

Identificação de obstáculos epistemológicos em um artigo de divulgação científica - entraves na formação de professores de ciências?

Letícia Labati-Terra¹, Ariane Leites Larentis², Georgia Correa Atella³,
Lúcio Ayres Caldas⁴, Manuel Gustavo Leitão Ribeiro⁵, Marcelo
Hawrylak Herbst⁶ e Rodrigo Volcan Almeida⁷

¹Instituto de Bioquímica Médica (IBqM) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). ²Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP/CESTEH)- Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). ³Instituto de Bioquímica Médica (IBqM) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). ⁴Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). ⁵Departamento de Biologia Celular e Molecular, Instituto de Biologia - Universidade Federal Fluminense (UFF). ⁶Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). ⁷Departamento de Bioquímica, Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil. ^{1,2,4,5,6,7}Grupo Interinstitucional e Interdisciplinar de Estudos em Epistemologia (GI₂E₂). E-mails: labati@bioqmed.ufrj.br, letlabati@gmail.com

Resumo: Gaston Bachelard apresenta os obstáculos epistemológicos como concepções que entravam a construção do conhecimento científico. Delineia alguns tipos de obstáculos como o verbal, substancialista, animista e realista que, cada um a sua maneira, desviam o avanço do conhecimento científico. Além disso, consideramos que a teleologia abordada por Ernst Mayr também pode ser identificada como um desses obstáculos. A partir de um artigo de divulgação científica, publicado na Revista Scientific American Brasil, selecionamos algumas frases destacadas como obstáculos segundo a tipologia oferecida por Bachelard e a teleologia discutida por Mayr na biologia. Neste trabalho, analisamos as considerações de alunos de graduação à distância em Ciências Biológicas do Consórcio CEDERJ (Centro de Educação a Distância do Estado do Rio de Janeiro) sobre tais assertivas. Os licenciandos opinaram em uma escala de Likert sobre sentenças consideradas finalistas (com obstáculos) e outras usadas como contraponto, elaboradas de forma aceitável do ponto de vista científico. A análise das respostas apresentadas indicou a não percepção dos alunos em relação às diferenças na estrutura dos dois tipos de frases. Consideramos a não identificação dos obstáculos epistemológicos como um obstáculo pedagógico que influenciará o ensino de ciências aplicado por esses professores.

Palavras chave: Gaston Bachelard, divulgação científica, Ernst Mayr.

Title: Identification of epistemological obstacles in scientific publishing - barriers in training science teachers?

Abstract: Gaston Bachelard presents the epistemological obstacles as conceptions that hindering the scientific thought. Bachelard outlines some types of obstacles as the verbal, the substancialist, the animist and the realistic obstacles that contribute to detain the advance of scientific knowledge. In addition, the teleology approached by Ernst Mayr can also be

identified as one of these obstacles. From an article of science divulgation, released at Scientific American Brazil magazine, we have selected a few phrases highlighted as epistemological obstacles according to the typology proposed by Bachelard and the teleology developed by Mayr in biology. In this paper, we analyze the considerations of Biological Sciences students from CEDERJ (Center of Superior Education at the Distance of the State of Rio de Janeiro), about such assertions. Using a scale of Likert, the undergraduate students opined about sentences considered finalists/teleological and other used as counterpoint (not-finalists). The replies analysis indicated the non-perception in relation to differences in sentences structures. There was no significant disagreement with finalist phrases. We consider the non-identification of epistemological obstacles as a pedagogical obstacle that influences the sciences teaching.

Keywords: Gaston Bachelard, science divulgation, Ernst Mayr.

Introdução

A divulgação científica tem se expandido como uma maneira de mostrar as inúmeras informações produzidas pela ciência e a tecnologia. Além de tornar públicos resultados e práticas científicas, os materiais de divulgação também são utilizados como ferramentas pedagógicas importantes. Alguns desafios, no entanto, se fazem presentes quando associamos ensino de ciências, formação de professores e divulgação científica. Os diversos meios de comunicação, como revistas, jornais, TV e internet, onde as informações científicas podem ser veiculadas, são ferramentas que permitem a disseminação da informação. Contudo, a visão limitada e a tentativa de apresentar as ciências como descobertas de gênios isolados são pontos frequentes em materiais de divulgação (Pechula, 2007; Pérez et al., 2001). Em artigos e apresentações as ciências aparecem frequentemente como a única forma de conhecimento válido, metódica e baseada apenas na observação dos fatos e na experimentação. Faz-se assim uma reprodução deformada e estereotipada dos cientistas e do processo de construção do conhecimento científico, considerados "neutros" em relação à sociedade (Pécheux e Fichant, 1971; Japiassu, 1975; Lecourt, 1980).

