

Ensino de Estequiometria na Graduação Catalisado pela História e Filosofia da Ciência

Marcos Vinicius Ribeiro

Marina Assis Fonseca

Resumo

Neste trabalho relata-se um projeto de intervenção no ensino de estequiometria para graduandos em Engenharia. O fraco desempenho dos alunos na aprendizagem deste conteúdo é um aspecto recorrente na prática docente de um dos autores. Uma sequência didática baseada em história e filosofia da ciência foi elaborada e aplicada durante a disciplina de Química Geral no 1º semestre de 2019. A visão prévia de ciências dos alunos foi aferida através do questionário VOSTS e entrevistas semiestruturadas aplicadas após a finalização do projeto de ensino. Os resultados indicaram previamente uma visão rígida da ciência para 42% dos alunos; um avanço em todos os indicadores de desempenho mensurados nas questões de estequiometria da avaliação final e, por fim, sugerem uma mudança de compreensão dos alunos sobre a natureza da ciência. O uso da história e filosofia da ciência favoreceu o engajamento e despertou o interesse dos alunos permitindo uma aprendizagem significativa da estequiometria.

Palavras-chave: Estequiometria, Graduação, História e Filosofia da Ciência.

Abstract

This paper reports an intervention project in the teaching of stoichiometry for undergraduates in engineering. The poor performance of students in learning this content is a recurring aspect in the teaching practice of one of the authors. A didactic sequence based on the history and philosophy of science was elaborated and applied during the General Chemistry course in the first semester of 2019. The students' previous view of sciences was assessed through the VOSTS questionnaire and semi-structured interviews applied after the end of the teaching project. The results previously indicated a rigid view of science for 42% of students; a breakthrough in all performance indicators measured in the final assessment questions of stoichiometry and ultimately suggest a change in students' understanding of the nature of science. The use of the history and philosophy of science favored the engagement and aroused the interest of the students allowing a meaningful learning of stoichiometry.

Keywords: Stoichiometry, Graduation, History and Philosophy of Science.

INTRODUÇÃO

Considerando que os cidadãos do século XXI deverão ser capazes de analisar situações reais e tomarem decisões críticas sobre assuntos que envolvam conhecimento científico e questões tecnológicas, torna-se incoerente pensar num ensino de ciências baseado na memorização de informações declarativas. Um ensino baseado em transmissão de informações do professor para o aluno pode levar a um conhecimento superficial e inerte. Nesse tipo de ensino, os alunos assumem o papel de acumuladores de conhecimentos que, muitas vezes, não fazem sentido para eles e nem se aplicam a explicar situações problema.

Nessa óptica propõe-se alguns objetivos gerais para o ensino de ciências. Segundo ele, os estudantes deveriam ser capazes de aprender Ciências, ou seja, conhecer as bases conceituais ou conceitos fundamentais; aprender sobre Ciências, isto é, compreender aspectos de história, da filosofia e da metodologia de Ciências; aprender a fazer Ciência, sendo capazes de participar de atividades que objetivem a aquisição de conhecimento científico. Ele entende que, desse modo, os alunos podem desenvolver maneiras de pensar e aprender que são bastante alinhadas com a investigação e a forma de pensar científicas¹.

Muitas propostas atuais de ensino de Química^{2,3} têm apontado para a necessidade de promoção de um ensino que seja significativo, que ajude o estudante a compreender e atuar criticamente sobre sua realidade, a partir do desenvolvimento de múltiplas inteligências.

A experiência de um dos autores na disciplina de Química Geral no ciclo básico dos cursos de engenharia de uma instituição particular de Belo Horizonte desde 2014 indica um fraco desempenho dos alunos durante o aprendizado do tema estequiometria, sendo que o aproveitamento das avaliações nos semestres anteriores não passou de 20%, o que demonstra grande dificuldade dos alunos no aprendizado do tema.

O público da referida instituição é na maior parte de estudantes vindos da rede pública de ensino, com relatos de deficiências de aprendizagem devido a precarização da escola neste nível de formação. A infraestrutura ruim; as greves constantes e a baixa qualificação dos docentes podem ser os motivos que levam a negligência de abordagem deste conteúdo no ensino médio.

A situação é preocupante para o prosseguimento dos estudos na Engenharia. A estequiometria é essencial para que o estudante compreenda as relações quantitativas das reações químicas⁴. Quando o estudante chega à universidade traz consigo todas as concepções, corretas ou não, em relação à estequiometria. Muitas das concepções incoerentes podem permanecer como dificuldades pela falta de oportunidade de serem adequadamente modificadas⁵.

A introdução da história da ciência no ensino vem sendo recomendada desde a Reforma Educacional Francisco Campos (1931) e, atualmente, parece existir um consenso da importância desta abordagem entre os educadores em ciências⁶. Para tanto, a história da ciência não deve se limitar a narrar

¹HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14, 541-562, 1992.

²MORTIMER, E.F., MACHADO, A.H. Química. Volumes 1, 2 e 3. São Paulo: Scipione, 2016.

³MOL, G., SANTOS, W.L.P. (orgs.) Química Cidadã. Volumes 1, 2 e 3. São Paulo: AJS, 3ª edição, 2017.

⁴SILVA, R.R., FILHO, R.C.R. MOL: uma nova terminologia. *Química Nova na Escola*, 1, 12-14, 1995.

⁵JUSTI, R., TRISTÃO, J.C., SILVA, G.F. Estequiometria: investigações em sala de aula. In: Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, Curitiba/PR, 2008, p.1-10.

⁶BELTRAN, M.H., SATO, F., TRINDADE, L.P. História da ciência para formação de professores. São Paulo: Livraria da Física, 2014, 128p.

biografias e listar suas descobertas como ocorre na maioria dos livros didáticos atuais, mas deve enquadrar o pensamento nas negociações e conflitos dentro da ação social⁷.

O estudo adequado de episódios históricos permite conhecer o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações, o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmitificação do conhecimento científico, sem negar o seu valor⁸.

A ciência não brota pronta na cabeça de “grandes gênios”. Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa, com muitas falhas, sem possuir uma base observacional e experimental. Apenas gradualmente as ideias vão sendo aperfeiçoadas através de debates e críticas, que muitas vezes transformam totalmente os conceitos iniciais.

