

## **Investigação sobre o ensino de ciências: a persistência do vitalismo na comunidade bioquímica brasileira**

**Ariane Leites Larentis<sup>1</sup>, Manuel Gustavo Leitão Ribeiro<sup>2</sup>, Rodrigo Volcan Almeida<sup>3</sup>, Lúcio Ayres Caldas<sup>4</sup> e Marcelo Hawrylak Herbst<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Fundação Oswaldo Cruz - CESTEH/ENSP, Brasil. <sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense – IB, Brasil. <sup>3</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, IQ, Brasil. <sup>4</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – IBCCF, Brasil. <sup>5</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ICE, Brasil. <sup>1-5</sup>Grupo Interinstitucional e Interdisciplinar de Estudos em Epistemologia (GI<sub>2</sub>E<sub>2</sub>). E-mails: [arilarentis@yahoo.com.br](mailto:arilarentis@yahoo.com.br), [magusribeiro@gmail.com](mailto:magusribeiro@gmail.com), [rodrigovolcan.almeida@gmail.com](mailto:rodrigovolcan.almeida@gmail.com), [lucio@biof.ufrj.br](mailto:lucio@biof.ufrj.br), [herbst@ufrj.br](mailto:herbst@ufrj.br).

**Resumo:** Neste trabalho, buscou-se identificar concepções vitalistas entre os participantes de uma Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular (SBBq) e, assim, foi apresentada a questão “Você vê diferença entre um sistema químico e um sistema bioquímico?”, que foi respondida por 97 participantes da reunião anual. Em seguida, as respostas foram agrupadas por categorias (39 estudantes de graduação, 42 pós-graduandos e 16 professores e pesquisadores) e foram analisadas a partir da noção de obstáculo epistemológico de Gaston Bachelard, posteriormente desenvolvido por Michel Pêcheux para o campo biológico. Desse modo, foram identificadas concepções vitalistas (obstáculo animista) e verbalismo nas respostas das três categorias, indicando que a persistência dos obstáculos epistemológicos está ligada a deficiências no processo de ensino/aprendizagem de ciências nos níveis médio e superior, e que não são superadas na pós-graduação, nem questionadas pelos pesquisadores no processo de desenvolvimento científico.

**Palavras-chave:** obstáculos epistemológicos, animismo, bioquímica, processo ensino-aprendizagem.

**Title:** Research on science teaching: the persistence of vitalism in the Brazilian biochemical community.

**Abstract:** This work aimed to identify vitalistic conceptions between the participants of a Brazilian Society of Molecular Biology and Biochemistry Annual Meeting (SBBq) and, then, the question: “Can you see/tell the difference between a chemical system and a biochemical system?” was answered by 97 participants of the annual meeting. The answers were grouped into categories (39 undergraduate students, 42 postgraduates, 16 professors and researchers) and were analyzed using Gaston Bachelard’s notion of epistemological obstacle, later developed by Michel Pêcheux for the biological field. Vitalist conceptions (animist obstacle) and verbalism were identified in the answers, indicating that the persistence of epistemological obstacles is linked to deficiencies in the teaching/learning process within the sciences at secondary and higher education level, and

that they are not surpassed in the postgraduate nor questioned by researchers during the scientific development process.

**Keywords:** epistemological obstacles, animism, biochemistry, teaching/learning process.

### **Introdução**

Enquanto exercemos atividades de professores e pesquisadores, atuamos em Química, Bioquímica, Biologia e áreas correlatas, desenvolvemos pesquisas sobre novos caminhos para melhorar o processo de ensino/aprendizagem de ciências. Buscaremos mostrar, ao longo deste trabalho, que é preciso construir condições que possibilitem a incorporação crítica das discussões epistemológicas e dos avanços nas áreas da didática das ciências na formação dos professores de ciências para o nível médio, formação esta que é de responsabilidade do ensino superior, assim como na formação dos pós-graduandos e na prática dos cientistas, de forma que a comunidade científica possa conhecer a persistência dos obstáculos epistemológicos e a necessidade de superá-los em busca do desenvolvimento científico (Bachelard, 1996).

Os resultados do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) referentes a 2015 e divulgados pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) em 2016 indicam que, no ensino médio, a situação é de estagnação, mantendo um índice abaixo da meta planejada pelo país (Luiz, 2016). Segundo o Ministro da Educação em 2014, avaliando os dados do IDEB 2013, os setores onde houve menos avanços são marcados pela maior falta de docentes de Química, Física, Biologia e Matemática (Weber, Éboli e Luiz, 2014).

De fato, hoje, há uma carência de professores de ciências no sistema de ensino (Ruiz, Ramos e Hingel, 2007), bem como se pode verificar a precarização das condições de trabalho e desvalorização do trabalho docente no Brasil (Souza et al., 2017; Souza et al., no prelo; Valcarenghi, 2014). Porém, entendemos que melhorar a gestão, valorizar o trabalho docente ou aumentar o número de professores de ciências, ainda que constituam medidas de grande importância, serão ainda insuficientes se a formação docente não for revista e se não houver, em conjunto, um trabalho sistemático para diminuir a evasão dos cursos de licenciatura em ciências (Araújo e Vianna, 2011).

Em outras palavras, é preciso avançar nas discussões epistemológicas relacionadas ao ensino de ciências, na superação de uma visão empobrecida do conhecimento científico e de sua construção, que prioriza conteúdos (muitas vezes equivocados) eternamente repetidos nos livros didáticos e em sala de aula. Estes mesmos livros não ressaltam a importância da pesquisa e do questionamento, que são condições imprescindíveis para a construção autônoma do conhecimento pelos estudantes.