Outros entraves para a ampliação da divulgação científica já foram identificados. Podemos destacar a formação dos divulgadores - muitas vezes jornalistas sem formação científica- o desinteresse e desvalorização da prática por alguns cientistas, a falta de compromisso das instituições de pesquisa com a divulgação, a ideia equivocada sobre o público alvo de muitos divulgadores, a desvalorização das iniciativas de difundir o potencial educativo e de formação dessa prática (Valério, 2005) e, principalmente, a transposição didática, i.e., a decodificação do "saber sábio" para o "saber a ensinar", propalado por Yves Chevallard (Chevallard, 1991). De acordo com Chevallard o saber acadêmico ("saber sábio") sofre algumas reorganizações e reestruturações para ser adaptado aos materiais usados em sala de aula, gerando o "saber a ensinar". O que os alunos realmente aprendem é chamado de "saber ensinado", levando-se em consideração as interferências do meio. A transposição didática será realizada pelo professor ao realizar um planejamento de aula. No caso da divulgação científica sugerimos que o próprio divulgador é responsável por essa transposição.

Além disso, destaca-se a insistência em tratar as ciências como espetáculo. Esse ato pretende traduzir conceitos complexos, mas apresenta apenas aquilo que se acredita ser estrondoso aos olhos do público, o que foi identificado por Gaston Bachelard como um obstáculo epistemológico (Bachelard, 1996). Não é esperado, entretanto, que os conteúdos científicos sejam expostos na íntegra em artigos de divulgação ou programas de TV. O propósito da divulgação é tornar público novas abordagens e descobertas científicas, mas a pressuposição de que o receptor da mensagem previamente desconhece o tema é inapropriada. Por isso, o público alvo deve ser levado em consideração e deve ser reconhecido pelo divulgador (Valério, 2005).

Considerando todos esses aspectos, a análise dos materiais de divulgação, à luz da epistemologia de Gaston Bachelard, nos permite trazer novas abordagens e pretende contribuir para o ensino e formação em ciências.

Fundamentação Teórica: Obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard e a teleologia abordada por Ernst Mayr

O obstáculo epistemológico foi caracterizado por Gaston Bachelard como pontos de resistência ao conhecimento científico que podem ocasionar a lentidão ou mesmo o regresso deste último (Bachelard, 1996). Bachelard descreveu em "A formação do espírito científico" alguns tipos de obstáculos: (i) a experiência primeira, (ii) a generalização prematura, (iii) o obstáculo verbal, (iv) conhecimento unitário e pragmático, (v) substancialista e (vi) animista. Na experiência primeira supervaloriza-se o objeto. Nesse aspecto, é suficiente a descrição superficial do objeto para conhecê-lo; as metáforas são usadas, dessa forma, para descrever um processo, promovendo uma generalização prematura da interpretação do mesmo (Lopes, 1993). O obstáculo verbal implica o uso indiscriminado de termos científicos, palavras, analogias, metáforas e "jargões". Como obstáculo substancialista encontramos a identificação de características apenas evidentes, superficiais dos materiais como intrínsecas ao objeto, e.g., a cor amarela para o ouro. O obstáculo do conhecimento pragmático e unitário se relaciona as concepções finalistas/teleológicas dos fenômenos. O obstáculo animista na biologia faz referência ao vitalismo e nessa tipologia os fenômenos físicos são tratados como se fossem dotados de vida ("metáforas sedutoras da vida" segundo Bachelard, 1996- p.192). Apesar dos diferentes tipos de obstáculos epistemológicos listados acima, é importante notar que eles são 'polimorfos', ou seja, com muita frequência mais de um obstáculo epistemológico está presente num texto ou discurso científico ou mesmo numa teoria (Bulcao, 1981).