O ensino de Química atual deve favorecer o entendimento das rupturas e avanços do conhecimento científico influenciado pelo contexto de uma época para tentarmos ultrapassar a simples memorização de regras, fórmulas e cálculos do ensino de estequiometria, uma vez que o tema é importante para o prosseguimento dos estudos nas diversas áreas da Engenharia.

Neste trabalho avaliou-se a aplicação de uma sequência de ensino baseada em história e filosofia das ciências na tentativa de melhorar a aprendizagem de estequiometria na disciplina de Química Geral para graduandos em Engenharia.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ensino de Estequiometria

A estequiometria teve início apenas no século XVIII com Jeremias Benjamin Richter (1762-1807), que criou o termo (do grego: *Stoikheion* = elemento e *metria* = medida). Ele publicou 3 livros sobre as relações quantitativas das reações químicas, um deles intitulado “*Anfangsgründe der Stöchiometrie*” (Esboços de Estequiometria), que tinha como subtítulo “A arte de medir elementos químicos”. Os químicos deste período se entregavam às investigações quantitativas e admitiam tacitamente que os corpos tinham composições bem definidas⁹.

A estequiometria está fundamentada nas leis ponderais, principalmente na lei da conservação das massas e na lei das proporções fixas. Segundo a lei da conservação das massas¹⁰: “*existe uma quantidade igual de matéria antes e depois do experimento; a qualidade e a quantidade dos elementos permanecem*”

⁷REIS, I.F. (org.) Estratégias para a inserção da história da ciência no ensino: um compromisso com os conhecimentos básicos da Química. São Paulo: Livraria da Física, 2015, 146p.

⁸MARTINS, R.A. A história da ciência e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino (eds.). Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006, 416p.

⁹MIGLIATO, J.R.F. Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio. Dissertação (Mestrado em Química). São Carlos: UFSCAR, 2005, 130p.

¹⁰LAVOISIER, A.L. Loi de conservation de masse. 1774.

precisamente a mesma e nada acontece além de mudanças e modificações nas combinações desses elementos”. Já a lei das proporções fixas¹¹: “uma substância, qualquer que seja sua origem, apresenta sempre a mesma composição em massa”.

Na literatura existem diversos trabalhos relatando as dificuldades na aprendizagem da estequiometria. Rosa e Schnetzler¹² apresentam uma revisão da literatura a respeito das concepções alternativas dos alunos sobre transformação química. Como causas apontadas na literatura para essas concepções destacam-se a falta de discussões sobre o conhecimento científico e a não explicitação por parte dos professores e materiais didáticos das relações entre os níveis microscópico e macroscópico.

Já Verone e Piazza¹³ observaram que alunos brasileiros ao balancear equações químicas conseguiam identificar a quantidade de átomos de um elemento nas fórmulas químicas, mas não compreendem o significado dessas fórmulas, mostrando que não as interpretam em nível microscópico e certa dificuldade nos cálculos matemáticos de proporções ao resolver problemas envolvendo leis ponderais.

Furió *et. al*¹⁴ inferem que a forma operativista como o conceito de mol é introduzido, sem aproximação com as ideias que fazem parte de sua origem e evolução, impede a atribuição pelo aluno de significado a essa unidade, resultando em suas dificuldades. Furió, Azcona, Guisasola¹⁵ partem da hipótese que as dificuldades dos estudantes estão relacionadas à falta de conhecimento docente sobre a gênese e evolução do significado dos conceitos de quantidade de matéria e mol.

Padilla, Furió, Azcona¹⁶ e Rogado¹⁷ investigaram as concepções históricas e epistemológicas de professores universitários sobre os conceitos de quantidade de substância e mol e como estes são tratados em 30 livros universitários de química e identificaram inconsistências conceituais na compreensão dos conceitos de quantidade de substância e mol, como a confusão dos conceitos com massa ou Constante de Avogrado.

¹¹PROUST, J.L. Loi des proportions définies. 1799.

¹²ROSA, M.I.; SCHNETZLER, R. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, 8, 31-35, 1998.

¹³VERONE, K.; PIAZZA, M. Estudo sobre dificuldades de alunos do ensino médio com estequiometria. In: Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis/SC, 2007, p.1-10.

¹⁴FURIÓ, C., AZCONA, R., GUIASOLA, G., MUJICA, E. Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud “olvidada” en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 107-114, 1993.

¹⁵FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, G. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 359-376, 1999.

¹⁶PADILHA, K., FURIÓ, C., AZCONA, R. Las visiones deformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de materia. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, 1-5, 2005.

¹⁷ROGADO, J. Ensino e aprendizagem da grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: a importância da história da ciência para sua compreensão. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 1-5, 2005.

As principais concepções alternativas que podem surgir durante o ensino de estequiometria foram descritas por Fonseca¹⁸ e Silva¹⁹ e separadas em 3 grupos distintos:

Constituição da matéria:

1. Não existe diferença entre os termos átomos e moléculas.
2. Gases não têm massa.
3. Mol é uma certa massa.
4. Mol é uma propriedade da molécula.
5. Numa reação química a quantidade de matéria dos reagentes é igual à quantidade de matéria dos produtos.

Transformações químicas:

1. Não empregam o conceito de átomo e moléculas no raciocínio sobre transformações químicas.
2. Dificuldade em mudar seus raciocínios do campo fenomenológico para o nível atômico-molecular, isto é, concebem que o que se aplica no macro também se aplica ao micro.
3. Não reconhecem o rearranjo de átomos nas transformações químicas.
4. Dificuldade de entender a conservação da matéria nas transformações químicas, o que dificulta o entendimento dos modelos microscópicos utilizados nas explicações das mesmas.
5. Quando um líquido muda para gás há uma diminuição da massa.
6. Em uma reação de precipitação há um aumento de massa.

Equações químicas e balanceamento:

1. Uma equação química não dá informações sobre as razões entre reagentes e produtos numa reação química.
2. Os subscritos nas fórmulas são números usados no balanceamento e não representam agrupamentos atômicos.
3. Os coeficientes de equação são números usados para balancear matematicamente as equações e não representam números relativos das espécies reagindo ou sendo produzidas nas reações químicas.
4. As equações químicas não representam reações químicas em um nível particular.
5. A razão entre a quantidade de matéria dos elementos presentes numa amostra de um composto é igual à razão entre as massas dos elementos presentes.

