

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

UMA VISÃO MULTIDISCIPLINAR

Ricardo Pereira Sepini
Sonia Aparecida Cabral
Organizadores



editora científica

Copyright© 2021 por Editora Científica Digital

Copyright da Edição © 2021 Editora Científica Digital

Copyright do Texto © 2021 Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

C569 Ciência, tecnologia e sociedade na formação de professores [livro eletrônico] : uma visão multidisciplinar / Organizadores Ricardo Pereira Sepini; Sonia Aparecida Cabral. – Guarujá, SP: Científica Digital, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

ISBN 978-65-87196-98-5

DOI 10.37885/978-65-87196-98-5

1. Educação. 2. Professores – Formação. 3. Prática de ensino.
I. Sepini, Ricardo Pereira. II. Cabral, Sonia Aparecida.

CDD 371.72

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Parecer e Revisão Por Pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Editora Científica Digital, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

O conteúdo dos capítulos e seus dados e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. É permitido o download e compartilhamento desta obra desde que no formato Acesso Livre (Open Access) com os créditos atribuídos aos respectivos autores, mas sem a possibilidade de alteração de nenhuma forma ou utilização para fins comerciais.



editora científica

EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil

www.editoracientifica.org - contato@editoracientifica.org

Um questionário para avaliar a apropriação da cultura química por ingressantes em curso superior de Química

I Anielli Fabiula Gavioli **Lemes**
UFVJM

I Paulo Alves **Porto**
IQ-USP

RESUMO

Este trabalho descreve a elaboração de um questionário pré e pós-teste destinado a avaliar a incorporação da cultura química por estudantes de graduação em Química. Com base em revisão bibliográfica de 68 artigos publicados entre 2000 e 2013, optou-se por utilizar questões abertas iguais no questionário pré e pós-teste. As questões abordam os principais tópicos estudados em uma disciplina de Química Geral, introdutória ao curso de graduação em Química. A análise das respostas não buscou avaliar a aprendizagem dos conteúdos, mas caracterizar mudanças de preferência acerca dos tipos de teorias utilizadas pelos alunos em suas explicações, considerando a distinção entre teorias fenomenológicas (ou macroscópicas) e hipotéticas (ou microscópicas).

Palavras-chave: Filosofia da Química, Pré e pós-Teste, Química Geral, Formação Inicial do Químico.

■ INTRODUÇÃO

Discussões sobre as peculiaridades da Química permeiam tanto as pesquisas sobre o Ensino quanto sobre a Filosofia dessa ciência. Um estudo exploratório envolvendo entrevistas com dez doutorandos em Química, realizado em dissertação de mestrado, apresentou a experimentação e sua relação com o realismo químico como característica marcante da Química (Lemes, 2013). O questionamento a respeito dessa relação conduziu a uma investigação mais ampla: “Como a *cultura*¹ química é incorporada pelos estudantes de graduação em Química?”

Tendo essa questão em vista, acompanhamos duas disciplinas introdutórias de um curso de graduação em Química, intituladas *Fundamentos de Química Experimental* e *Química Geral I*, oferecidas concomitantemente no primeiro semestre do curso de uma Universidade pública. Essas disciplinas abordam uma gama de assuntos que são retomados, de forma mais aprofundada, em diversas disciplinas posteriores do curso. Assim, essas disciplinas possuem um papel importante tanto na introdução dos conceitos químicos e desenvolvimento das habilidades experimentais básicas, quanto na motivação para a carreira em Química (Silva *et al.*, 2003). Além disso, também pode ser um momento de iniciação às perspectivas filosóficas que estão imbricadas no discurso dos professores que as ministram, e que se refletem em suas expectativas por determinadas respostas dos alunos nas avaliações.

O presente trabalho pretende contribuir para a compreensão de alguns dos desafios e obstáculos enfrentados pelos ingressantes no curso de Química no que se refere à incorporação de aspectos da cultura química (como a habilidade de experimentação e o realismo químico). Nessa perspectiva, buscou-se dados em diferentes fontes (aulas gravadas; roteiros das aulas experimentais; entrevistas com os professores; respostas dadas pelos alunos em atividades de aula; respostas dadas pelos alunos em entrevistas e questionários) para obter uma triangulação das informações por análise comparativa (Lemes, 2016). O presente trabalho aborda uma das etapas desse projeto.