### **Fundamentação teórica**

A partir de sua noção de Obstáculo Epistemológico (OE), apresentada em 1938 no livro "A Formação do Espírito Científico", Gaston Bachelard defende que é em termos de obstáculos ao próprio ato de conhecer que o problema

do conhecimento científico deve ser colocado, como causa de estagnação e até de regressão das ciências. Bachelard (1996) propõe que “o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos [...]” (p. 17). Entre os obstáculos epistemológicos identificados por Bachelard (1996), estão o conhecimento unitário e pragmático, o substancialismo, o verbalismo e o animismo.

O autor caracteriza o obstáculo animista ao analisar a interferência de noções presentes no campo da Biologia para o entendimento de fenômenos da Física e da Química. Para Bachelard, a intuição da vida impede um estudo objetivo dos fenômenos físicos: “A Vida é uma palavra mágica” (1996, p. 185). O obstáculo animista trata a “vida como um dado claro e geral” (Bachelard, 1996, p. 185).

Michel Pêcheux discute que o animismo toma, nas ciências biológicas, o nome de vitalismo (Pêcheux, 1971). Entretanto, segundo o autor, o papel desempenhado pelo animismo nas ciências físicas não é o mesmo que o do vitalismo nas ciências biológicas. Se no campo da Física e da Química, o animismo opera no âmbito das imagens, o mesmo não ocorre na Biologia. Pêcheux (1971), ao discutir o vitalismo no campo das ciências biológicas, defende que ele representa uma posição conceitual nesta ciência, ocupando, portanto, um papel mais crítico em termos de ocorrência como um obstáculo epistemológico no campo da Biologia e, daí, a necessidade de sua identificação e discussão. Este estudo, portanto, foi desenvolvido a partir do arcabouço teórico erguido principalmente por estes autores (Gaston Bachelard, Michel Pêcheux e continuadores).

Ao contrário do que se poderia supor, para Bachelard (1996), os OEs não devem ser iguados à noção de erro como contraposição à verdade. Ao contrário, são formas de conhecimento que resistem às mudanças devido ao seu poder explicativo ou, em outras palavras, devido à sua posição conceitual num dado sistema de conhecimentos, permitindo avançar até certo ponto na produção de conhecimentos para, a partir daí, gerar estagnação ou mesmo retrocesso (Brousseau, 2002). Essa advertência nos parece importante e necessária para o melhor entendimento da noção de OE no processo de ensino/aprendizagem de ciências, no sentido em que esta noção evidencia outro aspecto que não apenas o de obstaculizar (contrariedade), mas também o de afinidade, que tem um papel fundamental em sua reprodução (continuidade) na produção/elaboração de uma dada teoria (Ribeiro et al., 2015). Ao mesmo tempo, entendemos que é fundamental ressaltar a ruptura com o conhecimento comum que caracteriza o conhecimento científico. Notamos que, ao considerar essas diferenças/rupturas entre o comum e o científico, de forma dialética, é criada uma excelente oportunidade para se discutir a construção do conhecimento nestes campos científicos, rompendo com uma tradição muito presente nos livros didáticos, de forma classificatória e engessada, que privilegia as definições em si, e não as suas relações.

Em trabalhos anteriores de nosso grupo, analisamos a ocorrência de obstáculos epistemológicos entre pós-graduandos em Bioquímica e áreas correlatas (Larentis et al., 2012), de substancialismo e verbalismo entre graduandos de Química (Silva et al., 2014), bem como a percepção, por parte dos estudantes, de diferentes obstáculos epistemológicos em artigo

de divulgação científica empregado na formação de professores do ensino médio, mediante transposição didática (Terra et al., 2014). Recentemente, avançamos no entendimento de que o obstáculo unitário e pragmático identificado por Bachelard (1996) reflete concepções teleológicas (nas quais um propósito é pressuposto) nas ciências biológicas, e traçamos um paralelo entre esse obstáculo, segundo Bachelard (1996), e a noção de teleologia na Biologia, segundo Ernst Mayr (2005), propondo o que chamamos de 'obstáculo teleológico' (Ribeiro et al., 2015).

Neste trabalho, investigamos a presença do vitalismo entre membros da comunidade brasileira de Bioquímica, formada por estudantes de graduação e pós-graduação, e por pesquisadores. O objetivo desse levantamento foi subsidiar discussões sobre a melhoria do ensino de ciências biológicas e de "Bioquímica" e "Química" nos níveis médio, superior e na pós-graduação. Embora, neste trabalho, não seja nosso objetivo propor metodologias para o ensino de ciências, concordamos com Astolfi (1994) sobre haver uma correspondência entre as representações prévias ou as concepções alternativas dos estudantes e os OEs, em dois sentidos. No primeiro sentido, as representações prévias ou as concepções alternativas são manifestações multivariadas de um número geralmente restrito de OEs, que agem como fundamentos e estabilizadores dos sistemas de conhecimentos alternativos. No segundo sentido, ao contrário, as representações relativas a um mesmo domínio de conhecimento podem se explicar pela conjunção de vários obstáculos que encontram nesse domínio um mesmo ponto de aplicação, ressaltando o caráter polimorfo dos OEs.

Pela importância do vitalismo no desenvolvimento do conhecimento científico na área de Bioquímica e ciências correlatas, neste trabalho, buscou-se identificar as concepções animistas (vitalismo) entre participantes de uma Reunião Anual da SBBq, por ser o principal congresso brasileiro da área e por constituir uma amostra representativa do conhecimento em Bioquímica em nosso país.