¹⁸FONSECA, M.M. Proposta de trabalho para estudo quantitativo dos fenômenos químicos. Monografia (Licenciatura em Química). Belo Horizonte: UFMG, 1999, 40p.

¹⁹SILVA, L.C. Dificuldades de aprendizagem em estequiometria: uma proposta de ensino apoiada em modelagem. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática). Natal: UFRN, 2013, 154p.

Visões Deformadas das Ciências

O ensino de ciências atual tem abordado os conhecimentos já elaborados sem uma perspectiva investigativa. Toda estratégia pedagógica adquire sentido e importância em função, entre outros fatores, da opção epistemológica do seu autor²⁰. Neste sentido um ensino de ciências baseado na mera transmissão de conhecimentos tem contribuído para a disseminação de visões inadequadas do trabalho científico entre professores, as quais serão discutidas a seguir:

Na **visão empírico indutivista e ateuca** destaca-se o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo a função essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo²¹.

Convém assinalar que esta ideia, que atribui a essência da atividade científica à experimentação, coincide com a de “descoberta” científica, transmitida, por exemplo, pelas histórias em quadrinhos, pelo cinema e, em geral, pelos diversos meios de comunicação²². A esse respeito, é preciso ter em conta que, apesar da importância dada (verbalmente) à observação e à experiência em geral, o ensino é puramente livresco, sem trabalho experimental. Isso faz com que a experimentação conserve, junto dos estudantes e dos professores, o atrativo de uma revolução em aberto²³.

A **visão rígida (algorítmica, exata, infalível)** apresenta o “método científico” como um conjunto de etapas a serem seguidas de forma mecânica destacando-se o que se supõe ser um tratamento quantitativo e controle rigoroso de variáveis, recusando tudo o que se refere à criatividade, a tentativa e a dúvida. A preocupação, quase obsessiva, em evitar a ambiguidade e em assegurar a fiabilidade das avaliações, distorce a natureza do trabalho científico, essencialmente incerto e também com algo de intuitivo e, por certo, reflexivo¹. A visão rígida e dogmática da ciência faz um relativismo extremo, tanto metodológico (“tudo vale”, não há metodologias específicas no trabalho científico), como conceptual (não há uma realidade objetiva que permita assegurar a validade das construções científicas: a única base em que se apoia o conhecimento é o consenso da comunidade de investigadores nesse campo)²¹.

Já a **visão problemática e ahistórica (dogmática e fechada)** é aquela onde transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual

²⁰DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNÉ, B., RUEL, F. La formation a l’enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49-67, 1993.

²¹GIL-PÉREZ, D., MONTORO, I.F., ALÍS, J.C., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência e Educação*, 7(2), 125-153, 2001.

²²LAKIN, S., WELLINGTON, J. Who will teach the “nature of science”? Teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190, 1994.

²³FERNÁNDEZ, I. Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat de Valencia, 2000, 411p.

nem as perspectivas que, entretanto, se abrem. Perde-se assim de vista que “todo o conhecimento é a resposta a uma pergunta”, isto é, a um problema, o que dificulta a captação, bem como a compreensão da racionalidade de todo o processo e empreendimento científicos²⁴.

A **visão exclusivamente analítica** destaca a necessária divisão parcelar dos estudos, o seu carácter limitado, simplificador. Porém, esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, ou o tratamento de “problemas-ponte” entre diferentes campos de conhecimento que podem chegar a unificar-se, como já se verificou tantas vezes e que evidencia a História da Ciência. A desvalorização e mesmo o esquecimento dos processos de unificação como característica fundamental da evolução dos conhecimentos científicos constitui um verdadeiro obstáculo na educação científica habitual²¹.

Na **visão acumulativa de crescimento linear dos conhecimentos científicos**, o desenvolvimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo que ignora as crises e as remodelações profundas, fruto de processos complexos que não se desejam e deixam moldar por nenhum modelo pré-definido de mudança científica²⁵. Enquanto a visão rígida ou algorítmica se refere à forma como se concebe a realização de uma dada investigação, a visão acumulativa é uma interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos, para a qual o ensino pode contribuir ao apresentar os conhecimentos hoje aceites sem mostrar como eles foram alcançados, não se referindo às frequentes confrontações entre teorias rivais, às controvérsias científicas, nem aos complexos processos de mudança.

A **visão individualista e elitista da ciência** é aquela onde os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipas. Em particular faz-se crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipa podem ser suficientes para verificar, confirmando ou refutando, uma hipótese ou toda uma teoria. Insiste-se explicitamente em que o trabalho científico é um domínio reservado a minorias especialmente dotadas, transmitindo-se assim expectativas negativas à maioria dos alunos, com claras discriminações de natureza social e sexual (a ciência é apresentada como uma atividade eminentemente “masculina”)²¹.

Contribui-se, além do mais, para esse elitismo escondendo o significado dos conhecimentos por meio de apresentações exclusivamente operativas. Não se faz um esforço para tornar a ciência acessível (começando com tratamentos qualitativos, significativos), nem para mostrar o seu carácter de construção humana, em que não faltam hesitações nem erros, situações semelhantes às dos próprios alunos.

A **visão descontextualizada, socialmente neutra da ciência** esquece as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS) e proporciona-se uma imagem deformada dos cientistas como seres “acima do bem e do mal”, fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções.

²⁴BACHELARD, G. La formation de l'esprit scientifique. Paris: Vrin, 1938, 304p.

²⁵IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N., ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59, 1999.

Isso é particularmente notório no que se refere às atividades utilizadas para avaliar a aprendizagem nesse âmbito, o que definitivamente mostra a pouca importância que se lhes concede. A avaliação de atitudes é, quase sempre, esquecida, senão mesmo ignorada²⁶.

Parece razoável que uma visão individualista e elitista da ciência apoie implicitamente a ideia empirista de “descoberta” e contribua, além do mais, para uma leitura descontextualizada e socialmente neutra da atividade científica (realizada por “gênios” solitários). Do mesmo modo, para citar outro exemplo, uma visão rígida, algorítmica e exata da ciência pode reforçar uma interpretação acumulativa e linear do desenvolvimento científico, ignorando as crises, as controvérsias e as revoluções científicas²¹.