■ OBJETIVO

Descrever o processo de elaboração de um questionário pré e pós-teste, destinado a avaliar a apropriação de aspectos da cultura química por alunos ingressantes em um curso superior de Química, bem como analisar algumas respostas ao questionário em termos do uso de explicações fenomenológicas ou hipotéticas pelos alunos.

1 “Cultura está associada com a área e consiste nas práticas dos participantes da área e outros recursos que estruturam a área. Cultura é teorizada como uma relação dialética entre as práticas e seus esquemas associados” (Tobin e Llana, 2010, p.80, *tradução nossa*). Portanto, consideramos que a cultura Química está associada aos modos de pensar, comunicar e fazer (experimentação) no dia-a-dia do químico.

■ MÉTODOS

Levantamento bibliográfico para a construção do questionário pré e pós-teste

Os instrumentos da pesquisa foram construídos em torno de um questionário pré e pós-teste e do acompanhamento das aulas da disciplina Química Geral I. Para a construção do questionário, foi feito um levantamento de artigos nos periódicos *International Journal of Science and Mathematics Education*, *International Journal of Science Education*, e *Chemistry Education Research and Practice*, buscando-se a palavra “pre-test” nos *abstracts* e no corpo dos textos, abrangendo o período entre os anos 2000 e 2013. Foram encontrados 104 artigos que usaram questionários pré e pós-teste. Desse conjunto, foram excluídos os artigos sobre motivação, pois se buscavam pesquisas cujos objetivos fossem testar habilidades ou conteúdos. A maior dificuldade encontrada nesse levantamento foi a falta de descrição ou clareza a respeito de como esses questionários foram criados, e qual o formato desses questionários (se as questões eram abertas ou de múltipla escolha, por exemplo). Por conta disso, artigos que somente citavam a utilização de questionários pré e pós-teste, mas não tinham nenhum tipo de menção sobre como os testes foram criados ou sua natureza, também foram descartados, pois não contribuiriam para a construção da metodologia desta pesquisa. Mesmo assim, a maioria dos artigos encontrados não possui um detalhamento profundo de como os questionários foram elaborados e as razões dessa escolha, mas a análise do conjunto dos artigos forneceu elementos para a construção do questionário aqui apresentado.

Foram selecionados 68 artigos, cuja maioria tinha como objetivo avaliar aprendizagem entre alunos de Ensino Médio ou Superior, medindo acertos e erros em um e outro questionário, e quais os tipos de mudanças conceituais observadas. Também foram localizadas pesquisas envolvendo avaliação e comparação entre currículos, e sua influência na aprendizagem de conceitos; e pesquisas avaliando como a mudança de recursos educacionais e metodologias influenciava a aquisição de conceitos. A maior parte dos questionários descritos nesses artigos foi construída a partir dos tópicos que seriam trabalhados na disciplina ou sequência didática relacionada; ou utilizavam revisões sobre concepções alternativas sobre o tema que investigavam. Para validar seus questionários, os autores os enviavam a especialistas no tema específico, como pesquisadores em Química ou em Ensino de Química, ou ainda a professores do Ensino Médio e Superior. Alguns artigos descreviam a realização de estudos pilotos com um público semelhante ao que seria investigado, para testar se o questionário tinha linguagem adequada e conhecer o tempo necessário para sua aplicação. Além desses artigos, dois *handbooks* foram consultados: Cohen *et al.* (2007) e Campbell e Stanley (1963). Os artigos foram classificados em quatro categorias:

- (1) questionários pré e pós-teste com questões iguais;
- (2) questionários pré e pós-teste com questões iguais e entrevistas;
- (3) questionários pré e pós-teste diferentes; e
- (4) questionários pré e pós-testes diferentes e entrevistas.