### **Trajetória metodológica**

Aos participantes da Reunião Anual da SBBq foi distribuída, por escrito, a seguinte questão: "Você vê diferença entre um sistema químico e um sistema bioquímico? ( ) Não ( ) Sim, qual(is):". Além disso, também foi perguntado se o participante era estudante de graduação e/ou iniciação científica, de pós-graduação (mestrado ou doutorado) ou se era pesquisador (pós-doutorando ou professor), bem como sua instituição de origem. As respostas, derivadas exclusivamente da questão proposta e transcritas sem correções mas com indicações de erros gramaticais (*sic*) e possíveis incoerências, foram agrupadas entre aqueles que veem e aqueles que não veem diferenças entre os sistemas e foram analisadas à luz da epistemologia de Gaston Bachelard (1996), notadamente através da noção de obstáculo epistemológico. Os questionários foram empregados de forma que os pesquisadores não saberiam quem são os participantes da pesquisa, nem teriam conhecimento de dados ou informações pessoais de cada um deles. Todos os participantes que responderam à questão receberam informações relativas ao objetivo do estudo e foram informados acerca do uso que seria feito das respostas, bem como foram garantidos o anonimato e o direito à recusa em participar da pesquisa. Outro importante aspecto de

natureza ética a ser ressaltado diz respeito à divulgação dos resultados das pesquisas, que está sendo feita de forma ampla por meio da publicação deste trabalho.

## **Resultados**

Foram obtidas 97 respostas, agrupadas em três categorias: 39 de estudantes de iniciação científica, 42 de pós-graduandos e 16 de professores e pesquisadores com formação em bioquímica e áreas correlatas de universidades e institutos de pesquisa distribuídos pelo país.

Nas três categorias citadas, foram identificadas concepções vitalistas e obstáculos verbais nas repostas à questão proposta, independente da área de formação, da instituição de origem ou do tempo de atuação em Bioquímica. Os entrevistados poderiam apenas se manifestar positivamente (Sim) ou negativamente (Não) em relação à pergunta "Você vê diferença entre um sistema químico e um sistema bioquímico?", além de (no caso de resposta positiva) dissertarem sobre o assunto. As respostas que incluíram uma explicação complementar à resposta objetiva (Sim ou Não) foram agrupadas por categoria, e estão listadas abaixo:

1) Respostas de estudantes de iniciação científica e graduação à pergunta "Você vê diferença entre um sistema químico e um sistema bioquímico?":

(a) "Sim. No químico não há a participação de sistemas biológicos".

(b) "Sim. O sistema bioquímico envolve processos biológicos complexos, enquanto que o químico trata-se apenas de química".

(c) "Sim. Um sistema bioquímico utiliza macromoléculas como catalizadores (*sic*), e apresenta possibilidades de acoplamento de reações".

(d) "Sim. Químico – trabalha com elementos não vivos. Bioquímicos – sistemas em vivos".

(e) "Sim. Um sistema bioquímico sofre alterações e é influenciado por inúmeros fatores, estando sujeito ao ambiente; é responsável pela manutenção de algum evento biológico, estando ligado a processos em org. vivos".

(f) "Sim. As questões *in vivo* e a resposta prática variável".

(g) "Sim. Um sistema bioquímico é muito mais complexo".

(h) "Sim. Químico: estrutura. Bioquímica: interações".

(i) "Sim. Maior/menor possibilidade de controle [...]".

(j) "Sim. Um sistema bioquímico pode envolver reações químicas que ocorrem a (*sic*) nível celular".

(k) "Sim. Bioquímico é mais eficiente devido a (*sic*) existência das enzimas".

(l) "Sim. Na química[,] as reações ocorrem em sistemas homogêneos (*sic*) e na bioquímica[,] as reações ocorrem em gradientes de concentração".

(m) "Sim. Sim[,] a Bioquímica tem uma abordagem química para entender os processos Biológicos".

(n) "Sim. Sistemas químicos são factuais e o controle é melhor, sistemas bioquímicos surgem de transição mais rápida. Mecanismos de reação. Estruturas maiores".

(o) "Sim. É a química relacionada a sistemas biológicos".

(p) "Sim. Sim, o bioquímico envolve um processo mais complexo, com vários ligantes relacionados".

(q) "Sim. O bioquímico envolve processos metabólicos relacionados aos organismos vivos. O químico não envolve necessariamente processos relacionados aos organismos vivos".

(r) "Sim. Sistemas bioquímicos são conjuntos de sistemas químicos, interligados entre si (muitas vezes)".

(s) "Não. Toda reação é química sendo que o processo bioquímico também é um processo químico".

2) Respostas de estudantes de pós-graduação à pergunta "Você vê diferença entre um sistema químico e um sistema bioquímico?":

(a) "Sim. O sistema bioquímico é constituído de biomoléculas, o puramente químico, não necessariamente! Mas desconsiderando as diferenças entre compostos orgânicos e inorgânicos, é tudo a mesma coisa: química!" (Mestrando).

(b) "Sim. Diferentemente da química clássica, a bioquímica leva em conta as variáveis (*sic*) biológicas interferentes em processos químicos, e como esses acompanham o processo evolutivo" (Mestrando).

(c) "Sim. A principal diferença é que os sistemas químicos não são capazes de realizar reações não espontâneas como o bioquímico, possuidor de um aparato especializado para isso" (Mestrando).

(d) "Sim. Bioquímico, [possui] moléculas presentes em sistemas orgânicos enquanto químico possui moléculas de outra natureza" (Mestrando).

(e) "Sim. O químico apenas se refere às moléculas e o bioquímico ao conjunto de moléculas que gera consequências fisiológicas" (Mestrando).

(f) "Sim. Junção de Biológico com Químico" (Mestrando).

(g) "Sim. Bioquímico envolve a química com alguns processos biológicos. Químico são somente conhecimentos químicos por si só" (Mestrando).

(h) "Sim. O sistema bioquímico envolve o sistema químico adicionado do funcionamento biológico do mesmo sistema" (Doutorando).

(i) "Sim. As reações químicas que ocorrem em um sistema bioquímico ocorrem em organismos vivos ou reproduzem, *in vitro*, reações que ocorrem *in vivo*" (Doutorando).

(j) "Sim. Bioquímico envolve reações enzimáticas mais complexas" (Doutorando).

(k) "Sim. Esses sistemas são independentes[,] mas em si, podem ser relacionados" (Doutorando).