Ainda segundo estes autores, as concepções dos docentes sobre a ciência seriam expressões de uma visão comum de aceitação implícita devido à falta de reflexão crítica e a uma educação científica que se limita, com frequência, a uma simples transmissão de conhecimentos já elaborados configurando-se apenas numa retórica de conclusões. Tudo isso é reforçado por falhas na formação inicial e continuada dos professores, um ensino livresco das ciências e a falta de uma experimentação investigativa.

A ciência é mutável, dinâmica e busca explicar os fenômenos naturais. Não existe um método científico universal. A teoria não é consequência da observação de um experimento e vice-versa. A ciência é influenciada pelo contexto social, cultural, político, religioso, econômico, dentre outros, nos quais ela é construída. Os cientistas utilizam imaginação, crenças pessoais, influências externas, dentre outros aspectos para fazer ciência. Tudo isso deve ser considerado para uma melhor compreensão da natureza da ciência.

A essência do trabalho científico se encontra na mudança de um pensamento, atitude e ação, baseados nas “evidências” do senso comum, para um raciocínio em termos de hipótese, por sua vez mais criativo (é necessário ir mais além do que parece evidente e imaginar novas possibilidades) e mais rigoroso (é necessário fundamentar e depois submeter cuidadosamente as hipóteses à prova, isto é, confrontar com o mundo, duvidar dos resultados e procurar a coerência global)²¹.

História e Filosofia da Ciência no Ensino

²⁶ALONSO M., GIL-PÉREZ, D., TORREGROSA J.M. Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación: obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Enseñanza de la Física*, 5(2),18-38, 1992.

A busca da alfabetização científica é um dos objetivos da abordagem da história e filosofia da ciência no ensino de química e, na atualidade existe um consenso entre os docentes da importância de aprender sobre a natureza da ciência para a formação de um cidadão crítico.

A natureza da Ciência refere-se aos elementos envolvidos na construção do conhecimento científico, desde questões internas relacionadas ao método de investigação e à relação entre teoria e observação, até questões externas, como o papel da criatividade ou de concepções prévias dos cientistas no desenvolvimento de suas ideias²⁷.

O estudo adequado de alguns episódios históricos permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e limitações, o que contribui para formação de espírito crítico e desmitificação da ciência, sem negar seu valor⁶.

As teorias científicas vão sendo construídas por tentativas e erros através de argumentos que inicialmente podem não ter qualquer fundamento, elas podem chegar a se tornar estruturadas e fundamentadas, mas jamais podem ser provadas. O processo científico é extremamente complexo, não é lógico e não segue nenhuma fórmula infalível⁸.

Quando utilizada de forma inadequada a história e filosofia das ciências pode ser um empecilho ao ensino de química, por exemplo, a redução da história da ciência a nomes, datas e anedotas presentes nos livros didáticos; concepções errôneas do professor sobre o método científico e o uso de argumentos de autoridade durante as aulas.

As atividades de ensino propostas devem ser inseridas na discussão de tópicos específicos através da seleção de episódios históricos que evidenciem debates entre modelos diferentes para explicação de um mesmo fenômeno ou que levem a refletir sobre a coerência de concepções elaboradas em outras épocas e culturas.

A inserção da história e filosofia da ciência no ensino de química como um dos eixos condutores do ensino, facilita a significação dos conteúdos, pois permite:

1. Mostrar através de episódios históricos que a ciência passa por uma evolução gradativa e lenta através de problemas sob investigação e não por descobertas.
2. A história da ciência através de seus avanços e retrocessos até a chegada das concepções atuais revela o papel da dúvida no processo de aprendizagem.
3. A aceitação ou não de uma proposição científica, não depende de seu valor intrínseco, mas de valores sociais, filosóficos, políticos, éticos, religiosos, etc.

²⁷MOURA, B.A. O que é natureza da ciência e qual a sua relação com a história e filosofia da ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(1), 32-46, 2014.

4. Ver o conhecimento científico como uma construção humana; portanto, este é provisório e sujeito a reconstrução ao longo dos tempos.

5. A ciência tem um contexto sócio-histórico, logo possui uma evolução não linear, empírica e formalista.

Na busca de um ensino de Química mais autêntico, a história e filosofia da ciência podem aumentar a motivação pela aprendizagem; ampliar a visão de ciências dos alunos; reduzir o nível de abstração do conteúdo ministrado em sala e por fim diminuir o dogmatismo do ensino atual²⁸.

A contribuição da História e da Filosofia da Ciência para melhorar o ensino tem figurado como um ponto de convergência entre pesquisadores, historiadores e educadores brasileiros nas últimas 2 décadas^{6,8,29}.

METODOLOGIA

Neste trabalho foi elaborada uma sequência de ensino baseada em personagens da história da química brasileira para contextualizar a abordagem da estequiometria para alunos ingressantes na graduação em Engenharia de uma instituição particular de Belo Horizonte/MG.

Para conhecimento da turma foi realizado um levantamento prévio com os alunos sobre a instituição em que cursaram o ensino médio, se tiveram aulas de estequiometria na 1º série e quais conteúdos trabalhados ainda eram lembrados sobre o referido tema.

Para aferir a visão prévia de ciências dos alunos foram selecionadas perguntas do questionário VOSTS - *View on Science, Technology and Society* que foram traduzidas para elaboração de um questionário eletrônico através da ferramenta Google Forms®.

As questões selecionadas e traduzidas do questionário acima foram 20411, 40421, 70721, 91013, 90211, 90511, 90521, 90611, 90621, 90631, 90641, 90651 sobre modelo, experimento, método científico, investigação, dentre outros aspectos relacionados a natureza da ciência.

Durante o 1º semestre de 2019 foi elaborada uma sequência didática baseada em história da ciência para contextualizar o ensino de estequiometria para uma turma da disciplina de Química Geral com 30 alunos de diversas Engenharias da instituição aplicada em 7 aulas de 50 minutos.

Para mensurar a efetividade da sequência didática foi analisado o desempenho dos alunos desta turma nas questões específicas de estequiometria que foram colocadas na avaliação final da disciplina de Química Geral do 1º semestre de 2019.