Verificou-se também que, além dos questionários pré e pós-teste, alguns trabalhos utilizaram um questionário que foi chamado de “reteste” (em inglês: *delayed post-tests*, *retention test* ou *post-test 2*), para medir o efeito da intervenção na aprendizagem a longo prazo: Scharfenberg e Bogner (2010) aplicaram o reteste 6 semanas após o término das aulas; Cavallo *et al.* (2010) aplicaram 2 semanas após; e Gerstner e Bogner (2010) o fizeram após 6 meses. Gerstner e Bogner (2010), Brandstädter *et al.* (2012) e Nantawanit *et al.* (2012) complementaram os dados dos seus questionários solicitando a construção de mapas conceituais. Aydeniz *et al.* (2012) e Gobert *et al.* (2011), por sua vez, recorreram a questionários Likert para avaliar o grau de certeza nas respostas dos sujeitos investigados. Svihla e Linn (2012) utilizaram informações obtidas em atividades realizadas ao longo da intervenção para complementar os dados dos questionários.

O levantamento realizado permitiu perceber que está mais consolidada a aplicação de pré e pós-testes iguais, para a comparação mais efetiva de possíveis alterações causadas pelas intervenções sobre as respostas dos alunos. Mesmo que a maioria dos questionários seja de múltipla escolha, por conta da facilidade em se contabilizar os resultados, percebeu-se que as questões abertas são as que trazem mais subsídios para se investigar, com mais detalhes e com menos influência sobre a escolha das palavras, as mudanças na argumentação e o domínio de conteúdos. Os autores Viiri e Saari (2004), Chen e Cowie (2013), Hong *et al.* (2008) e Tao (2004), além de utilizar questões abertas, complementaram seus dados com a gravação das aulas, para estabelecer relações com as falas dos professores em sala de aula. Nas categorias 2 e 4, os autores utilizaram entrevistas ou para compreender melhor as informações obtidas com os questionários, ou para a própria construção dos questionários. Além disso, as entrevistas após a aplicação e tabulação dos questionários mostraram-se úteis para o entendimento das respostas dadas, ao mesmo tempo em que permitiram o aprofundamento das respostas dos entrevistados.

Considerando o levantamento bibliográfico realizado, optou-se por utilizar questões abertas iguais nos questionários pré e pós-teste, abordando os principais tópicos abordados na disciplina de Química Geral. O questionário foi elaborado com questões abertas por permitirem que os estudantes se expressem de forma mais livre, favorecendo assim o levantamento das suas escolhas para explicações e exemplos. Há de se ressaltar que não se objetivou avaliar a aprendizagem dos conteúdos, e sim caracterizar mudanças de preferência acerca dos tipos de teorias que foram observadas nas respostas dos alunos.

Referencial teórico

Foi considerada a distinção entre teorias fenomenológicas (ou macroscópicas) e hipotéticas (ou microscópicas) – a qual não é estanque, mas deve ser entendida em termos de gradações entre dois métodos para se construir teorias científicas (Nagel, 1982). Essa distinção foi elaborada a partir da formulação do físico W. J. M. Rankine em 1855, em um contexto onde se propunha um sistema de ciência natural unificado, e no qual Rankine defendeu que as teorias físicas eram construídas a partir dos métodos fenomenológico e hipotético. Por conta da formação de Rankine e Nagel, essa distinção pode não abranger certas particularidades da Química, requerendo eventuais modificações a partir da Filosofia da Química – a qual estuda especificamente a natureza da Química, seus conceitos, modelos e teorias, em termos epistemológicos e ontológicos (Lemes e Porto, 2013; Schummer, 2003).

A partir das ideias de Nagel, pode-se entender que as teorias fenomenológicas são aquelas que se restringem a descrever e correlacionar fenômenos, a fim de prever comportamentos. Esse tipo de teoria abrange proposições puramente empíricas. Na Química, pode-se classificar nesse tipo a lei dos gases ideais, a lei de Boyle, a lei de Lavoisier, a teoria termodinâmica, etc.² Nesse caso, considera-se que as propriedades na Química são cor, massa, ponto de fusão, solubilidade, e assim por diante. No entanto, desde o início do uso e difusão da instrumentação na Química para separação e identificação de substâncias, os fenômenos observáveis no âmbito dessa ciência não são apenas aqueles que aparecem aos sentidos, mas também aqueles mediados por instrumentos como espectrômetros de infravermelho, ultravioleta, ressonância magnética nuclear, etc., que geram evidências não tão intuitivas, como gráficos de bandas, picos, entre outros. Essas evidências são consideradas como o nível de acesso direto estendido (Del Re, 2000 e 1998).