Trabalhos recentes ressaltam que os obstáculos epistemológicos devem ser tratados como concepções que resistem às mudanças, que não devem ser encarados como uma ausência de conhecimento ou como um fator puramente negativo (Brousseau, 2002; Galli e Meinardi, 2011; Larentis et al., 2012). A noção de obstáculo é uma profícua fonte de análise para entender certos processos de ensino-aprendizagem e na elucidação de formas de superá-los nesse campo. Ainda, podemos acrescentar que o obstáculo não cede imediatamente quando confrontado com algum conceito contraditório, resistindo às modificações. A superação de um obstáculo

levará a um novo saber. Contudo, é necessário identificar o ponto em que esses conceitos/noções tornam-se realmente obstáculos ao conhecimento científico, avaliando casos específicos. Como afirmam Ribeiro e colaboradores:

É preciso identificar em qual estágio do desenvolvimento do conhecimento científico estas concepções passam a obstaculizar o desenvolvimento de conceitos mais precisos, sendo esta a preocupação principal de que trata a epistemologia de Bachelard, daí sua importância (Ribeiro et al., 2011).

No que diz respeito à biologia, Ernst Mayr afirma que a teleologia é a ideologia que mais influência teve sobre esta ciência (Mayr, 2005, p.55). Nos estudos dedicados a relacionar a teleologia com a biologia, Mayr procura diferenciar a teleologia propriamente filosófica dos fenômenos aparentemente teleológicos que encontramos na biologia. Assim, propõe categorias onde são incluídos os processos aparentemente teleológicos para a biologia, a saber: (1) processos teleomáticos, onde há um termo final, mas não um intuito, e.g., a ação da gravidade; (2) processos teleonômicos, onde há uma orientação decorrente de um programa. Neste caso, a meta da atividade não repousa no futuro, mas está codificada no programa, e.g., material genético; (3) comportamento proposital entre animais; (4) características adaptativas, como resultados a posteriori, e não a busca a priori de uma meta, e; (5) teleologia cósmica, onde o autêntico processo finalista é evocado, i.e., guiado por uma razão superior. O autor consegue, assim, separar os processos não teleológicos daqueles considerados finalistas (considerados na categoria 5), que interpretam os fenômenos biológicos como predeterminados e perfeitos em seu fim. Embora não use o termo obstáculo, Mayr explicitamente recusa a necessidade de invocar argumentos teleológicos.

Em trabalhos recentes propusemos analisar a teleologia de Ernst Mayr como um obstáculo epistemológico no campo das ciências biológicas. Nesse ramo, alguns temas específicos, como processo evolutivo, mostram-se habitualmente descritos como progresso, com destino definido (imediate ou não), assim como as funções das estruturas biológicas são usadas para explicar a permanência de determinado sistema ou comportamento, através do processo evolutivo. Constatamos que as concepções teleológicas interferem na compreensão e na prática científica de estudantes e mesmo de professores e pesquisadores na biologia e áreas correlatas (Ribeiro et al., 2011, 2014 no prelo; Larentis et al., 2011). Larentis e colaboradores (2011) identificaram a concordância com concepções animistas e teleológicas, além da presença de figuras de linguagem, metáforas e analogias nas respostas de pesquisadores, graduandos e pós-graduandos.

Embates na divulgação científica e a epistemologia de Bachelard

As dificuldades ao avanço da divulgação científica citadas anteriormente podem ser analisadas em paralelo às preocupações de Bachelard. Frequentemente encontramos os obstáculos epistemológicos descritos na obra de Bachelard em artigos de divulgação científica. Neste sentido, alguns trabalhos oferecem material sobre o uso de metáforas e analogias durante o ensino de ciências (Ferrari e Andrade, 2002; Goldbach e El-Hani, 2008). O

