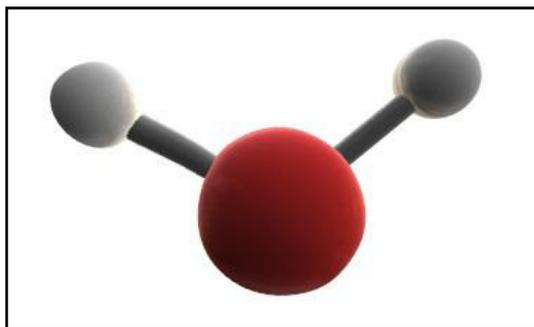


Figura 11- Representação da molécula de água (fonte: <http://www.institutonocell.org.br/tornando-as-moleculas-visiveis-uso-de-esferas-de-isopor-para-representar-formas-geometricas-de-moleculas>)

Explicar claramente o que significam os traços, as bolinhas, demonstrar outras representações da molécula, e caracterizá-la, exemplificando sua utilização no dia a dia, sua importância, suas propriedades, contribuirá para um entendimento claro por parte do estudante, evitando imprecisões e equívocos.

Utilizar-se da filosofia da diagramaticidade, permitiu a compreensão das representações em seus contextos de estudo, através de diferentes linguagens: modelos concretos, apresentação oral, escrita, virtual, compondo um cenário rico, apresentando com clareza peculiaridades das estruturas representadas. Construiu-se, com a classe de alunos, um conhecimento químico que não seria possível, ou seria mais difícil, utilizando apenas palavras e imagens estáticas.

Neste artigo, estabeleceremos uma abordagem filosófica acerca de como os docentes podem explicar e apresentar as representações, para que os discentes possam realizar a transposição da linguagem diagramática para a discursiva, contribuindo para a construção de conceitos e efetivação do conhecimento.

Implicações

Apesar de o pensamento químico ser caracterizado por uma diagramaticidade, a linguagem discursiva é necessária em todos os momentos da produção e comunicação do conhecimento químico. É necessário estudo mais amplo a respeito da interconexão entre as

duas linguagens. Sugere-se que esta competência pode e dever ser um indicativo de boa aprendizagem e prática química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÚRIZ-BRAVO, A. Integracion de la epistemologia em la formacion del professorado de ciências. Tese (Doutorado), Universitat Autònoma, 2001.

ARAÚJO- NETO, W. N. Estudos sobre a Noção de Representação Estrutural na Educação em Química a Partir da Semiótica e da Filosofia da Química. In: *Rev. Virtual Quim.* (2012), 4 (6), 719-738. Data de publicação na Web: 18 de novembro de 2012.

BACHELARD, G. O pluralismo coerente da química moderna. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.

CHAMIZO, J.A. Techno chemistry. One of the chemists' ways of knowing. [S.l, s.d], *Foundations of Chemistry*, v.15, Issue 2, p. 157-170, 2012.

EARLEY, J. E. Three concepts of chemical closure and their epistemological significance. <http://philsci-archive.pitt.edu/5565/>, 2010, acesso em 21/03/2015.

GAVROGLU, K.; SIMÕES, A. From Physical Chemistry to Quantum Chemistry: How Chemists Dealt with Mathematics. In: *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, Berlin, v.18, n. 1, p.45-68, 2012.

HABRAKEN, C. L. Integrating into chemistry teaching today's student's visuospatial talents and skills, and the teaching of today's chemistry's graphical language. *Journal of Science Education and Technology*, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 89-94, 2004.

HARRÉ, R.; LLORED, J. Mereologies as the grammars of chemical discourses. In: *Foundations of Chemistry*. New York, 2010.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, Washington, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

JUSTI, Rosária. Modelos e Modelagem no Ensino de Química. In: Ensino de Química em foco. Org. Wildson Luiz Pereira dos Santos, Otavio Aloisio Maldaner. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 883-903, 1993.

LABARCA, M.; LOMBARDI, O. Why Orbitals Do Not Exist? *Foundations of Chemistry*. New York, v.12, n.2, p.149-157, 2010.

LOMBARDI, O.; LLORED, J. Multiples way pluralism in chemistry. In: ISPC - International Society for the Philosophy of Chemistry. 7 - 10/08/2012. Leuven. Anais Leuven.

MORA, J. F. *Dicionário de Filosofia*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1978.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. *Química*. São Paulo: Scipione, 2013.

PEIRCE, C. S. *Semiótica*. Tradução: José Teixeira Coelho Neto. São Paulo: Perspectiva, 2005.

RESTREPO, G.; VILLAVECES, J. Chemistry, a *Lingua Philosophica*. In: *Foundations of Chemistry*. New York, v.13, n.3, p.233-249, 2012.

RIBEIRO, M. A. P; COSTA PEREIRA, D. Philosophy of Chemistry as a foundation its curriculum: A proposal. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE PHILOSOPHY OF CHEMISTRY, 07-10/08/2012. Leuven, Anais, 2012.

RIBEIRO, M.A.P. *Integração da Filosofia da química no currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia no ensino*. Tese doutoral. Universidade de Lisboa: Lisboa, 2014.

SAVIANI, Demerval. *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. 4. ed. São Paulo: Autores Associados, 1994.

SCERRI, E. *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. Oxford University Press, New York, 2007.