As teorias hipotéticas, por outro lado, ainda que possam ser sugeridas pelos fenômenos, não derivam deles de maneira lógica e imediata. Por esse motivo, muitas vezes são propostas hipóteses e teorias incompatíveis entre si para explicar um mesmo conjunto de fenômenos, cabendo aos cientistas decidir quais são mais adequadas (Nagel, 1982). As teorias hipotéticas abrangem proposições referentes a entidades teóricas e a processos inacessíveis à observação direta ou estendida. Assim, as teorias hipotéticas se constituem de “mecanismos” abstratos objetivando previsões, mas, também, explicações. Na química, podem ser classificadas nesse tipo de teoria todas aquelas que utilizam, em suas proposições, construtos teóricos como átomos, ligações, moléculas, etc. Dessa maneira, percebe-se que as teorias hipotéticas são aquelas que demandam uma habilidade de manipular as entidades

2 Os exemplos aqui citados foram classificados como teorias fenomenológicas considerando o momento histórico em que foram propostas, pois sua interpretação contemporânea remete ao modelo de partículas, ou seja, a entidades teóricas construídas.

abstratas, ou ainda, certa crença (realismo científico³) a respeito das entidades teóricas que elas empregam. Essas considerações no âmbito da química serviram de referência para a elaboração do questionário e para a análise das respostas.

■ RESULTADOS

Criação do questionário pré e pós-teste

O questionário, aplicado no início das aulas, buscou levantar as preferências dos graduandos em Química por formas de explicação, anteriores a qualquer contato com o Ensino Superior de Química. Esse levantamento visou a comparação com as respostas dadas ao mesmo questionário, aplicado no final do semestre, para análise de possíveis mudanças.

Antes de ser aplicado ao grupo de alunos a serem investigados, o questionário foi enviado a outros integrantes do grupo de pesquisa (Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química – GHQ/IQ-USP), não envolvidos com esta investigação, para um exame prévio das questões e discussão de possíveis respostas. Esse grupo se constitui de pesquisadores e pós-graduandos em Ensino de Ciências, bem como professores de Ensino Médio e Superior. O questionário foi reelaborado, levando em consideração as críticas e sugestões recebidas nessa etapa.

O questionário foi então aplicado, de forma piloto, a alunos ingressantes no curso de Química do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), *campus* Capital. Participaram 17 alunos, que assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido para a participação na pesquisa⁴. O objetivo dessa aplicação piloto foi obter dados preliminares que indicassem se o questionário estava adequado ao que se pretendia investigar, se a linguagem estava adequada, além de fornecer uma prévia de possíveis respostas. O resultado foi satisfatório, pois a maioria das questões se mostraram claras, tendo sido obtidas respostas pertinentes aos temas. O questionário resultante desse processo, e que foi aplicado no pré e no pós-teste, foi constituído por seis questões com 17 itens no total. O Quadro 1 apresenta o questionário.

3 Para uma discussão do realismo científico entre os químicos, vide Lemes e Porto (2013).

4 Termo elaborado de acordo com as diretrizes da Comissão de Ética da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Quadro 1. Questionário pré e pós-teste desenvolvido.

1. O que está ocorrendo nas situações a seguir?

a) Contato do açúcar com o ácido sulfúrico



b)



c)

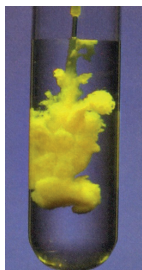


d)



2. Como você explicaria os fenômenos abaixo?

a) Contato de uma solução de nitrato de chumbo com uma solução de cromato de potássio.



b) Contato de água com óleo



c) Condutibilidade elétrica de soluções



solução de etanol (C_2H_5OH)



solução de ácido acético (CH_3COOH)



solução de cloreto de sódio

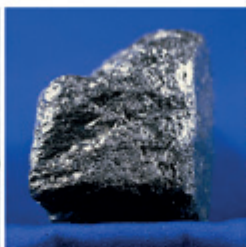
d) Queima de compostos de sódio, estrôncio e boro, respectivamente.