próprio Bachelard faz referência sobre o uso excessivo dessas ferramentas na construção do pensamento científico mencionando os obstáculos pedagógicos (Bachelard, 1996). As metáforas são muito utilizadas em livros didáticos e comumente usadas em artigos de comunicação, porém, simplificar os conceitos na tentativa de explicar um processo pode pôr em risco o entendimento/aprendizado científico. Como afirma Weigmann (2004), “metáforas quando levadas a extremos, podem transmitir uma mensagem confusa ou mesmo enganar o público”, e muitas vezes são apresentadas antes da teoria. O oposto também deve ser considerado. A ânsia por quantidade de informação e os textos intrincados podem afastar leitores, que veem, mesmo que inconscientemente, um *obstáculo real* para o prosseguimento da leitura. Assim, passam a rejeitar artigos mais detalhados de divulgação científica e essas revistas passam a ser consideradas apenas para um “público específico” (Valério, 2005). Outro entrave da divulgação científica que nos reporta a Bachelard é a postura unilateral dos textos publicados, desconsiderando o conhecimento prévio do leitor neste campo. Para Bachelard, sem esse conhecimento não haverá aprendizagem, embora seja necessário romper com o conhecimento comum (obstáculo da experiência primeira), i.e., o conhecimento científico se desenvolve contra o conhecimento cotidiano, próprio do senso comum.

Valério (2005) nos lembra que a perspectiva histórica Bachelardiana deve ser pontuada em artigos de divulgação científica, que normalmente apresentam somente os resultados das pesquisas recentes, mas não os contextualizam historicamente e criticamente. Ao apresentar os resultados como definitivos, fazem parecer que a ciência está acabada e que não há mais nada para avançar. Nessa perspectiva, é necessário abandonar, ou pelo menos utilizar de forma criteriosa, as simplificações e metáforas que devem ser descartadas em seguida, além de historicisar e significar seu conteúdo.

Procuramos, nesse trabalho, desvendar a percepção que professores em formação têm do uso de metáforas e de frases teleológicas, e se as reconhecem como obstáculos à sua formação. Buscamos discutir a importância da identificação dos obstáculos em artigos de divulgação científica e como estes artigos podem ser usados durante sua futura prática pedagógica.

Implicações dos obstáculos epistemológicos para o ensino de ciências

O processo de ensino/aprendizagem de conceitos científicos é influenciado por diversos obstáculos epistemológicos e pedagógicos presentes em métodos de ensino e em materiais didáticos, como o que avaliamos neste trabalho.

Os obstáculos pedagógicos têm relação direta com as concepções científicas apreendidas pelos professores, que são responsáveis por “ensinar” estudantes e, no caso de muitos professores universitários, “orientar” novos cientistas. De acordo com Oliveira:

(...) por se julgarem porta-vozes autorizados do conhecimento científico, professores de ciências ignoram um dos principais entraves relativos à arte de ensinar, o obstáculo pedagógico, que traz impedimentos à compreensão das razões pelas quais suas classes não

compreendem a matéria lecionada.” E “a questão central não é, portanto, metodológica, mas envolve muitos fatores, entre os quais o enfoque desenvolvido em sala de aula e a própria visão de ciência de quem ensina. (...) se os professores (...) tiverem como predominantes (...) concepções típicas do alunado, (...) quais razões poderão fornecer às suas turmas para promoverem o questionamento (...)?” (Oliveira, 2000)

Segundo Bachelard, em “A Formação do Espírito Científico” (1938):

Na educação, a noção de obstáculo pedagógico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão. (...) Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (Bachelard, 1996)

O simples fato de os obstáculos estarem situados no nível conceitual já indica a necessidade de pensar não apenas no que o aluno deve aprender, mas também no que o aluno deve desaprender. Por isso a percepção dos obstáculos pelos professores em formação é importante para desconstruir os conceitos errôneos formados pelos alunos.

Contexto e metodologia

Todas as etapas metodológicas foram realizadas com 25 alunos da disciplina Instrumentação para o ensino de Bioquímica e Biologia Celular (IBBC) de três pólos do consórcio CEDERJ localizados no Estado do Rio de Janeiro - Angra dos Reis, Petrópolis e Duque de Caxias. Essa disciplina é voltada para instrumentar os futuros professores em temas como estrutura celular, fotossíntese, biomoléculas, osmose e outros processos bioquímicos. Não é uma disciplina que se propõe um manual, mas indica alguns pontos de entraves e discussões com os quais o futuro professor será confrontado. Durante a disciplina não são estudados pontos específicos sobre a teoria de Mayr e Bachelard, mas oferecemos uma aula que discute aspectos das frases finalistas em biologia, sem fortes indicações teóricas. A pesquisa, contudo, foi aplicada antes da aula ser abordada e os alunos não tiveram contato com esse conteúdo. Estes alunos da modalidade semipresencial fazem parte da licenciatura em Ciências Biológicas e, portanto, são professores de ciências em formação.