²⁸JUSTI, R. Ensino sobre Ciências: Da falta de consenso aos novos desafios a serem enfrentados. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia/SP, 2013, p.1-7.

²⁹SILVA, A.P.B., SILVEIRA, A.F. (orgs.) História da ciência e ensino: propostas para sala de aula. Volume 3. São Paulo: Livraria da Física, 2018, 395p.

Para finalizar o projeto de intervenção foram selecionados 6 alunos (20%) para realização de uma entrevista semiestruturada para levantar dados sobre a percepção dos alunos sobre o uso da história e filosofia da ciência no ensino de estequiometria.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA:

Aula	Tópicos
1	Vicente Telles e a afinidade química das transformações dos materiais
2	Reações químicas, balanceamento de equações, leis ponderais
3	Aula de exercícios de fixação
4	Pedro de Alcântara Lisboa e o ensino de estequiometria no Brasil
5	Cálculos de rendimento, pureza, reagentes limitantes e em excesso
6	Aula de exercícios de fixação
7	Avaliação final

Texto 1:

Vicente Telles e a Afinidade Química nas Transformações dos Materiais (1788-1790)³⁰

Vicente Coelho Seabra Silva Telles nascido em Congonhas do Campo/MG em 1764, não chegou a completar 40 anos e se tornou o químico brasileiro mais notável do século XVIII. Viveu, contudo, uma vida bastante produtiva cientificamente, tendo publicado vários artigos e livros. O gosto pela ciência foi despertado ainda em sua terra natal por pessoas como o cônego Luís Vieira da Silva (1735-1802), professor de Filosofia do Seminário de Nossa Senhora da Boa Morte em Mariana/MG, que era dono possivelmente da maior biblioteca particular do Brasil, com cerca de 270 obras com aproximadamente 800 volumes, todos confiscados e relacionados na devassa da Inconfidência. Neste contexto, Vicente Telles é enviado em 1783 a Coimbra para estudar e lá se matricula na recém fundada Faculdade de Filosofia graduando-se em Filosofia (1788) e Medicina (1791).

Nunca mais voltou ao Brasil, em 1789 foi eleito sócio correspondente da Academia Real de Lisboa. Na Universidade de Coimbra exerceu os cargos de livre docente de zoologia, mineralogia, botânica e agricultura. Mesmo de longe sempre esteve preocupado com o desenvolvimento das ciências no Brasil, em especial a Química como revela suas obras. Dentre elas, a mais notável são os *Elementos de Chimica*³¹ (1788-1790), o primeiro compêndio de química moderna escrito em língua portuguesa e por um brasileiro.

A obra *Elementos de Chimica* de Vicente Telles foi publicada em 2 partes, a 1ª em 1788 e a 2ª em 1790, oferecida a Sociedade Literária do RJ para ser usado em seu curso de Química, numa preocupação

³⁰RIBEIRO, M.V. Vicente Coelho de Seabra Silva Telles e a afinidade química em seus *Elementos de Chimica* (1788-1790): um exemplo de ciência periférica no século XVIII. *Revista Brasileira de Ensino de Química*, 2, 53-62, 2007.

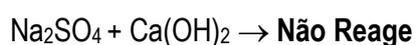
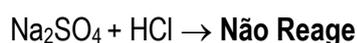
³¹TELLES, V.C.S.S. *Elementos de Chimica*. Coimbra: Real Officina da Universidade, 1788 (Parte I) e 1790 (Parte II), 485p.

evidente de desenvolvimento da Química no Brasil. O livro todo é um tratado vasto, de cerca de 500 páginas e bem atualizado da produção científica da Química da época (Lavoisier, Fourcroy, Scheele, Priestley, Diderot, D'Alembert, etc.) A abrangência teórica e prática tornam esta obra singular na literatura química do século XVIII, uma vez que a 1ª parte foi publicada um ano antes do *Traité élémentaire de chimie* (1789), de Lavoisier considerado o livro de química mais importante deste século.

Numa comparação entre as 2 obras, percebe-se o ineditismo de Vicente Telles de tentar explicar a ocorrência das reações químicas através de tábuas de afinidades, uma estratégia muito utilizada pelos químicos da época, pois a Química era um grande corpo de conhecimentos dispersos, puramente descritivos. Para entender o conceito e a utilização da tábua de afinidades, vamos utilizar um exemplo retirado da obra de Vicente Telles representado na figura 1:



Modernamente,



$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{NaCl} + \text{CaSO}_4$ (20→21, a reação química ocorre porque a afinidade dos produtos é maior.)

Vale ressaltar que estamos numa época em que não temos a teoria de Dalton (1808), nenhuma lei ponderal ou volumétrica, nem sequer nenhuma notação química simples, o que torna mais valiosa a obra de Vicente Telles. É quase inacreditável que uma obra tão importante seja completamente desconhecida, um dos motivos pode ser o fato de ter sido publicada em português e oferecida a uma academia de ciências que logo encerrou suas atividades científicas, isto a tornam periférica na literatura científica da época. Nela temos o conceito de afinidade que se constituiu num dos pilares do avanço do conhecimento químico durante o século XVIII, sob forte influência do Iluminismo europeu.

Questões para Discussão:

1. Como era a sociedade brasileira no final do século XVIII?
2. Como era o aprendizado de Química nesta época?
3. Qual a importância da publicação do livro Elementos de Química?
4. Como a afinidade de Vicente Telles explica as reações químicas?
5. Quais as contribuições de Vicente Telles para a Química deste período?

Texto 2:

Pedro Lisboa e o Ensino de Estequiometria no Brasil (1846-1848)³²

A década de 1840 representou um avanço na química brasileira sobre o período regencial. Uma figura interessantíssima que começa a sobressair é Pedro de Alcântara Lisboa (1821-1885). Ele pertencia a uma família importante neste período; seu pai, José Antônio Lisboa (1777-1850) foi figura pública respeitada na corte desde o tempo de D. João VI. O irmão Miguel Maria Lisboa (1809-1881) foi diplomata e recebeu do Imperador o título de Barão de Japurá. O tio e cunhado, Joaquim Marques Lisboa (1807-1897), foi o Marquês de Tamandaré, importante figura do Império.