V DISCUSSÕES GERAIS

Segundo Chamizo (2011), a mudança no ensino de química tem de vir, como primeira premissa, do reconhecimento do fato de que a maioria dos alunos do ensino médio não será um químico.

Muitas tentativas têm sido realizadas no sentido de alterar a prática tradicional da química, mas muitas sem sucesso. Nas aulas práticas, estudantes são estimulados a chegarem todos, ao mesmo tempo, ao mesmo resultado, sem considerar seus conhecimentos prévios, seu ritmo de aprendizagem e suas concepções. Não ocorre o desenvolvimento de habilidades como a análise dos experimentos, a previsão de fenômenos químicos, a discussão de interpretações e a resolução de problemas. Dessa maneira, em muitos casos as conclusões obtidas não poderão ser utilizadas em novas situações.

Em sala de aula, memorização de fórmulas, conceitos prontos, uma educação onde o aluno é visto como “futuro cientista”, independente de seu cotidiano, de sua realidade. Novos compostos são descobertos frequentemente, mas muitos docentes restringem suas aulas aos livros didáticos, que expõem verdades inquestionáveis e historicamente descontextualizadas e também conduzem a aulas tradicionalmente expositivas. Vemos um paradoxo na docência: de um lado, um ensino passivo, e de outro uma natureza repleta de compostos químicos, em constante transformação.

Reconhecer novos produtos químicos sintetizados, erros e acertos dos cientistas, identificar as representações utilizadas pelos docentes dentro de um contexto de aprendizagem em sala de aula, são habilidades que devem ser estimuladas no ensino da disciplina. Concordamos com Nye (1993), que argumenta que os químicos não estão apenas interessados nas propriedades gerais das moléculas químicas, características, comportamentos e sua capacidade de gerar novos objetos. Química não é só ideia, mas também novas substâncias que mudam nosso mundo material constantemente, para o bem ou para o mal. Muitos discentes estudam a química, mas não sabem a que se destina: são incapazes de usar o conhecimento científico de forma eficaz, sua compreensão da natureza e métodos da ciência são muitas vezes incoerentes, distorcidas e confusas (CHAMIZO, 2011). Nesse sentido, há urgência em inserir discussões de sentido filosófico na química.

Os problemas no ensino iniciam desde a resistência dos docentes, passando pela falta de história e contextualização dos livros didáticos, a falta de envolvimento dos professores na elaboração de políticas pedagógicas e a falta de conhecimento acerca da Filosofia da Química nos cursos de Licenciatura.

Iniciamos esta tese, com a imensa ânsia de conhecer um pouco da Filosofia da Química, com o objetivo de encontrar respostas para inúmeros questionamentos que permeiam o ensino da química nas escolas: O que é química, afinal? Qual seu principal objeto de estudo? Como ensinar química em que os alunos compreendam de forma clara? Nossa principal hipótese foi que a Filosofia da Química pode fornecer essas respostas e tornar a Química uma ciência mais significativa para os estudantes. Mas, em primeiro lugar, foi elementar um conhecimento mais profundo acerca dos campos de investigação da Filosofia da Química. Porém, o fato de não sermos “filósofos químicos” e sim “educadores químicos”, nos fez, a cada linha filosófica explorada, trazê-la ao encontro de um problema no ensino da química.

Segundo Schummer (2006), o ensino de química passa por problemas, que podem ser mais bem compreendidos pela filosofia da química. Os problemas discutidos são: a ontologia química, que envolve sistemas de classificação, referenciação, tipos naturais, propriedades materiais e organização das redes de relações; a conceituação e representação, que envolve reflexões acerca da linguagem icônica e diagramática, modelos, explicação estrutural, dualidade e circularidade dos conceitos; questões fundacionais, que questiona a axiomatização da tabela periódica, teoria dos grupos, simetria e topologia; relação com a física e com a biologia, que discute o reducionismo, emergentismo e pluralismo, autonomia da química e a química como ciência de serviço.

Primeiramente mapeamos a Filosofia da Química, principais pesquisadores e áreas de estudo, onde obtemos dados referentes ao desenvolvimento deste campo. Autores como Scerri 2007; Harré & Llored 2010; Labarca & Lombardi 2010; Earley 2010; Lombardi & Llored 2012; Araujo Neto 2012; Gavroglu & Simões 2012; Chamizo 2012; Restrepo & Villaveces 2012; Ribeiro 2012; Talanquer 201 nos levaram ao conhecimento da química como uma área visual, diagramática, representativa, nos revelando uma ciência que deve ser compreendida de forma interativa, dinâmica, dependente ontologicamente do mundo da vida, onde deve haver relação entre o conteúdo e a realidade.

A Filosofia da química nos trouxe muitas respostas, primeiramente em relação ao “reducionismo”, filosofia implícita na maioria das aulas de química (Ribeiro, 2014). A química, muitas vezes, é reduzida à física e matemática, no qual observamos a abstração dos conceitos químicos em sala de aula, e também a matematização da química.

Concordamos com Bair et al.(2005), quando afirma que a química não se reduz à física, ou seja, o reducionismo é infundado. Os autores reconhecem a importância das leis fundamentais da química para a física, os avanços da física influenciam profundamente a química, por exemplo, as massas molares relativas, são medidas sistematicamente pelo uso combinado da espectroscopia de massas e pela lei dos gases perfeitos. Assim como os avanços da química também influenciam a física, como os trabalhos de Faraday em eletroquímica, por exemplo, que levaram ao conceito de elétron. Portanto, a teoria física enriquece a química e vice-versa. Segundo Baird et al., as leis físicas oferecem noções conceituais fundamentais e condições limitantes do que é possível, os químicos, por sua vez, devem somar sua contribuição para averiguar como se comportam as espécies químicas propriamente ditas.