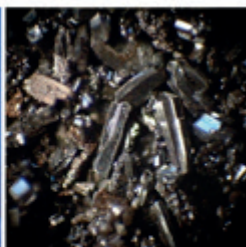
3. Quais as semelhanças e diferenças entre as três substâncias a seguir?



diamante

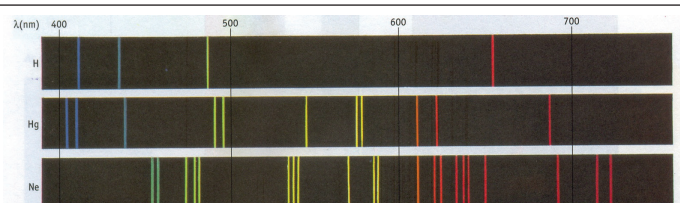


grafita

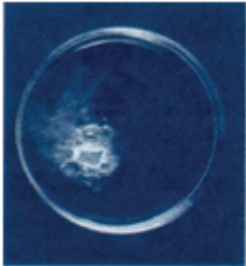
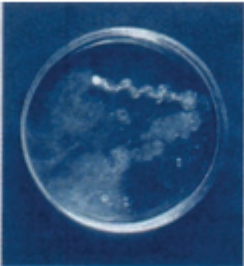



fulereno

4. Explique por que os espectros de emissão do hidrogênio, do mercúrio e do neônio têm características diferentes.

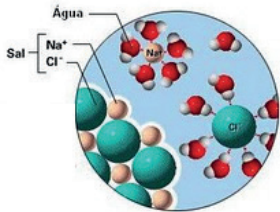


5. Explique o comportamento do lítio, do sódio e do potássio em contato com a água, ilustrados a seguir.

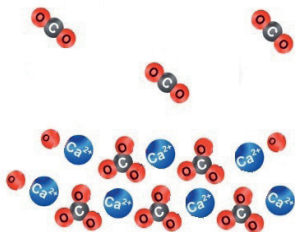
		
lítio	sódio	potássio

6. Descreva o que você entende sobre as representações a seguir:

a)



b)



c) $\text{Zn (s)} + \text{CuSO}_4 \text{ (aq)} \rightarrow \text{Cu (s)} + \text{ZnSO}_4 \text{ (aq)}$

6.1 Agora, indique quais evidências experimentais estão relacionadas a cada um dos três fenômenos que foram representados na questão anterior.

a)

b)

c)

Nesse questionário, a questão 1 apresenta uma pergunta mais geral, pois foi criada com o intuito de possibilitar livre escolha tanto de uma explicação mais ligada ao teórico-conceitual, quanto uma explicação mais descritiva, ou ainda uma mistura das duas vertentes. Sendo assim, se pretendeu levantar qual é a preferência de explicação, antes da disciplina, ou seja, como os alunos recém-saídos do Ensino Médio entendem os fenômenos e quais suas escolhas para descrevê-los.

A questão 2 tem como objetivo saber qual o entendimento a respeito do que é uma explicação para o aluno iniciante. Por esse motivo, encontra-se explícita na pergunta uma referência à ação de explicar.

As perguntas 3, 4 e 5 buscam verificar quais relações os alunos estabelecem ao comparar substâncias, instigando também a proposição de explicações. Além disso, essas questões permitem um levantamento a respeito da experiência anterior dos alunos com fenômenos químicos.

A questão 6 consta de duas partes: a primeira foi criada com o intuito de explorar relações entre o entendimento teórico e o linguístico, pois a questão recorre a representações do mundo das partículas e à simbologia de equações químicas. A segunda parte da questão 6 foi planejada para explorar o conhecimento das evidências macroscópicas que se relacionam com o entendimento teórico abordado na primeira parte da questão, para também avaliar a vivência experimental prévia dos alunos.

■ DISCUSSÃO

Investigando o processo de incorporação da cultura química

Das 289 respostas às questões e itens (17 itens vezes 17 participantes) do questionário piloto, 18% (53 ocorrências) foram “não sei”, ou o espaço destinado à resposta foi deixado em branco. Esse tipo de resposta foi encontrado principalmente (20 ocorrências) na questão 6.1, em particular no item 6.1b (9 ocorrências). A questão 4 foi a segunda questão com o maior número de respostas desse tipo (9 ocorrências). Esse tipo de dificuldade já era esperado nessas questões, visto que seus conteúdos são mais trabalhados no Ensino Superior do que no Ensino Médio.