Pedro entrou para a 1ª turma do Colégio Pedro II em 1838, onde se notabilizou por seus dotes de inteligência. Todavia, ele não pôde ficar na turma correspondente a sua série por falta de colegas e foi posto na turma imediatamente inferior. Isto deve tê-lo desmotivado bastante, pois no ano seguinte ele saiu do colégio. Depois de estudar por 15 meses com professores particulares no Rio de Janeiro, em 1840 seguiu para a França, tendo estudado na *École Centrale des Arts et Manufactures*, onde foi aluno do químico francês Jean Baptiste Dumas.

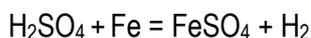
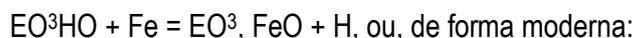
Pedro formou-se em 1845 e se autodenominava engenheiro químico, que ele era de fato, embora o grau que lhe fora concedido pela *École des Arts et Manufactures* dissesse oficialmente que seu curso era de *Engenharia Civil com Especialidade em Química*. O 1º curso universitário de 4 anos oficialmente denominado Engenharia Química surgiu mais tarde, no *Massachusetts Institute of Technology*, em 1888.

Pedro conduziu no Museu Nacional em 1846, nas instalações da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, várias conferências sobre estequiometria, todas elas publicadas em seguida na revista da Sociedade, *O Auxiliador da Indústria Nacional*. Na 1ª dessas publicações, de 1846 foi usada pela 1ª vez no Brasil uma equação química para representação de uma reação química. Por seu afastamento do país, Pedro não usou todos os símbolos de Berzelius para os elementos usuais no Brasil, tendo usado, por exemplo, E como símbolo do enxofre.

Ele mostrou que o ácido sulfúrico, cuja fórmula escrita como EO^3HO , continha 1 equivalente de enxofre, 3 de oxigênio e 1 de água. A fórmula da água na época era aceita como HO. Ele calculou as

³²FILGUEIRAS, C.A.L. Origens da Química no Brasil. Campinas: Editora da UNICAMP, 2015, 500p.

quantidades de ácido sulfúrico e ferro necessárias à produção de um certo volume de hidrogênio necessário para encher um balão de 4 metros de diâmetro, nas condições normais de temperatura e pressão. A equação por ele escrita, de forma pioneira no Brasil:



Pedro tornou-se sócio efetivo da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, onde foi nomeado representante na Europa, para onde ele retornou entre setembro de 1846 e julho de 1848. O objetivo era coletar informações sobre avanços tecnológicos, sobretudo em química, que estivessem acontecendo na França. Ele serviu durante esse tempo como adido de 1ª classe junto à Legação do Império em Paris, enviando regularmente relatórios sobre progressos, equipamentos e instrumentos que pudessem servir à indústria brasileira.

Em 1848 saiu seu livro intitulado *Lições de química professadas por J. Dumas na Escola Central das Artes e Manufaturas de Paris no ano letivo de 1846-1847*. Este foi o 1º livro publicado no Brasil a conter equações químicas e cálculos estequiométricos. Na época da publicação do livro, Pedro estava em Paris, na missão mencionada acima. É interessante reproduzir parte do prólogo do livro para entender as intenções do autor com a obra:

"A Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, convencida do muito que convém espalhar no Brasil o gosto dos estudos químicos, que nos nossos dias têm tomado voo tão extraordinário, e certa que sem o conhecimento de sua prática e teoria, impossível é que a agricultura e a indústria prosperem entre nós, impôs-me como primeira condição do contrato comigo feito, eu mandar de Paris redigido com os principais detalhes, desenhos ou mapas, o curso que agora vai sair à luz³³".

Ele relata que havia procurado J. Dumas, contando-lhe de seu propósito de escrever suas lições em português para publicação no Brasil, intenção aceita imediatamente pelo químico francês. O livro pioneiro de 105 páginas foi publicado no Rio de Janeiro em 1848, e está repleto de equações químicas e cálculos estequiométricos. Pedro de Alcântara Lisboa esteve envolvido com uma série de projetos e publicou continuamente, sobretudo nas páginas de *O Auxiliador da Indústria Nacional*, onde se pode ver sua enorme variedade de interesses.

Questões para Discussão:

³³LISBOA, P. A. *Lições de química professadas por J. Dumas na Escola Central das Artes e Manufaturas de Paris no ano letivo de 1846-1847*. Rio de Janeiro: Typographia Brasiliense de F. M. Ferreira, 1848, 105p.

1. Como era a sociedade brasileira no século XIX?
2. Como era o aprendizado de Química nesta época?
3. Qual a importância da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional?
4. Porque é importante escrever as equações das reações químicas?
5. Qual a importância do estudo da estequiometria para a Engenharia?

ANÁLISE DAS QUESTÕES DA AVALIAÇÃO FINAL:

Para mensurar a efetividade da sequência didática foram estabelecidos indicadores de desempenho nas questões de estequiometria da avaliação final de Química Geral:

- a) Escrita da reação
- b) Balanceamento das equações
- c) Relações de variáveis
- d) Aplicação de conceitos
- e) Uso de unidades

ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS:

Questões:

1. Quais as maiores dificuldades de aprendizagem de Química? Porque?
2. Quais estratégias didáticas foram mais adequadas para sua aprendizagem durante o curso? Explique em detalhes.
3. O que você achou da abordagem histórica da ciência na disciplina? Porque?
4. Quais as contribuições da abordagem histórica da ciência em sua aprendizagem de Química? Explique em detalhes.
5. Você acha interessante a continuidade da abordagem histórica nas demais disciplinas do curso? Porque?

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. Levantamento de Perfil da Turma

A turma pesquisada possui 30 alunos de várias Engenharias da instituição que cursavam a disciplina de Química Geral no 1º semestre de 2019. Em relação ao tipo de escola em que o aluno cursou o ensino médio temos 57% (estadual), 36% (particular) e 7% (municipal).

Nesta turma temos 86% dos alunos que estudaram estequiometria e 14% que nunca estudaram este conteúdo. Em relação aos conteúdos abordados, os alunos citaram o balanceamento de equações químicas (64%), reação química (7%), pureza (7%) e rendimento (7%).