Transpondo as ideias para o ensino de química, se um docente, em suas aulas expositivas, apenas emprega fórmulas e desenvolve cálculos, em que os alunos acabam realizando mecanicamente, sem fazer ideia do que significam os compostos e palavras que aparecem nos enunciados de tais exercícios, a aula de química acaba sendo “reduzida” pelo próprio professor, à matemática ou física.

O discente necessita conhecer o que está realizando; se o docente trouxesse um exercício e explicasse a origem de cada substância presente na referida atividade, estabelecendo conexões com o cotidiano, envolvendo os alunos numa metodologia de construção de algum conhecimento, mesmo os alunos que não conseguirem chegar ao resultado final, estariam num contexto de aprendizagem, e não excluídos do processo. O ensino de química deve incluir, não excluir os estudantes.

Concordamos com as ideias de Van Brakel (2000), que afirma ser a química a “ciência das substâncias” e que a explicação a nível microscópico, se tiver falhas, não faz diferença, se o educando conhecer a substância no nível macroscópico. Como exemplo, citamos o modelo e conceito de modelo atômico criado por alunos em uma de nossas pesquisas³:

³ KAVALEK, Débora S. Interconexão entre a linguagem diagramática e a discursiva: um indicador da aprendizagem em química. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015.

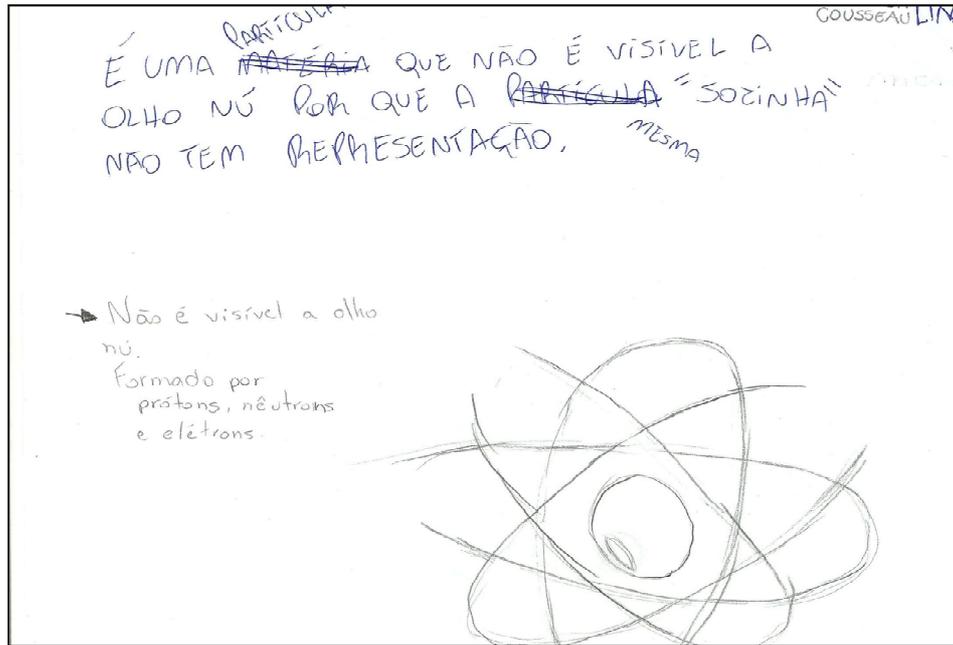


Figura 1- Desenho e conceito de átomo realizado por um aluno

Nesse caso, o estudante, por acreditar que o átomo é invisível, afirma que “a partícula sozinha não tem representação”. Focando no sentido microscópico, reduzindo o átomo à mecânica quântica, o aluno não concebeu que os átomos formam as coisas ao nosso redor. Nesse sentido, constatamos que o reducionismo da química pode gerar confusões e desentendimentos pelos estudantes.

Podemos concretizar o oposto desse quadro: no lugar da resolução de exercícios padrões, ou da memorização de fórmulas, o docente poderia realizar a interdisciplinaridade entre química, física, biologia e matemática, com conteúdos significativos para os educandos. O caminho metodológico da redução pode dar lugar à junção entre as referidas áreas, no objetivo de um conhecimento contextualizado e significativo, que pode ser utilizado em situações do cotidiano.

Outro problema observado é em relação aos conceitos desenvolvidos nas aulas de química na educação básica: prontos, sem abordar os erros e acertos, sem mencionar a história das teorias, as diversas maneiras de interpretar o mundo, acríticos, sem referencial na realidade. As contribuições de Bachelard (1984a) foram cruciais para o entendimento de que o conhecimento científico foi construído a partir de erros, na “ruptura com o senso comum” (BACHELARD, 2000, p. 168). O erro como precursor da aprendizagem, a construção de um conhecimento baseado nos fatos do cotidiano, mas questionando a realidade e comparando-a

com o conhecimento científico. Sustentamos a reflexão crítica no ensino de química, considerando o “mundo social e os objetos do conhecimento nas suas múltiplas relações, interações e complexidades” (FONSECA, 2008, p. 364), percebendo que o conhecimento científico foi influenciado pelo momento social, político, religioso, tecnológico e, sobretudo desenvolvido por seres humanos, sujeito a falhas.