(l) "Sim. O sistema químico envolve moléculas inorgânicas. O sistema bioquímico envolve biomoléculas [e] tem a ver com a vida" (Doutorando).

(m) "Sim. Somente pelo fato [de] que o sistema bioquímico deve estar ligado à vida" (Doutorando).

(n) "Sim. O sistema bioquímico envolve moléculas biológicas, o que não é obrigatório no sistema químico" (Doutorando).

(o) "Sim. Interação [de] sistemas vivos" (Doutorando).

(p) "Sim. Bioquímica pouco mais focada na química de sistemas biológicos" (Doutorando).

(q) "Sim. Um sistema químico visa estruturas e reações químicas, sistema bioquímico além de abranger estruturas e reações visa também mecanismos biológicos" (Doutorando).

(r) "Sim. Sistemas bioquímicos apresentam maior nº de variáveis a serem consideradas em um experimento" (Doutorando).

(s) "Sim. Um (*sic*) sistema químico, não há uma relação com a homeostase" (Doutorando).

(t) "Sim. Un sistema bioquímico involucra la interacción de la biología con la química" (Doutorando).

(u) "Sim. Presencia de moléculas (ou estruturas superiores) orgânicas" (Doutorando).

3) Respostas de professores e pesquisadores à pergunta "Você vê diferença entre um sistema químico e um sistema bioquímico?":

(a) "Sim. Pois a bioquímica correlaciona a biologia com conceitos químicos".

(b) "Sim. A compartimentalização de substratos em sítios ativos de enzimas conferem maior velocidade de reação e especificidade".

(c) "Sim. O sistema bioquímico é mais restritivo em alguns aspectos".

(d) "Sim. A organização".

(e) "Sim. Um (*sic*) sistema bioquímico[,] há um maior controle das condições para a realização das reações. Há também a presença das proteínas".

(f) "Sim. Não conseguimos equilibrar as reações bioquímicas".

(g) "Sim. Os sistemas bioquímicos necessariamente ocorrem em sistemas biológicos ou subjazem a eles".

(h) "Sim. Depende do sistema referido".

(i) "Sim. 1º inanimado; 2º animado".

(j) "Sim. O sistema bioquímico essencialmente se relaciona à vida".

(k) "Sim. No sistema bioquímico ocorrem (*sic*) diversas reações químicas também mas é retirado de um sistema vivo".

Para as três categorias pesquisadas, houve um percentual claramente maior de respostas, indicando haver diferenças entre um sistema químico e um bioquímico (Figura 1).

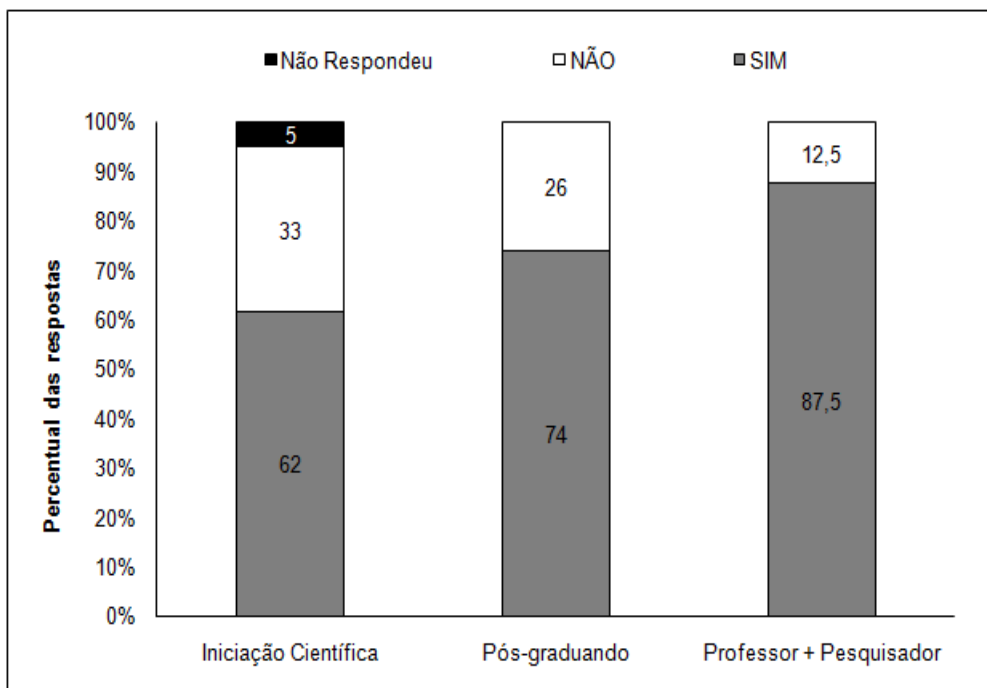


Figura 1.- Respostas (%) à pergunta "Você vê diferença entre um sistema químico e um sistema bioquímico?".

## Discussão

Para muitos participantes da pesquisa, um sistema bioquímico é vivo e mais "complexo", enquanto um sistema químico não é vivo, mas trata-se "apenas" de química, o que encerra uma concepção vitalista ao imprimir à "vida" a principal explicação para a diferenciação entre os dois sistemas. Um percentual menor (cerca de 30% dos estudantes de iniciação científica e pós-graduandos e 12,5% dos professores e pesquisadores) respondeu que não há diferença entre um sistema químico e um bioquímico.

As diferenças relatadas entre os sistemas químicos e bioquímicos foram relacionadas à origem/natureza dos compostos envolvidos, e ao controle, eficiência, homogeneidade, organização e complexidade dos sistemas. A noção indefinida de "complexidade" foi atribuída à existência de um maior número de variáveis influenciando os sistemas bioquímicos e biológicos, muitas delas consideradas pelos participantes como difíceis de serem previstas, assim, tornando-os mais complexos em comparação com sistemas químicos, supostamente mais simples:

Um sistema bioquímico sofre alterações e é influenciado por inúmeros fatores, estando sujeito ao ambiente; é responsável pela manutenção de algum evento biológico, estando ligado a processos em org. vivos. (1, e)



Sistemas bioquímicos apresentam maior número de variáveis a serem consideradas em um experimento. (2, r).