Os dados do levantamento de perfil indicaram uma heterogeneidade na turma, pois os alunos que estudaram estequiometria não lembravam de seus principais conceitos (reação química, balanceamento de equações químicas, pureza, reagente em excesso e reagente limitante).

2. Visão Prévia de Ciências - Questionário VOSTS

O link do questionário elaborado na plataforma Google Forms® foi enviado por e-mail para os 30 alunos e no final obtivemos 27 respostas que foram compiladas enfatizando as alternativas mais assinaladas pelos alunos para cada questão:

20411: **29,6%** dos alunos atestaram que as opiniões religiosas e éticas influenciam a pesquisa científica conforme a cultura de cada país.

40421: **29,6%** dos alunos reconhecem que o raciocínio sistemático aprendido nas aulas de ciências ajudam a resolver problemas práticos do cotidiano.

70721: **25,9%** dos alunos indicaram que cada equipe de cientistas tem seus próprios métodos de investigação, independentes de suas nacionalidades.

91013: **59,3%** dos alunos atestaram que os cientistas descobrem uma teoria porque a ideia estava lá para ser descortinada.

90211: **51,9%** dos alunos reconhecem que os modelos científicos chegam perto de serem cópias da realidade baseadas em observações e pesquisa.

90511: **48,1%** dos alunos indicaram que hipóteses podem levar a teorias que podem levar a leis, uma vez que ela é testada por experiências, se ela for correta pode se tornar uma teoria.

90521: **25,9%** dos alunos atestaram que as vezes a ciência precisa de pressupostos para prosseguir pois a história demonstra que grandes descobertas foram feitas refutando uma teoria.

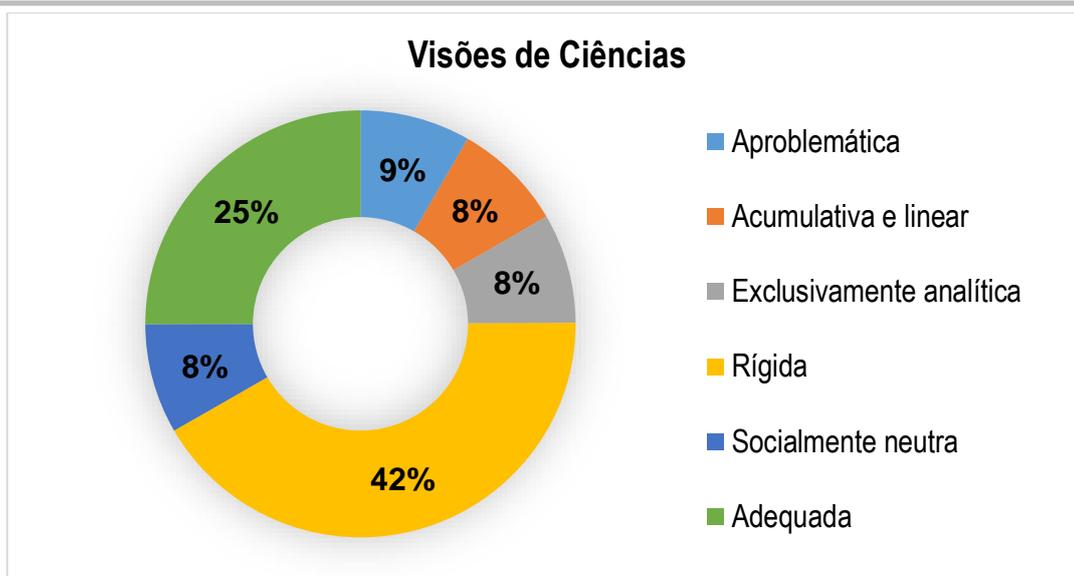
90611: **37%** dos alunos indicaram que a obtenção de fatos, teorias ou hipóteses de forma eficiente, testando para provar que algo é verdadeiro ou falso de uma maneira válida.

90621: **48,1%** dos alunos atestaram que o método científico garante resultados válidos, claros, lógicos e precisos, portanto seus passos são seguidos pela maioria dos cientistas.

90631: **29,6%** dos alunos reconhecem que as descobertas científicas resultam de uma série lógica de investigações porque experimentos são como tijolos em uma parede.

90641: **48,1%** dos alunos indicaram que na maioria das vezes os erros ajudam no avanço da ciência.

As respostas dos alunos para cada pergunta do questionário VOSTS foram analisadas para mensurar as principais visões prévias de ciências dos alunos segundo a classificação proposta por Gil-Perez *et al.*²¹:



Fonte: Autores (2019)

Os resultados indicam a predominância da visão rígida que apresenta o método científico como um conjunto de etapas a serem seguidas mecanicamente durante a investigação científica. Os dados sugerem que os alunos reproduzem a visão de ciência de seus formadores ao longo da vida escolar.

Um aspecto interessante dos dados é o fato de 25% dos alunos pesquisados apresentarem visões adequadas sobre o trabalho científico indicando uma compreensão mais ampla da ciência como a inexistência de um método científico para a realização das investigações²¹;

3. Análise das Questões da Avaliação Final

A análise das respostas das questões de estequiometria da avaliação final indicou um avanço nos indicadores de desempenho: escrita da reação (73,1%), balanceamento de equações (73,1%), relação de variáveis (60%), aplicação de conceitos (60%) e uso de unidades (80%).

Os alunos conseguiram interpretar os problemas de estequiometria alcançando 73,1% de acertos na escrita das reações e balanceamento das equações, o que refletiu no avanço dos demais indicadores, o que pode ser explicado pelo maior interesse dos alunos no estudo do tema.

A estequiometria é um assunto muito presente em nossa vida, quando estamos preparando um bolo utilizamos estes conceitos na execução da receita. Se você decidir dobrar a receita terá que dobrar a quantidade dos ingredientes³⁴.

A compreensão dos conceitos é fundamental para o aprendizado da estequiometria. O objetivo do ensino é o mesmo da preparação do bolo, ou seja, calcular teoricamente a quantidade de reagentes a ser utilizada e prever a quantidade de produtos obtidos em uma reação química.

³⁴MATOS, R. M. Noções Básicas de Cálculo Estequiométrico. Campinas: Átomo, 2013, 104p.