Quanto ao problema do pluralismo na química Bachelard (2010), nos instrui que “por trás de todo pluralismo pode-se reconhecer um sistema de coerência” (p. 8). Diversos estilos cognitivos, diferentes explicações para o mesmo fenômeno, modos de ensino diferentes fazem com que o ensino, o currículo, a pesquisa sejam socializados em boa parte por códigos de natureza implícita. Assim, para melhorar o ensino de química é necessário assumir esse pluralismo constitutivo, que envolve as diferentes formas de ensinar e aprender essa ciência, as diferentes concepções do que é química (tecnociência, ciência do natural ou artificial, ciência molecular, ciência da inovação, boa ou má, um ramo da física, a ciência central...) qual seu objeto de estudo (átomos, substâncias, transformações da matéria...) e seus respectivos objetivos, para se chegar a um “sistema de coerência” no ensino. Após conhecermos um pouco sobre a Filosofia da Química, seus estudos pelo mundo e os problemas no ensino que podem ser discutidos pela mesma, estruturamos os três primeiros artigos. Após essa fase, nosso objetivo foi aproximar todos os estudos ao dia a dia da sala de aula, e como poderíamos auxiliar os docentes de química. Passamos, então, a aprofundar nossos estudos nas áreas da Filosofia da Química.

Filósofos químicos apontam domínios ou dimensões da Filosofia da Química, entre elas a Diagramaticidade, ou seja, as representações no ensino de química, cujo campo temático escolhemos para seguir o rumo das nossas pesquisas. Após a leitura de alguns trabalhos na área, entendemos que o maior problema em relação ao ensino baseado em representações, é a dificuldade de transformar a linguagem diagramática (desenhos, modelos, diagramas, fórmulas) na linguagem discursiva (conceito, explicação do fenômeno).

E a linguagem diagramática é dependente da linguagem discursiva, pois o discente deve saber transitar entre as duas linguagens, ou seja, o estudante deve ser capaz de construir um conceito a partir de uma representação, e o docente deve ser capaz de proporcionar essa passagem, para a aprendizagem em química. Dentro do contexto da diagramaticidade, entendemos que a transição da linguagem diagramática para a linguagem discursiva é um campo de pouca investigação e configura-se num grande problema no ensino, pois, muitas

vezes, está sujeita a equívocos e confusões, gerando desentendimentos. Um dos objetivos do ensino de química é fazer com que o discente construa um conceito claro a partir das representações utilizadas pelo docente em sala de aula, ou seja, o estudante deve transformar a linguagem diagramática em discursiva e vice-versa.

Por este motivo, realizamos uma pesquisa com alunos e, diante dos resultados apresentados na investigação em relação ao desenho e descrição de átomo, perceberam-se dois aspectos importantes: o primeiro relacionado à confusão de modelos, onde, num total de setenta e três desenhos de átomos, observamos dezoito representações que não evidenciaram entendimento da estrutura atômica, nem dentro de um contexto, sendo que, quatorze alunos representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os mesmos, como, por exemplo, o número dois, um disco voador, uma flor e outros. Quatro alunos não desenharam nada. Já cinquenta e cinco estudantes, simbolizaram o átomo com pontos, esferas, pontos em figura humana, circunferências, demonstrando algum conhecimento da estrutura da matéria. Porém, muitos estudantes não demonstraram discernimento a respeito da diferença entre átomo, molécula e substância, nível micro e macroscópico.

De um total de setenta e três estudantes, cinquenta e um elaboraram definições de átomo como observaram nos desenhos dos colegas, mesmo que estas apreciações não caracterizavam adequadamente um átomo, como, por exemplo: “átomo é um olho olhando para baixo”. Tal aspecto revelou a grande dificuldade na transição da linguagem diagramática para a discursiva, pois as representações utilizadas podem levar a confusões em sua interpretação. Já vinte e dois referiram-se a conceitos já estudados, inserindo as palavras: núcleo, elétrons, moléculas, energia, elemento químico e tabela periódica. Elaboramos categorias para análise das representações: Espacialidade; Dependência e Obstáculos no ensino.

Posterior à pesquisa, realizamos um trabalho em sala de aula, onde buscamos, na Filosofia da Química, bases teóricas para trabalhar o conceito de representação (PEIRCE, 1996; JUSTI, 2013) e a transição entre a linguagem diagramática para a discursiva. Após essa fase inicial, cada estudante escolheu uma molécula de seu interesse e de seu cotidiano, realizou pesquisa bibliográfica sobre a mesma, e representou-a de três maneiras diferentes, podendo ser: oral, escrita, com material concreto, virtual, transitando entre linguagens. Foi apresentado, primeiramente, para a turma. Posteriormente, foi realizada uma exposição das

moléculas para a comunidade escolar, onde toda escola ficou rodeada pelas representações dos estudantes. Depois, realizamos novamente a pesquisa do desenho e descrição do átomo⁴e os dados foram analisados, tendo por base as categorias citadas anteriormente.