A pesquisa foi realizada durante os encontros presenciais obrigatórios oferecidos pela disciplina. Selecionamos temas de bioquímica e biologia celular presentes no artigo “A arte da guerra bacteriana” de B. Brett Finlay, publicado na Revista Scientific American Brasil. Além dos temas, levou-se em consideração critérios como acesso e idioma nacional. O texto de divulgação apresenta dados de pesquisas recentes sobre modos de infecção

bacteriana. Após a análise de conteúdo e linguagem, o artigo foi escolhido pela sua proximidade com trabalhos científicos publicados em grandes revistas da área.

Os alunos deveriam ler o artigo e anotar observações. Após uma semana foi realizado um segundo encontro e uma breve discussão sobre os principais pontos do artigo. Foi aplicado um questionário com escala de Likert, com assertivas afirmativas e negativas (Likert, 1932), procurando avaliar a análise dos alunos sobre algumas frases selecionadas do artigo. Frases consideradas finalistas foram separadas, apresentando o contraponto aceitável (frases semanticamente corretas do ponto de vista científico) igualmente retirado do artigo. Identificamos frases com obstáculos verbais, finalistas em relação a processos evolutivos, além de frases com termos humanizados e conceitos considerados como outros obstáculos epistemológicos. O questionário foi elaborado com nove questões em escala de Likert e uma questão discursiva, onde foi solicitado que o aluno comentasse uma frase.

As respostas dos três polos trabalhados foram condensadas e analisadas levando em consideração a frase considerada como obstáculo e a frase que faz um contraponto à mesma. Os resultados foram analisados de forma qualitativa, indicando nos gráficos a quantidade de alunos por resposta da escala de Likert. A análise qualitativa mostrou-se adequada, procurando entender o processo pela perspectiva de cada aluno.

Aspectos éticos

Os questionários foram empregados de forma cega, sem os pesquisadores saberem quem são os participantes da pesquisa, nem terem conhecimento de dados ou informações pessoais de cada um deles. Esta abordagem foi escolhida porque o objetivo do trabalho não é a implementação de estudos cognitivos individuais, mas sim do processo de desenvolvimento das ciências, do ensino de ciências e a investigação dos obstáculos epistemológicos a eles relacionados, que ocorre de forma histórica e coletiva. Todos os participantes que responderam aos questionários receberam informações relativas ao objetivo do estudo e foram informados acerca do uso que seria feito das respostas aos questionários, bem como foi garantido o anonimato e assegurado o direito à recusa em participar da pesquisa. Outro aspecto de natureza ética importante a ressaltar diz respeito à devolutiva dos resultados das pesquisas, através da avaliação dos resultados dos questionários na disciplina, como parte das atividades de discussão da epistemologia de Bachelard e na forma de artigos em congressos (e.g. Labati-Terra et al., 2012), disponibilizados na página do GI₂E₂ (Grupo Interinstitucional e Interdisciplinar de Estudos em Epistemologia).

Resultados e discussão

A disciplina Instrumentação para o ensino em Bioquímica e Biologia Celular (IBBC) é oferecida aos licenciandos do curso de ciências biológicas do CEDERJ como disciplina obrigatória do 6º Período. As disciplinas Biologia Celular (I e II) e Bioquímica (I e II) são requisitos para cursar IBBC. A maioria dos alunos encontra-se na faixa etária dos 20 aos 40 anos,

majoritariamente mulheres. Como a disciplina, em sua segunda etapa, trabalha conceitos e exemplos finalistas em uma aula, foi importante questionar se os alunos já haviam cursado IBBC. Apenas uma aluna do polo de Angra dos Reis iniciou a disciplina em período anterior, mas não avançou até a segunda etapa.