Após a análise do piloto e adequação do questionário, este foi aplicado com o objetivo de ser um pré-teste, a alunos do primeiro ano do curso de Química (período diurno) da Universidade de São Paulo (USP), *campus* Butantã. Cinquenta e oito alunos responderam ao questionário no segundo dia de aula; e quatro alunos responderam após o terceiro dia de aula, totalizando 62 questionários. Todos os alunos assinaram também o termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar da pesquisa.

Das 1054 respostas que se poderia obter (17 itens vezes 62 sujeitos), 15,2% (160 ocorrências) delas foram “não sei”, ou o espaço para resposta foi deixado em branco ou com um ponto de interrogação. Esse tipo de resposta, como no piloto, foi encontrado, majoritariamente, na questão 6.1 (80 ocorrências, dentre as quais 28 são para o item 6.1b) e na questão 4. No questionário pós-teste, respondido por 38 alunos, houve um total de 646 respostas (17 itens vezes 38 sujeitos), com somente 40 ocorrências de respostas em branco ou “não sei”, que correspondem a apenas 6,2% das respostas. A diferença maior está na questão 4, que no pré-teste reunia 2,1% das respostas em branco ou “não sei”, e no pós-teste não ocorreu esse tipo de resposta. A questão 6.1 continuou com a maior ocorrência

de respostas em branco, mas em menor número do que no pré-teste, o que já traz alguns indícios de mudanças nas respostas dos alunos.

Diante dessas observações, foi feito um aprofundamento da análise, de forma qualitativa conforme a abordagem de Bogdan e Biklen (1994), para as respostas à questão 4 no pré e pós-teste. A questão 4 investiga a explicação sobre o espectro de linhas de três substâncias simples, utilizando como critério de análise o referencial de Nagel (1982). Uma explicação fenomenológica poderia ser: “O espectro de linhas é uma representação da intensidade da luz absorvida ou emitida por uma amostra em diferentes comprimentos de onda, ou seja, é a representação da evidência experimental da energia emitida ou absorvida por uma amostra, sendo que a natureza do material determina comprimentos de onda de absorção ou de emissão bem definidos”. Uma explicação hipotética poderia ser: “O espectro de linhas está relacionado às características elementares teóricas (quantidade e interação de elétrons e prótons) das amostras, ou seja, átomos absorvem energia (passam para estados excitados), sendo que a transição de um estado quantizado para outro envolve a absorção de uma específica energia quantizada. O processo de emissão pode ser explicado analogamente”.

As respostas dadas à questão 4 no pré-teste foram classificadas em 5 categorias: i) em branco; ii) explicação genérica, ou desconhecimento do fenômeno; iii) explicação hipotética; iv) explicação fenomenológica; v) explicação hipotética e fenomenológica.

Já no pós-teste, não foram encontrados respostas codificadas nas categorias “em branco”, “explicação genérica, ou desconhecimento do fenômeno”, e “explicação fenomenológica”. Foram encontradas somente respostas classificadas nas categorias “explicação hipotética e fenomenológica” (4 respostas) e, majoritariamente, “explicação hipotética” (30 respostas).

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar que o instrumento construído pode fornecer subsídios para a investigação dos desafios e obstáculos à incorporação da cultura química por ingressantes no curso de Química. O fazer químico, principal característica dessa cultura, está relacionado a uma vivência experimental (experimentos vivenciados e manipulados em laboratório) que o químico não iniciado ainda não possui.

O aprendiz, no início do curso de graduação, não tem vivência de algumas evidências experimentais, nem fluência em relacionar o teórico com o simbólico e com as evidências (o que se pode observar nos tipos de respostas ao pré-teste). Consequentemente, pode ainda não se encontrar convencido da realidade do mundo submicroscópico dos átomos, e ignorar o sentido das construções teóricas. No entanto, após um semestre de imersão na cultura química, o graduando em Química mostra indícios da incorporação de alguns de seus aspectos, como a preferência pelo uso de teorias hipotéticas para a explicação de um fenômeno.

■ AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (2013/11498-0) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (426519/2016-7, 312351/2020-8 e 307652/2017-3) pelo apoio financeiro. Aos alunos participantes da pesquisa, pela colaboração.

■ REFERÊNCIAS

1. AYDENIZ, M.; PABUCCU, A.; CETIN, P. S.; KAYA, E. Argumentation and students' conceptual understanding of properties and behaviors of gases. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 10, p. 1303-1324, 2012.
2. BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. trad. Alvarez, M. J. A.; Santos, S. B.; Baptista, T. M. Porto: Porto Editora, 1994.
3. BRANDSTÄDTER, K.; HARMS, U.; GROBSCHEDL, J. Assessing System Thinking Through Different Concept-Mapping Practices. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 14, p. 2147–2170, 2012.
4. CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In: Gage, N. L. (Ed.) **Handbook of research on teaching**. Chicago: McNally College Publishing Company, 1963. p. 171-247.
5. CAVALLO, A.; McNEELY, J. C.; MAREK, E. A. Research report. **International Journal of Science Education**, v.25, n.5, p. 583-603, 2010.
6. CHEN, J.; COWIE, B. Engaging Primary Students in Learning about New Zealand Birds: A socially relevant context. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 8, p. 1344-1366, 2013.
7. COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. London: Routledge, 2007.
8. Del Re, G. Models and analogies in science. **HYLE**, v. 6, n. 1, p. 5-15, 2000.
9. Del Re, G. Ontological status of molecular structure. **HYLE**, v. 4, n. 2, p. 81-103, 1998.
10. GERSTNER, S.; BOGNER, F. X. Cognitive Achievement and Motivation in Hands-on and Teacher-Centred Science Classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimise cognitive learning at work stations? **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 7, p. 849-870, 2010.
11. GOBERT, J. D.; O'DWYER, L. ; HORWITZ, P.; BUCKLEY, B. C.; LEVY, S.; WILENSKY, U. Examining the Relationship Between Students' Understanding of the Nature of Models and Conceptual Learning in Biology, Physics, and Chemistry. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 5, p. 653-684, 2011.

12. HONG, Z.; LIN, H.; LAWRENZ, F. Promoting Single-Parent Family Children's Attitudes toward Science and Science Performance through Extracurricular Science Intervention in Taiwan. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 4, p. 469-493, 2008.
13. Lemes, A. F. G. **Aspectos filosóficos e educacionais da química: investigando as concepções de doutorandos em química**. 2013. 179f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Química, Instituto de Física, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
14. Lemes, A. F. G. **Evidência não evidente: as explicações em uma disciplina de química geral**. 2016. 111f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Instituto de Química, Instituto de Física, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
15. Lemes, A. F. G.; Porto, P. A. Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 121-147, 2013.
16. NAGEL, E. **The structure of science: problems in the logic of scientific explanation**. London: Routledge & Kegan Paul. 1982.
17. NANTAWANIT, N.; PANIJPAN, B.; RUENWONGSA, P. Promoting students' conceptual understanding of plant defense responses using the Fighting Plant Learning Unit (FPLU). **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 10, p. 827-864, 2012.
18. SCHARFENBERG, F.; BOGNER, F. X. Instructional Efficiency of Changing Cognitive Load in an Out-of-School Laboratory. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 6, p. 829-844, 2010.
19. SCHUMMER, J. The Philosophy of chemistry. **Endeavour**, v. 27, n. 1, p. 37-41, 2003.
20. SILVA, S. M.; EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. As percepções dos professores de química geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 585-594, 2003.
21. SVIHLA, V.; LINN, M. C. A Design-based Approach to Fostering Understanding of Global Climate Change. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 5, p. 651-676, 2012.
22. TAO, P. Developing understanding of image formation by lenses through collaborative learning mediated by multimedia computer-assisted learning programs. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 10, p. 1171-1197, 2004.
23. TOBIN, K.; LLENA, R. Producing and maintaining culturally adaptive Teaching and Learning of science in Urban Schools. In: Murphy, C.; Scantlebury, K. (Eds.). **Coteaching in International Contexts: Research and Practice**. Netherlands: Springer Science, 2010, p. 79-103.
24. VIIRI, J.; SAARI, H. Research-based teaching unit on the tides. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 4, p. 463-481, 2004.