Após o trabalho realizado, através da reflexão filosófica acerca do significado da representação e da modelagem, dentro de um contexto onde os alunos exploraram e transitaram pela linguagem diagramática e discursiva para representar as moléculas e átomos, observamos que os conceitos dos alunos evoluíram, pois apenas dois desenhos foram considerados errados e seis explicações não expuseram o conceito correto de átomo. No percurso da pesquisa, a habilidade visual dos discentes foi desenvolvida, a competência representacional foi favorecida, contribuindo para o aperfeiçoamento da transição da linguagem diagramática para a discursiva.

Para entender o conceito que é transmitido através do modelo utilizado nas explicações do docente, o mesmo não pode apenas ser exposto no quadro, pois pode causar confusão no entendimento por parte dos estudantes. Deve transitar pelas linguagens, tendo oportunidade de construir uma aprendizagem realmente significativa através da modelagem empregada. A transição entre as linguagens deve estar suscetível de classificações, de categorizações, de manipulações diversas que permite descobrir por si mesmo o que há a dizer a respeito da representação, do modelo. Ela põe à disposição uma imagem transformável, além da imagem, congelada sobre a folha de papel, ou desenhada na lousa. Utilizar-se da filosofia de Peirce permitiu a compreensão das representações em seus contextos de estudo, através de diferentes linguagens: modelos concretos, apresentação oral, escrita, virtual, compondo um cenário rico, apresentando com clareza peculiaridades das estruturas representadas. O aluno precisa entender a relação que existe entre os signos, mediados pelo professor e instigados pelas questões: O que o modelo revelou? Qual a informação que o modelo utilizado revelou?

Construímos, com a classe de alunos, um conhecimento químico que não seria possível, ou seria mais difícil, utilizando apenas palavras e imagens estáticas. Quando os

⁴ Foi solicitado, pela docente, que cada aluno fizesse um desenho que representasse o átomo. Após, distribuimos aleatoriamente os desenhos, e cada aluno criou uma definição de átomo, a partir do desenho do colega. Em seguida, desenvolveram, em outra folha em branco, uma definição de átomo, que foram distribuídas entre os alunos casualmente, e, cada estudante fez um desenho do átomo conforme a definição escrita pelo colega.

alunos conseguiram realizar a leitura das representações, dentro de um contexto, eles conseguiram compreender a realidade que as mesmas representavam.

Ao entrar no campo da diagramaticidade e verificar que a transição entre linguagens é muito importante para a aprendizagem baseada em modelos, nos deparamos com outro problema no ensino de química: as explicações. Na química, são utilizadas diferentes linguagens, explicadas de maneira diversa, gerando, conseqüentemente, entendimentos diversos por parte dos discentes. Viemos a reafirmar, conforme consta na tese de doutorado de Ribeiro (2014), que a diagramaticidade é uma dimensão cognitiva, epistemológica e pedagógica com autonomia na química. Nessa afirmação está inserido o pensamento de Peirce. Usamos a noção de ideias claras para conjecturar que isso pode definir o uso das linguagens diagramáticas e discursiva, fator fundamental no ensino e aprendizagem de química. A transferência de uma linguagem em outra pode se dar, fundamentada na problematização das ideias claras de Peirce.

Diante de todos os argumentos apresentados nesta tese, as discussões em Filosofia da Química podem trazer contribuições para uma melhor compreensão dos processos, problemas, explicações e dúvidas que envolvem o ensino de Química. Esta tese configurou-se numa interpretação de aspectos da Filosofia da Química e aproximação ao ensino, realizado por uma educadora em química, cuja maior preocupação é proporcionar maior significado às aulas de química.

Tabela 1- Resumo dos capítulos da tese

Capítulos	Objetivos	Conclusões
I	Investigar os diferentes modos de integração da filosofia da química ao ensino da química nos diversos países.	<ul style="list-style-type: none"> -Químicos filósofos da Europa e filósofos químicos do USA: O centro do debate -Dos países sul-americanos- Argentina e Colômbia- pesquisadores Martin Labarca, Olimpia Lombardi, Andres Bernal Daza, Guillermo Restrepo. -A revista Hyle - Alemanha, França e Itália. - A Foundations of Chemistry tem importante contribuição dos USA e Reino Unido. - Artigos de Rosária Justi & Gilbert (2002), Andrade Martins (2012), Ribeiro e Costa Pereira (2011, 2012)

		<p>publicados na revista Foundations of Chemistry.</p> <p>-Nelson Bejarano- reducionismo</p> <p>-2005- EDUQUI; ENEQ-2012- Labarca, Ronei Clecio, Araújo Neto, Bejarano e Ribeiro.</p>
II	Inserir e articular a química à filosofia, para humanizar a ciência e aproximá-la dos interesses sociais.	<p>- Visões da Química: Tecnociência; Ciência da transformação; Ciência do artificial; Ciência da reflexão; Formação do futuro cientista; Ciência molecular.</p> <p>- Obstáculos conceituais: Várias explicações; Dificuldade de pensar a química; Mereologia química; Currículo conservador; reducionismo; Visibilidade.</p> <p>- Filosofia da Química: Papel das imagens; Imagem; Análise mais sistemática da ciência; Empoderamento; Natureza do conhecimento químico; Ciência ativa, produtiva, relacional, histórica, diagramática.</p>
III	Identificar problemas no ensino que podem ser debatidos pela Filosofia da Química. Categorizar os problemas.	<p>- Problemas no ensino de química: Ontologia química; Conceituação e representação;</p> <p>- Questões fundacionais (axiomatização da tabela periódica; teoria dos grupos; simetria e topologia);</p> <p>- Relação com a física e com a biologia.</p>
IV	Analisar o problema da linguagem diagramática e discursiva no ensino de química e indicar categorizações para análise das representações em química.	<p>- Transição da linguagem diagramática para a discursiva.</p> <p>- Indicadores para análise das representações em química.</p>
V	Avaliar mudanças (ou não) na linguagem diagramática e discursiva dos estudantes, Após trabalho dedicado às representações de átomo e molécula.	<p>Confusão em relação aos modelos e conceitos, onde, num total de setenta e três desenhos de átomos, dezoito representações não demonstraram entendimento da estrutura atômica, nem dentro de um contexto, sendo que, quatorze alunos representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os mesmos.</p> <p>- Em relação aos conceitos, um total de cinquenta e um</p>