No total a disciplina atende 17 polos localizados em diferentes cidades espalhadas pelo Estado do Rio de Janeiro. Em polos mais distantes da capital o número de alunos inscritos é muito baixo ou inexistente. Isso se deve ao pequeno número de alunos matriculados nessas localidades na modalidade à distância, pela grande evasão e pela necessidade de requisitos para cursar a disciplina - matérias como Biologia Celular e Bioquímica apresentam grande número de retenções. Portanto, trabalhamos com os três polos mais representativos em relação ao número de alunos matriculados (Petrópolis, Angra dos Reis e Duque de Caxias).

Os resultados são apresentados separadamente. Primeiro, as assertivas avaliadas através da Escala de Likert, e posteriormente, a avaliação da frase comentada pelos professores em formação.

Disponibilizamos assertivas consideradas como obstáculos dentro de temas de bioquímica e biologia celular. Frases como: "Ao longo do processo evolutivo características bacterianas, como o sistema de secreção, foram mantidas e permitiram maior sobrevivência para as bactérias" foram usadas como contraponto à frase retirada do artigo "O comportamento da *Legionella* também oferece uma visão da provável origem dos sistemas de secreção bacterianos, que aparentemente evoluíram para proteger os parasitas de ataques de organismos unicelulares no solo, não para transmitir doenças".

De acordo com a escala de Likert o aluno pode afirmar se (1) concorda totalmente, (2) concorda, (3) discorda totalmente, (4) discorda ou ainda pode optar pela alternativa (5) "não sei/não tenho opinião". Essa metodologia foi utilizada para verificar a opinião que os alunos possuíam sobre as frases-obstáculo. Em poucos casos houve contradições nas frases escolhidas e algumas modificações na estrutura do questionário foram realizadas após uma aplicação-piloto.

A figura 1 retrata a comparação entre as duas primeiras assertivas apresentadas. A questão 1: "Muitos microorganismos possuem estruturas/organelas especializadas em secretar proteínas que alteram a fisiologia celular do hospedeiro" foi usada como contraponto à frase finalista 2: "Micróbios invadindo o intestino apresentam ferramentas especializadas para manipular uma variedade de tipos de células".

Os alunos mostraram não diferenciar as duas concepções apresentadas. Praticamente o mesmo número de alunos concordou com as duas abordagens, não reconhecendo diferenças quanto à estrutura da assertiva. Na segunda assertiva o uso dos termos "ferramentas especializadas para" nos remete ao uso consciente de uma ferramenta pelos micro-organismos, além de pensarmos a escolha evolutiva dessa estrutura para um fim pré-determinado (teleologia). Esse caráter não foi identificado pelos alunos.

Os resultados em relação às frases 3, 4 e 5 estão mostrados na figura 2. A frase 3: "Ao longo do processo evolutivo características bacterianas, como

o sistema de secreção, foram mantidas e permitiram maior sobrevivência para as bactérias” foi usada como contraponto às frases 4: “*Heliobacter pylori* se liga às células epiteliais que revestem o estômago e começam a modificar seu ambiente para promover a própria sobrevivência”, e 5: “O comportamento da *Legionella* também oferece uma visão da provável origem dos sistemas de secreção bacterianos, que aparentemente evoluíram para proteger os parasitas de ataques de organismos unicelulares no solo, não para transmitir doenças.” (grifos nossos não presentes no questionário). As duas últimas podem ser identificadas como frases finalistas de duas maneiras distintas: a frase 4 nos mostra um finalismo imediato, a curto prazo, evidenciado pela expressão “para promover”; a frase 5 nos mostra um finalismo a longo prazo, com o uso do termo “evoluíram para”, evidenciando uma intenção de mostrar a evolução com um sentido pré-definido, mesmo que distante.