Porém, para um dos entrevistados, a atribuição de complexidade foi suficiente para a diferenciação dos dois sistemas: "Sim. Um sistema bioquímico é muito mais complexo" (1, g).

Verificou-se, em respostas de todas as categorias, tanto entre estudantes, pós-graduandos quanto entre professores/pesquisadores, uma diferenciação entre um sistema bioquímico vivo, e um sistema químico não vivo:

Químico – trabalha com elementos não vivos. Bioquímicos – sistemas em vivos. (1, d)

O sistema químico envolve moléculas inorgânicas. O sistema bioquímico envolve biomoléculas e tem a ver com a vida. (2, l)

[...] sistemas vivos. (2, o)

1º inanimado; 2º animado. (3, i)

É interessante observar que, para o desenvolvimento da Biologia como uma ciência autônoma, Ernst Mayr (2005) sustenta que foi necessário abandonar o vitalismo e a teleologia. Entretanto, ridicularizar o vitalismo, segundo o autor, seria ir contra a história da Biologia, uma vez que a crítica lógica dos vitalistas buscava proteger a Biologia da ideia cartesiana de que todos os organismos vivos seriam como máquinas (Mayr, 2004), o que permitiu o seu desenvolvimento em determinado período. Além disso, o autor sustenta que a Biologia se desenvolveu em dois ramos distintos: a biologia funcional e a biologia histórica (evolutiva).

Segundo Mayr (2005, pp. 39-40),

a biologia funcional lida com a fisiologia de todas as atividades de organismos vivos, sobretudo com todos os processos celulares, incluindo aqueles do genoma. Em última instância, tais processos funcionais podem ser explicados de maneira puramente mecanicista por Química e Física.

Contudo, mesmo com a consolidação da Biologia como uma ciência, em que princípios vitalistas e teleológicos, dentre outros, não são mais utilizados para a explicação dos fenômenos, foram identificadas concepções vitalistas (animismo) nas respostas dos estudantes de iniciação científica, pós-graduandos, professores e pesquisadores à questão proposta. Como discutido por Bachelard (1996), para as ciências físicas, o obstáculo animista trata a vida como um dado claro e geral. Isso seria suficiente, por si só ("A Vida é uma palavra mágica"), para diferenciar os dois tipos de sistemas, o que mostra como o vitalismo assume uma posição conceitual nas ciências biológicas. Tendencialmente (Figura 1), os professores e pesquisadores posicionaram-se afirmativamente em maior percentual (apenas os estudantes de iniciação científica responderam "Não sei" ou não responderam,) em relação aos estudantes e pós-graduandos, o que, numa primeira leitura, poderia indicar melhor compreensão do campo da Bioquímica. Entretanto, na análise de suas respostas, observou-se também a presença de concepções vitalistas, muitas vezes de forma bastante similar às demais categorias.

Ao avaliar as respostas, é possível perceber que o obstáculo animista (vitalismo) está presente em conjunto com o obstáculo verbal (verbalismo) definido por Bachelard (1996). Parece-nos que algumas expressões (por exemplo, "complexidade", "sistemas", "interações", "orgânico/inorgânico", "animado/inanimado", "vivo/não vivo") estão profundamente arraigadas nas concepções dos participantes que responderam à questão, fazendo com que não questionassem o seu uso, que adquire, assim, o status de "explicação", e também se torna um obstáculo ao desenvolvimento do conhecimento científico. Barak, Gorodetsky e Chipman (1997), por exemplo, identificaram que a má compreensão do conceito de energia em processos biológicos (normalmente apresentado em aulas e nos livros didáticos repleto de metáforas e analogias) entre estudantes pré-universitários e professores de Biologia estaria diretamente correlacionada à concepção vitalista dos fenômenos biológicos, configurando um obstáculo ao estabelecimento de concepções científicas em Biologia. Como discutido por Lopes (2007), é possível inicialmente utilizar-se de imagens, analogias e metáforas, mas é necessária a ruptura com estes obstáculos para avançar no processo de construção do conhecimento científico.

Qual a explicação para a persistência de interpretações vitalistas dos processos bioquímicos/biológicos, pelo menos entre a comunidade bioquímica? Pode-se iniciar a busca pela resposta nas leituras que os membros dessa comunidade têm em comum. Embora existam algumas diferenças sutis, em todos os livros de Bioquímica do ensino superior, encontra-se a palavra "vida" nas definições de bioquímica. Em poucos casos, no entanto, percebe-se o cuidado de contextualizar vida ou discutir o seu conceito, o que pode remeter muitos leitores a compreender o texto utilizando o senso comum.

Segundo Berg, Tymoczko e Stryer (2008, p. 1), por exemplo, a Bioquímica refere-se ao "estudo da química dos processos da vida". Já o livro "Bioquímica", de Donald e Judith Voet, busca introduzir os objetivos da Bioquímica através de questionamentos mais aprofundados, registrando que:

A bioquímica, como o nome indica, é a química da vida. [...] Embora a bioquímica seja um campo altamente diversificado, trata basicamente de um número limitado de questões inter-relacionadas [...]: 1. Qual é a estrutura química e tridimensional das moléculas biológicas, como elas formam estas estruturas e como suas propriedades variam com elas? 2. Como as proteínas funcionam [...]? 3. Como a informação genética é expressa e como é transmitida para as futuras gerações celulares? 4. Como são sintetizadas as moléculas biológicas e as organelas? 5. Quais são os mecanismos de controle que coordenam a grande variedade de reações químicas que acontecem nas células e nos organismos? 6. Como as células e os organismos crescem, se diferenciam e se reproduzem? (Voet e Voet 2013, p. 14).