		<p>estudantes, criou conceitos assim como observou nos desenhos dos colegas, mesmo que estas apreciações não caracterizavam adequadamente a partícula.</p> <p>- Após o trabalho realizado, através da reflexão filosófica acerca do significado da representação e da modelagem, dentro de um contexto onde os alunos exploraram e transitaram pela linguagem diagramática e discursiva para representar as moléculas e átomos, observamos que os desenhos e conceitos dos alunos evoluíram, pois apenas dois desenhos foram considerados errados e seis explicações não expuseram o conceito correto de átomo. No percurso da pesquisa, a habilidade visual dos discentes foi desenvolvida, a competência representacional foi favorecida, contribuindo para o aperfeiçoamento da transição da linguagem diagramática para a discursiva.</p>
--	--	---

Fonte: autoria própria.

VI PERSPECTIVAS

Visualizamos inúmeras perspectivas em relação à Filosofia da Química aliada ao ensino, implicações desta tese:

- Após conhecer melhor a Filosofia da Química, procuramos a sua aproximação ao ensino, através da dimensão: diagramaticidade. Outros campos devem ser explorados e aliados à educação em química.
- Apesar de o pensamento químico ser caracterizado por uma diagramaticidade, a linguagem discursiva é necessária em todos os momentos da produção e comunicação do conhecimento químico. É necessário estudo mais amplo a respeito da interconexão entre essas duas linguagens.
- Sugerimos também que a competência de transitar entre linguagens pode e deve ser um indicativo de aprendizagem em química. Propomos a elaboração de indicadores de aprendizagem em química que evidenciem tal competência.
- É possível que a química tenha sido decisiva na construção das principais ideias de Peirce. Essa é uma hipótese para maiores estudos no futuro. Assim como em Bachelard, talvez possamos dizer que Peirce é também um filósofo da química.
- A exploração do campo disciplinar da Filosofia da Química explicitará outras estruturas que poderão propor modos de integração no currículo. Essa estrutura subjacente, pensada transversalmente às dimensões sintática, filosófica e pedagógica, pode organizar sistemicamente outras redes de sentido no instrumento pedagógico da química. Daremos continuidade ao trabalho, sugerindo propostas de ensino baseadas na FQ, bem como a complementação temática destas propostas.
- Sugerimos que a Filosofia da Química seja inserida no currículo do curso de graduação em Licenciatura em Química.

VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÚRIZ-BRAVO, Augustin. Integracion de la epistemologia em la formacion del professorado de ciências. Tese (Doutorado), Universitat Autonoma de Barcelona, 2001.

ADÚRIZ-BRAVO, A. e ISQUIERDO, M. “Structuring” ideas from philosophy of science for physics teacher education, en Abstracts of International Conference Physics Teacher Education Beyond ,135, Barcelona: PTTIS,2000.

BACHELARD, G. A Formação do Espírito Científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, G. O Pluralismo coerente da Química Moderna. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.

BAIR, David; SCERRI, Eric & MCINTYRE, Lee (coord.). Philosophy of Chemistry. Synthesis of a New Discipline, México: Springer, 2005.

BENSAUDE-VINCENT, B. e STENGERS, I. História da Química. Trad. xxx. Lisboa: Editora Piaget, 1992. p. 23, 53-54, 128-129, 198-199.

CHAMIZO, J. A. Techno chemistry. One of the chemists’ ways of knowing (prelo), 2012.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: questões e desafios para a Educação. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 1 ed. 2000.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. Ijuí: Editora Unijuí, 3 ed., 2003.

CHASSOT, Attico. Alquimiando a Química. QUÍMICA NOVA NA ESCOLA N° 1, MAIO 1995

CHASSOT, A. I. Catalisando transformações na educação. Ijuí: Unijuí, 1993.

EARLEY, J. E. Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? Foundations of Chemistry, Vol. 6, 2004, pp.137–160.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. Química Nova na Escola, n. 3, p. 15-18, 1996.

ECHEVERRÍA, A. R.; BENITE A. M. C. e SOARES M. H. F. B. A pesquisa na formação inicial de professores de química– a experiência do instituto de química da Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <http://www.sbg.org.br/30ra/Workshop%20UFG.pdf>. Acesso em 26/01/2015.

FONSECA, Dirce Mendes da. A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. Centro Universitário de Brasília Educação e Pesquisa, São Paulo, v.34, n.2, p. 361-370, maio/ago. 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ep/v34n2/10.pdf>. Acesso em: 09/03/2016.

GOODWIN, W. M. (2008). Structural formulas and explanation in organic chemistry. *Foundations of Chemistry*, Vol.10, n.2.