A utilização da história e filosofia da ciência promoveu uma melhoria no desempenho dos alunos. O aproveitamento destas questões nos semestres anteriores foi de apenas 20%. Uma explicação pode ser o maior engajamento dos alunos durante a aprendizagem do tema⁸.

4. Entrevistas Semiestruturadas

Algumas falas dos alunos foram destacadas para mensurar a amplitude da abordagem da história e filosofia das ciências no ensino de estequiometria para graduandos em Engenharia:

As dificuldades de aprendizagem da Química relatadas pelos alunos são a complexidade do conteúdo, o nível de abstração dos conceitos e as falhas de aprendizagem no ensino médio. Segundo A5, “o desafio é associar a teoria, os conceitos, com a aplicação da Química no dia-a-dia e saber construir uma linha de raciocínio para solucionar problemas”.

Em relação às estratégias didáticas, os alunos citaram que os experimentos em laboratório favoreceram a aprendizagem através do trabalho em equipe, onde os erros permitem buscar novos conhecimentos. Conforme A4, “as aulas práticas ajudaram a fixar melhor o conteúdo e sanar dúvidas que não foram esclarecidas em sala”.

Diante das dificuldades de aprendizagem da Química optou-se pela abordagem histórica da ciência no ensino de estequiometria. Os alunos entrevistados relataram que foi uma oportunidade de “sair da caixinha”. Segundo A5, “a abordagem histórica facilita o entendimento do conceito estudado e estimula a curiosidade e a criatividade sobre as coisas”.

A atuação docente na intervenção foi destacada em uma das falas, “eu achei extremamente construtivo, pois observei o cuidado do professor de não tornar algo a ser aprendido e sim um instrumento a ser utilizado com a finalidade de ensinar o contexto macro da Química (A2)”.

O preparo do professor para uso da história da ciência no ensino é um dos maiores desafios didáticos⁸. Neste aspecto, A1 destaca que “a abordagem histórica da ciência foi apresentada em sala de aula de forma coesa e sucinta favorecendo o aprendizado dos conceitos científicos”.

Um aluno relatou uma visão adequada da ciência²¹ após a realização do projeto, “a abordagem histórica foi fundamental para entendimento das aulas de química, pois a criatividade, a dúvida e o ser humano participam do processo de construção social desta ciência (A3)”.

O aprendizado sobre ciências é um passo importante para o alcance da alfabetização científica⁶. Conforme A2, “o ensino voltado para a tomada de decisão com a contextualização das aulas evita interpretações sem fundamentos dos conceitos químicos”.

Os episódios históricos utilizados em sala de aula permitiram despertar o interesse pela aprendizagem de Química. Segundo A5, “a abordagem histórica permite aos alunos aprender mais sobre as abordagens científicas e ter maior capacidade de explorar os problemas próprios da ciência”.

A aprendizagem significativa foi destacada na fala de um dos alunos: “a abordagem histórica é positiva pois aprender algo em um contexto é muito mais plausível, que somente aprender pelo acúmulo de informações que se perdem, uma vez que o processo lógico de aprendizagem se mantém pois é construído (A6)”.

A continuidade de abordagem histórica da ciência foi destacada por um dos alunos: “Tenho certeza que se tivesse tido aulas, durante toda a minha vida estudantil dessa forma, teria compreendido muito melhor diversos conceitos. Além disso, a aula se torna mais dinâmica, enriquecedora e entusiasmante (A4)”.

A história e filosofia da ciência podem diminuir o dogmatismo do ensino²⁸ pois “a abordagem histórica introduz um contexto, uma situação na qual algo marcante foi feito, através disso a mente desenvolve um raciocínio embasado em uma linha de pensamento coerente, que não precisa ser decorado e sim, compreendido. Algo compreendido é mais facilmente replicado (A1)”.

O uso da história e filosofia da ciência pode superar o ensino puramente descritivo e linear, repassando resultados acumulados, desconexos e sem ligações com a realidade. As opções metodológicas do professor devem favorecer a capacidade de comunicação, adaptação e compromisso com a aprendizagem contínua.

CONCLUSÕES

O ensino tradicional da estequiometria é realizado por meio de uma abordagem ritualista, seguida de exercícios de fixação, num processo que valoriza apenas a memorização. O assunto é abordado em tópicos sem relações entre os conteúdos o que prejudica o raciocínio lógico-dedutivo desmotivando a aprendizagem.

Neste trabalho elaborou-se uma sequência didática baseada em episódios históricos da química brasileira para o ensino de estequiometria para graduandos de Engenharia. Os dados do levantamento de perfil da turma indicaram uma heterogeneidade na turma pois os alunos que estudaram o conteúdo não lembravam de seus principais conceitos.

A visão prévia de ciências dos alunos foi aferida através do questionário VOSTS indicando uma predominância da visão rígida (42%) que apresenta o método científico como um conjunto de etapas que devem ser seguidas mecanicamente na investigação científica, o que sugere uma reprodução da visão de ciências de seus formadores.

Os alunos conseguiram interpretar os problemas de estequiometria alcançando 73,1% de acertos na escrita das reações e balanceamento das equações, o que refletiu no avanço dos demais indicadores de desempenho, o que pode ser explicado pelo maior interesse dos alunos na aprendizagem do tema.

As entrevistas semiestruturadas sugerem uma maior compreensão da natureza da ciência. Os alunos relataram que as aulas foram uma oportunidade de pensar “fora da caixa” e visualizar a ciência como uma atividade humana resultante de um processo de construção social, coletivo e gradativo.

A história e filosofia da ciência tem um grande potencial de aplicação no ensino. Nesta pesquisa o engajamento e interesse dos alunos foram essenciais para o alcance de uma aprendizagem significativa de um tema que é essencial para a continuidade de estudos nas diversas áreas da Engenharia.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Lombardi Filgueiras (UFMG) e a Profa. Dra. Ivoni de Freitas Reis (UFJF) pelas contribuições no meu aprendizado sobre História e Filosofia da Ciências.

SOBRE OS AUTORES:

Marcos Vinicius Ribeiro

Centro Universitário Newton Paiva

E-mail: mvribeiro@ymail.com

Marina Assis Fonseca

Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail: marina.assis@gmail.com

Artigo recebido em 19 de agosto de 2021
Aceito para publicação em 09 de dezembro de 2021