Já "Princípios de Bioquímica de Lehninger" traz o seguinte entendimento:

A bioquímica descreve em termos moleculares as estruturas, os mecanismos e os processos químicos compartilhados por todos os organismos e estabelece princípios de organização que são a base da

vida em todas as suas diversas formas, princípios referidos como a lógica molecular da vida (Nelson e Cox, 2011, p. 2).

Nesta definição, a palavra “lógica” também pode levar a visões errôneas dos processos bioquímicos, que seriam interpretados através de paralelos com as atividades humanas; daí as definições de órgãos “altruístas”, sistemas “de defesa”, “reserva de combustível”, etc..

Em outro livro recorrente em nossas bibliotecas, encontraremos que

O campo da bioquímica abrange diversas disciplinas, e sua natureza multidisciplinar permite o uso de resultados de diversas ciências para responder a questões sobre a ‘natureza molecular dos processos vitais [...]’. Uma consequência inevitável dessa complexidade é a grande quantidade de terminologia necessária para descrevê-la: aprender um vocabulário consideravelmente novo é parte essencial do estudo da bioquímica [...]. As moléculas que exercem uma função em células vivas hoje são as mesmas encontradas em química orgânica – simplesmente, elas operam em um contexto diferente (Campbell e Farrell, 2007, p. 2).

Neste sentido, acreditamos que estas definições possam contribuir para o tipo das respostas obtidas dos entrevistados, em que um número grande manifestou certo fascínio pela palavra “vida”. Frisamos que uma definição mais apropriada implica em tratar a Bioquímica como a química dos processos celulares, afastando, desta forma, o leitor de um caminho especulativo sobre “o que é vida” e do reforço do vitalismo.

Em 1997, Miller e Bartsch conduziram um estudo sobre as concepções biológicas em crianças estadunidenses, indicando que estas não foram necessariamente mais vitalistas do que nos adultos. Posteriormente, numa pesquisa acerca da função (se havia alguma) dos órgãos humanos, crianças e adultos inquiridos por Kelemen (1999) mostraram-se igualmente propensos a atribuir-lhes um propósito. Entende-se que, em crianças, a intenção generalizada para qualquer objeto tende, com o passar do tempo, à ser direcionada aos seres animados, especialmente aos humanos (Lindeman e Saher, 2007). Em trabalhos anteriores do nosso grupo, temos evidenciado que não somente os livros didáticos estão cheios destas armadilhas conceituais, ou melhor, destes obstáculos epistemológicos, como prefere Bachelard, mas também as publicações científicas nas melhores revistas da área estão repletas de noções que reforçam os obstáculos (como o vitalista, teleológico e o antropomórfico), como, por exemplo, a classificação das células “de defesa” (tais como as “natural killer cells”); no conceito de “memória imunológica” (como se as células “de defesa” fossem dotadas da capacidade voluntária da memória); na metáfora da guerra, ao ser descrita a interação de anticorpos com antígenos; ou na analogia da célula como uma fábrica, cujas organelas executam diferentes funções pré-estabelecidas para sua manutenção (Larentis et al., 2012).

Com relação à atribuição de maior “complexidade” aos sistemas biológicos, podemos dizer que isto não é privilégio dos entrevistados nesta pesquisa. O próprio Mayr (2005, pp. 44-45) defende: “Não há sistemas inanimados no mesocosmos que cheguem sequer perto de ser tão complexos quanto os sistemas biológicos de macromoléculas e células”. Mas

seria a "complexidade" uma característica suficiente para diferenciar sistemas químicos de bioquímicos? Em nosso entendimento, não, pois como já discutido em Larentis et al. (2012), ainda parece estar muito arraigada nos entrevistados uma visão simplificadora dos processos "puramente químicos", uma vez que inúmeros processos que poderiam ser assim classificados, e tão complexos quanto, não foram mencionados pelos entrevistados (formação e crescimento de cristais, algumas reações de síntese, processos interfaciais, entre outros exemplos). Além disso, parece emblemático que as reações bioquímicas *in vitro* não tenham sido mencionadas pela maioria dos entrevistados. Atualmente, com o desenvolvimento das técnicas bioquímicas, até mesmo processos tão rigidamente controlados celularmente, como a tradução de uma proteína, podem ser conduzidos *in vitro*.

Ainda neste debate, podemos associar a atribuição de maior complexidade aos sistemas bioquímicos devido às propriedades emergentes destes sistemas. A totalidade de um sistema não se explica pela simples soma de suas partes constituintes. Desta forma, um sistema emergente pode ser caracterizado pela produção de alguma novidade genuína, antes inexistente, que deve ter características qualitativamente e quantitativamente diversas de tudo que já existia, além de ser imprevisível antes de sua emergência (Mayr, 2005). Contudo, permitimo-nos perguntar, mais uma vez: Seria a emergência uma característica apenas de sistemas bioquímicos? O próprio Mayr, ao discutir a propriedade de sistemas emergentes na Biologia, cita exemplos que poderíamos chamar de "puramente químicos", como o fato de a liquidez da água não poder ser presumida da união dos gases  $O_2$  e  $H_2$ .

Por outro lado, ao apontarmos que a "complexidade" e a "emergência" não são características suficientes para diferenciar sistemas bioquímicos de sistemas químicos, não incorremos na armadilha reducionista. Se, por um lado, a influência do corte Galilaico na Biologia, introduzindo o mecanicismo (Pêcheux, 1971), proporcionou avanços muito importantes em áreas como a medicina, a fisiologia e outras, negar a autonomia das ciências biológicas, reduzindo-as ao modo de Schrödinger (em "O que é vida?", 1997), é recorrer a um erro datado historicamente.