GOODWIN, W. M. (2010). How do structural formulas embody the theory of organic chemistry? *Philosophy of physical science*, Vol

JUSTI, R.S. GILBERT, J.K. Philosophy of chemistry in university chemical education: the case of models and modelling. *Foundations of chemistry*, v.4, p. 213-240, 2002.

KAVALEK, Débora S. EL papel y La Filosofía de La Ciencia em La formación de profesores de química- Un análisis Comparativo en UBA y UFRGS. Tesis presentada para el Curso de Maestría en Docencia Universitaria UTN, Argentina, 2010.

MALDANER, O.A. & ZANON, L.B. Pesquisa Educacional e Produção de Conhecimento do professor de química. In: *Ensino de química em Foco*. Organizadores: Wildson Luiz Pereira dos Santos, Otavio Aloisio Maldaner. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

MCINTYRE, L. "The Emergence of the Philosophy of Chemistry", *Foundations of Chemistry* 1, pp. 57-63, 1999.

PORTO, P.A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: *Ensino de química em Foco*. Organizadores: Wildson Luiz Pereira dos Santos, Otavio Aloisio Maldaner. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

RIBEIRO, M. A. P. & COSTA PEREIRA, D. Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. 11 international IHPST e Greek History, Philosophy and Science Teaching- Thessaloniki, Grecian, 3-6 July, 2012.

RIBEIRO, M. A. P. & COSTA PEREIRA, D. Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. *Science & Education*, online, first, 7 January, 2012.

RIBEIRO, Marcos Antônio Pinto e PEREIRA, Costa Duarte. Diagrama fundamental da educação química: Uma proposta fundamentada na filosofia da química. XVI Encontro

Nacional do Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI), Salvador, Bahia, Brasil, 17 a 20 de julho, 2012.

RIBEIRO, Marcos Antônio Pinto et al. Campo de problemas sobre a linguagem química debatidos pela filosofia da química. Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC- Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015.

SCERRI, E. On the Nature of Chemistry. *Educación Química* 10 (2): 74–78, 1999.

SCERRI, Eric. On the nature of chemistry. *Educacion Química*, 10 (2), p.74-78, 2003.

SCERRI, Eric. Philosophical Confusion in Chemical Education. *Journal of Chemical Education* 80, 2003.

SCERRI, Eric R. The Ambiguity of Reduction. Karlsruhe: *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry* 13, 2007.

SCHUMMER, J. (1998). The chemical core of Chemistry: A conceptual approach. *Hyle, International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 4, n.1, pp.129–162.

SCHUMMER, J. The philosophy of Chemistry: From infancy towards maturity. In: Davis Baird, Eric Scerri & Lee Macintyre (eds.). *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a new discipline* (Boston studies in the philosophy of science, vol. 242), Dordrecht: Springer, pp. 19-39, 2006.

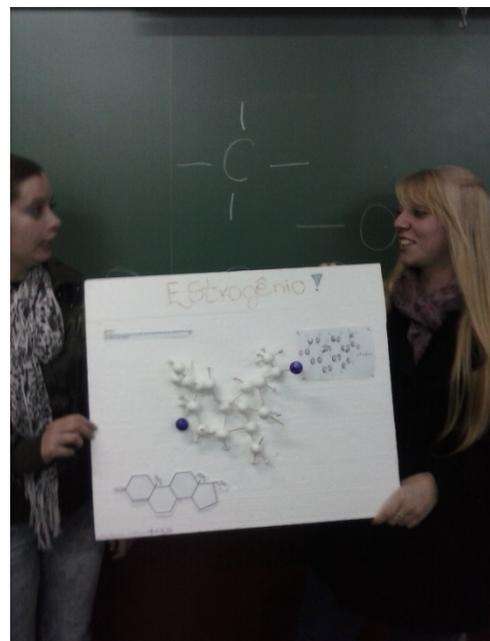
VAN BRAKEL, Jaap, *Philosophy of Chemistry – Between the Manifest and the Scientific Image*. Leuven: Leuven University Press, 2000.

BACHELARD, G. *La philosophie du non*. Paris: Presses Universitaires de France, 1988. Tradução Joaquim José Moura Ramos. *A filosofia do não*. Lisboa: Presença, 1984a.

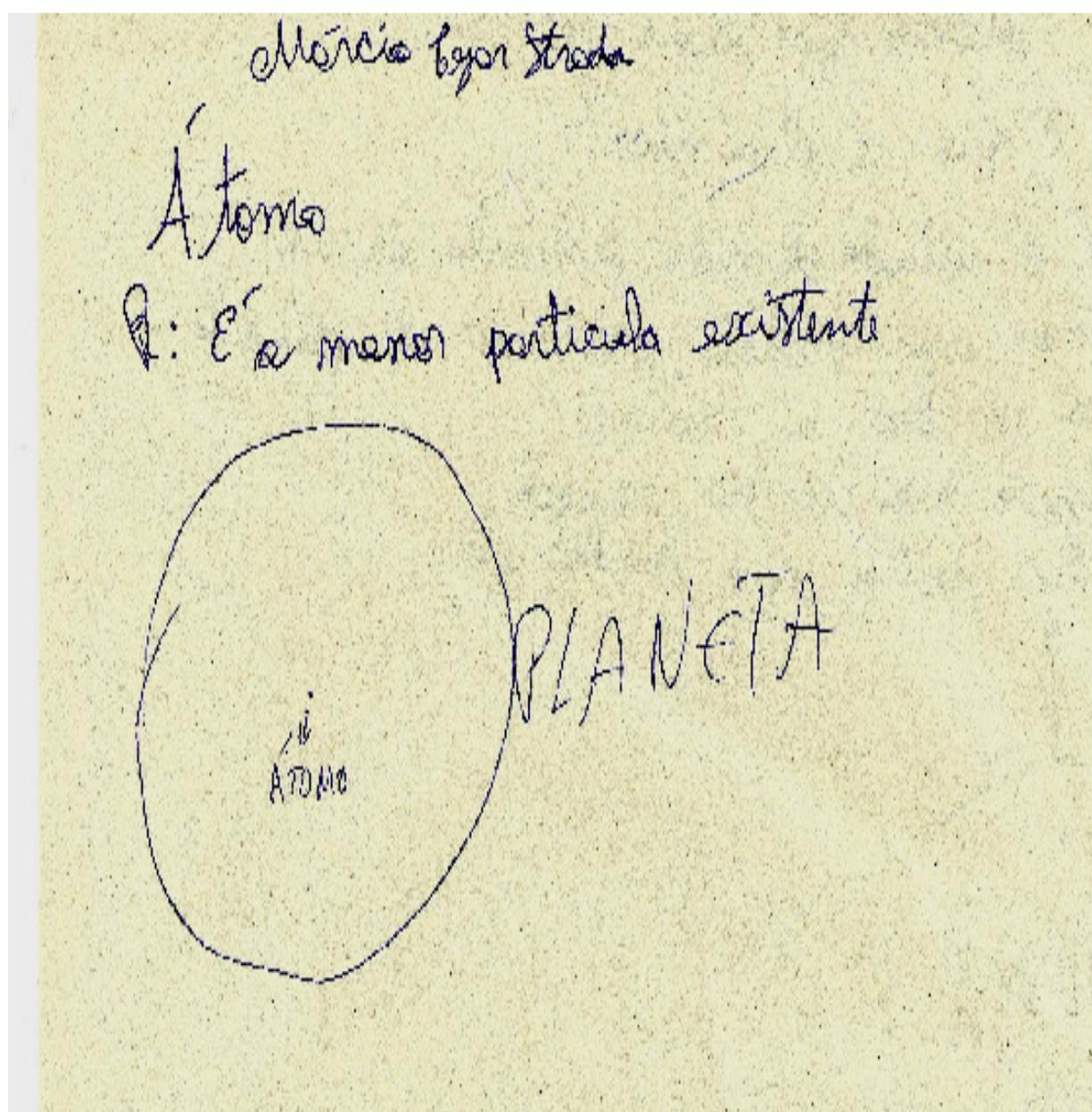
VIII ANEXOS

Anexo 1- Imagens dos trabalhos realizados pelos estudantes para o estudo das Representações





Anexo02- Desenhos de átomos e elaboração de conceitos a partir dos desenhos.



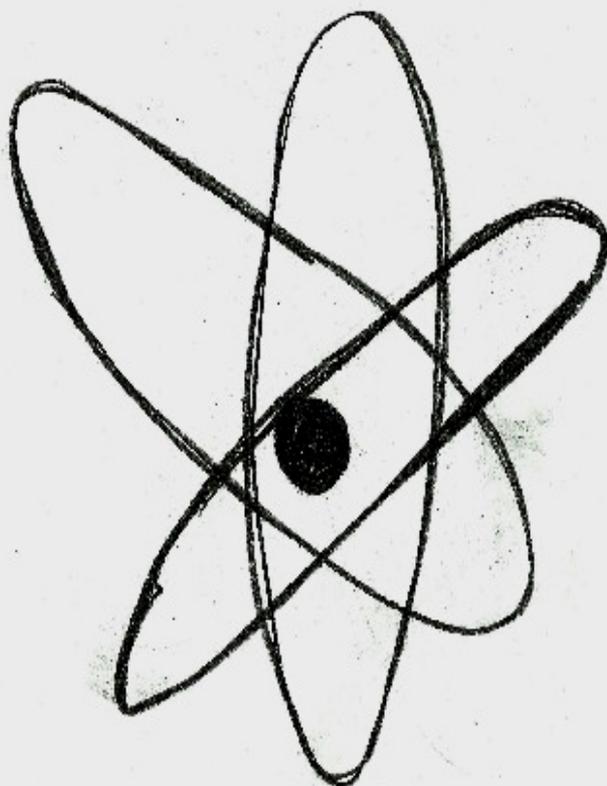
Átomo!

Nome: Simara Thumy

Nº: 25

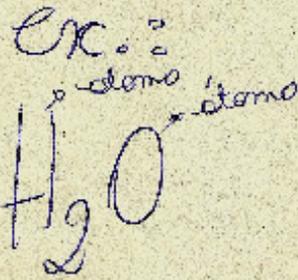
Turma: 102 E JA

Data: 09/08/15

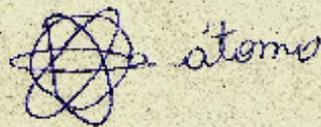


- É um elemento químico!

Átomo componente da Química
partículas



me lembre



Atenuados e lista de.

Atenuado de xabo.

Esses atenuados são as ligações de um robô.