Como aponta Gould (1997, p. 43),

O autoproclamado 'movimento pela unicidade da ciência' surgiu como a faceta principal do positivismo lógico, desenvolvido pela escola de filósofos de Viena durante os anos 20. [...], este movimento sustentou que todas as ciências compartilham as mesmas leis, métodos e linguagem, e que não existem diferenças fundamentais entre as ciências da física e as biológicas, ou (na verdade) entre as ciências naturais e as ciências sociais devidamente constituídas.

O que chama atenção não é o fato de os entrevistados apontarem uma diferença entre os sistemas bioquímicos e sistemas químicos, mas que os mesmos não tenham identificado que esta diferença recai sobre as especificidades de organização da Bioquímica, enquanto uma disciplina alicerçada organicamente na Química e na Biologia, um verdadeiro campo interdisciplinar que possui objetos de pesquisa específicos (as biomoléculas, suas estruturas, reações e mecanismos de regulação) e forjou novos

métodos, nomenclatura, e formas de se organizar. Infelizmente, as diferenças apontadas por muitos entrevistados reforçaram o vitalismo, sugerindo que o simples prefixo “bio” é, assim como “vida”, em Bachelard (1996), uma palavra mágica, valorizada, que invoca um princípio vital que esmaece qualquer outro princípio.

O debate entre correntes vitalistas e (podemos dizer) materialistas (ainda que muitos eminentes cientistas possam, na verdade, ser caracterizados como mecanicistas e reducionistas) marca a história das ciências. O exemplo do nascimento da virologia, que desafiou (e a rigor, superou) vitalistas e mecanicistas já no final do século XIX pode ser elencado nesta seara (Bos, 2000). Podemos lembrar também a divisão entre compostos inorgânicos e orgânicos, em que estes últimos seriam produtos da “força vital” de algum “ser vivo”; ou da “força vital” das leveduras envolvidas na fermentação de soluções de açúcar, transformando este em etanol e CO<sub>2</sub>. E mesmo que, ainda no século XIX, Wöhler tenha sintetizado ureia a partir de isocianato de amônio (NH<sub>4</sub>CNO), um composto inorgânico, e que Buchner tenha conduzido a fermentação livre de células, o vitalismo, ou posições animistas (vitalistas), ainda persistem no desenvolvimento das ciências. Neste sentido, como aponta Canguilhem (2012), seria importante refletir sobre as especificidades deste “obstáculo”, uma vez que ele não é da mesma ordem que o geocentrismo, na Física, ou o flogisto, na Química. Parece que a afinidade, tomando-se a noção de obstáculo como a unidade contraditória “afinidade/contrariedade”, ocupa um papel dominante com as ciências que se relacionam, ou seja, tem uma força de explicação importante, a ponto de ocupar, mesmo após longo desenvolvimento das ciências, uma posição conceitual nas ciências biológicas e nas disciplinas que se relacionam. Para além disso, é necessário criticar não somente o ensino de Bioquímica, cujas deficiências são claramente aparentes nas respostas discutidas acima, mas também o ensino de Química, que, no mais das vezes, vale-se de casos por demais simplificados – o que pode acarretar essa facilidade de se caracterizarem os sistemas tipicamente químicos como menos complexos. De fato, se, no ensino de graduação (sobretudo nas áreas biológicas e de ciências da saúde), não é formada uma base sólida de Química, torna-se difícil compreender que os mesmos fatores atribuídos pelos respondentes que sustentam a maior “complexidade” dos sistemas bioquímicos são primordiais para qualquer transformação química. Cabe notar que esse é um debate atual no campo da Química, como atestam publicações recentes, das quais podemos mencionar um número inteiro da prestigiada *Accounts of Chemical Research* (Lynn, Burrows, Goodwin e Mehta, 2012), dedicada à “Evolução Química”. Segundo seu Editorial, “evolução química inclui a captura, mutação e propagação de informação molecular e pode se manifestar na forma de redes químicas coordenadas que se adaptam à mudança ambiental”.

### **Conclusões**

Concepções vitalistas ainda permanecem entre estudantes, professores e pesquisadores, mesmo decorridos mais de cem anos dos trabalhos que levaram à derrocada da ideologia vitalista no seio da Biologia. A permanência destes elementos no processo didático contribui para inferências equivocadas no processo de pesquisa científica, assim como a

retro-determinação também ocorre (afinal, o conhecimento denominado "básico" depende, direta ou indiretamente, da pesquisa científica). Deste modo, no decorrer de ambos os processos (didática e pesquisa), os obstáculos epistemológicos abordados neste trabalho contribuem para a reprodução de perguntas equivocadas, restringindo, estruturalmente, o escopo das respostas. Os resultados apresentados neste artigo demonstram também a necessidade de se compreender os processos bioquímicos sem a utilização dessas concepções, evitando-se ainda o emprego de metáforas e termos inadequados que possam fortalecer o entendimento comum, não científico, sobre "vida", tanto nas atividades de pesquisa, quanto no ensino, em disciplinas oferecidas na graduação e na pós-graduação. Para atingir este objetivo, julgamos que a epistemologia bachelardiana seja uma importante ferramenta no entendimento da construção e do desenvolvimento do conhecimento científico, em particular na Bioquímica e em áreas correlatas.

### **Agradecimentos**

À Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular (SBBq), especialmente à Cynthia Sayuri Bando, pelo auxílio na distribuição dos questionários. Aos estudantes Carolina Nicolau, Eduardo Trevisol, Karen Einsfeldt, Frederico Castro, Luciana Facchinetti de Castro Girão, Rafael Alves de Andrade, da disciplina Lógica e Filosofia da Ciência. Ao Professor Dr. Gilberto Barbosa Domont, por viabilizar a pesquisa junto à SBBq. À Gilvânia Barreto Feitosa Coutinho (ENSP/Fiocruz), pela cuidadosa revisão do texto.

### **Referências bibliográficas**

Araújo, R. S., e Vianna, D. M. (2011). A carência de professores de ciências e matemática na educação básica e a ampliação das vagas no ensino superior. *Ciência & Educação*, 17(4), 807-822.

Astolfi, J. P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 206-216.

Bachelard, G. (1996). *A Formação do Espírito Científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto.

Barak, J., Gorodetsky, M., e Chipman, D. (1997). Understanding of energy in biology and vitalistic conceptions. *International Journal of Science Education*, 19(1), 21-30.

Berg, J. M., Tymoczko, J. L., e Stryer, L. (2007). *Bioquímica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Bos, L. (2000). 100 years of virology: from vitalism via molecular biology to genetic engineering. *Trends in Microbiology*, 8(2), 82-87.

Brousseau, G. (2002). Epistemological obstacles, problems, and didactical engineering. Em N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, e V. Warfield (Edition and translation), *Theory of didactical situations in Mathematics* (pp. 79-116). New York: Kluwer Academic Publishers.

Campbell, M. K., e Farrell, S. O. (2008). *Bioquímica. Volume 1 - Bioquímica Básica*. São Paulo: Thomson Learning.

Canguilhem, G. (2012). *O Conhecimento da Vida*. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional - Forense Universitária.

Luiz, G. (2016). Ensino médio e anos finais do fundamental ficam abaixo da meta do Ideb. *Portal G1*. Recuperado de <https://g1.globo.com/educacao/noticia/ideb-no-ensino-medio-fica-abaixo-da-meta-nas-escolas-do-brasil.ghtml>.

Gould, S. J. (1997). "O que é vida" como um problema histórico. Em M. P. Murphy, e L. A. J. O'Neill (Org.), *"O que é vida?" 50 anos depois. Especulações sobre o futuro da biologia* (pp. 35-51). São Paulo: Editora Unesp - Cambridge University Press.

Kelemen, D. (1999). The scope of teleological thinking in preschool children. *Cognition*, 70(3), 241-272.

Larentis, A. L., Ribeiro, M. G. L., Paiva, L. M. C., Caldas, L. A., Herbst, M. H., Moura, M. V. H., Domont, G. B., e Almeida, R. V. (2012). Obstáculos epistemológicos entre pós-graduandos de bioquímica. *Ciências & Cognição*, 17(2), 76-97.

Lindeman, M., e Saher, M. (2007). Vitalism, purpose and superstition. *Journal of Psychology*, 98(1), 33-44.

Lynn, D., Burrows, C., Goodwin, J., e Mehta, A. (2012). Origins of Chemical Evolution. *Accounts of Chemical Research*, 45(12), 2023-2024.

Lopes, A. C. (2007). *Currículo e Epistemologia*. Ijuí: Editora Unijuí.

Mayr, E. (2004). The autonomy of biology. *Ludus Vitalis*, 12(21), 15-27.

Mayr, E. (2005). *Biologia, Ciência Única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Companhia das Letras.

Miller, J. L., e Bartsch, K. (1997). The development of biological explanation: are children vitalists?. *Developmental Psychology*, 33(1), 156-164.

Nelson D. L., e Cox, M. M. (2011). *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed.

Pêcheux, M. (1971). Ideologia e História das Ciências – Efeitos do Corte Galilaico na Física e na Biologia. Em M. Pêcheux, e M. Fichant, *Sobre a História das Ciências* (pp. 17-57). Lisboa: Editorial Estampa.

Ribeiro, M. G. L., Larentis, A. L., Caldas, L. A., Garcia, T. C., Terra, L. L., Herbst, M. H., e Almeida, R. V. (2015). On the debate about teleology in Biology: the notion of "teleological obstacle". *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, 22(4), 1321-1333.

Ruiz, A. I., Ramos, M. N., e Hingel, M. (2007). *Escassez de professores no ensino médio: propostas estruturais e emergenciais*. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/escassez1.pdf>.

Schrödinger, E. (1997). *O que é vida? O aspecto físico da célula viva*. São Paulo: Unesp.

Silva, L. A., Larentis, A. L., Caldas L. A., Ribeiro M. G. L., Almeida R.V., e Herbst, M. H. (2014). Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: Resgate da Definição

Ácido-Base de Arrhenius e Crítica ao Ensino das "Funções Inorgânicas". *Química Nova na Escola*, 36(4), 261-268.

Souza, K. R., Mendonça, A. L. O., Rodrigues, A. M. S., Felix, E. G., Teixeira, L. R., Santos, M. B. M., e Moura, M. (2017). A nova organização do trabalho na universidade pública: consequências coletivas da precarização na saúde dos docentes. *Ciência e Saúde Coletiva*, 22(11), 3667-3676.

Souza, K. R., Rodrigues, A. M. S., Santos, M. B. M., Felix, E. G., Mendonça, A. L. O., Larentis, A. L., Teixeira, L. R., Fernandez, V. S., Moura, M., Simões-Barbosa, R. H., Barros, W. O., e Almeida, M. G. (no prelo). "Cadernetas de Saúde e Trabalho": diários de professores de universidade pública. *Cadernos de Saúde Pública*

Terra, L. L., Larentis, A. L., Atella, G. C., Caldas, L. A., Ribeiro, M. G. L., Herbst, M. H., e Almeida, R. V. (2014). Identificação de obstáculos epistemológicos em um artigo de divulgação científica - entraves na formação de professores de ciências? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 318-333.

Valcarenghi, A. (2014). Auditoria indica carência de 32 mil professores especializados no ensino médio. *Agência Brasil*. Recuperado de <http://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2014-03/auditoria-indica-carencia-de-32-mil-professores-especializados-no-ensino>

Voet, D., e Voet, J. G. (2013). *Bioquímica*. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed.

Weber, D., Éboli, E., e Luiz, W. (2014). Ensino médio fica estagnado e preocupa. *O Globo*, 6/9/2014. Recuperado de <http://saopaulo.pps.org.br/portal/showData/270343>