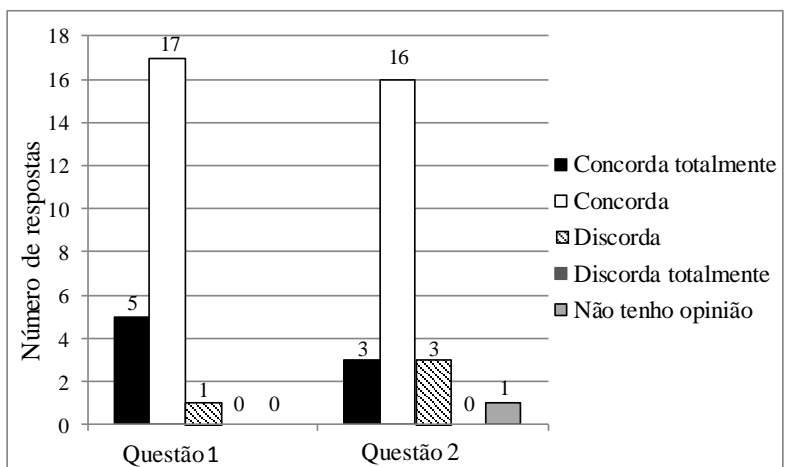


Figura 1.- Respostas às questões 1 e 2 do questionário.

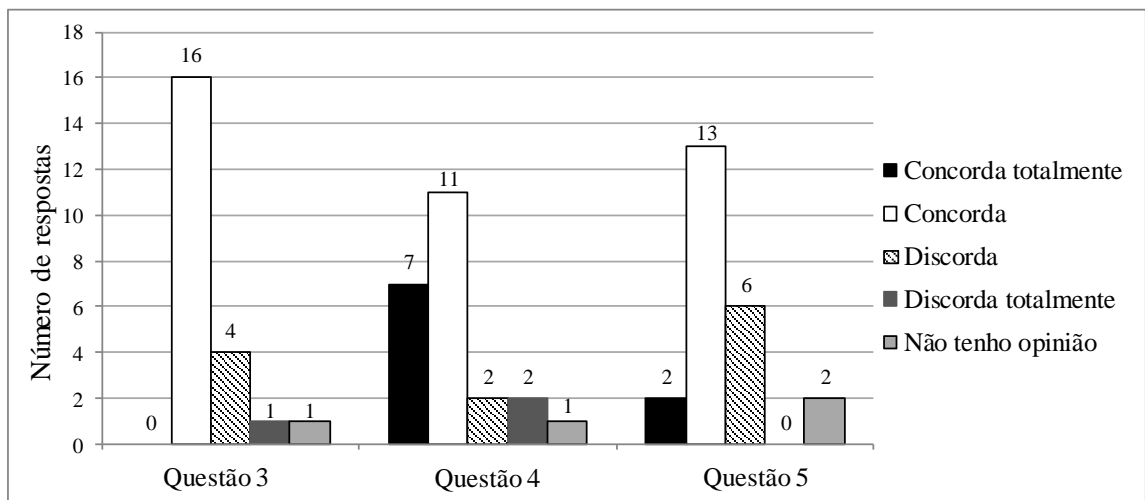


Figura 2.- Respostas às questões 3 a 5 do questionário.

Os dados acima nos mostram uma concordância em relação às três assertivas. Apesar da discordância maior em relação à frase 5, o número de alunos que concorda ou concorda totalmente com as frases é maior. Além disso, a concordância forte, caracterizada pela alternativa “concordo totalmente” foi escolhida para as frases com sentido teleológico (questões 4 e 5). As duas frases consideradas finalistas apresentam o processo

evolutivo como teleológico, pois oferecem um sentido de “melhoramento”, não atendendo a natureza variacional da evolução darwiniana. Nossos resultados demonstram uma não percepção dos alunos em relação a esse sentido (direção) de progresso e de intencionalidade das bactérias no texto de divulgação. Além de a bactéria mudar um ambiente para promover sua sobrevivência (frase 4), seus sistemas de secreção evoluíram para proteger o parasita. Entendemos, com base na noção de obstáculo epistemológico, que o estabelecimento dessa causa final intencional acarreta em erros conceituais que se perpetuam. Esses resultados foram constatados por trabalhos do nosso grupo e outros pesquisadores (Richardson, 1990; Van Dijk e Reydon, 2010; Galli e Meinardi, 2011; Larentis et al., 2012). Alguns autores fazem concessões às frases teleológicas defendendo seu uso na biologia. Contudo, entendemos que mesmo no domínio da biologia as construções teleológicas são consideradas não apenas obstáculos epistemológicos, mas também pedagógicos quando usados e abordados por professores e alunos de biologia (Galli e Meinardi, 2011). Se objetivamos usar materiais de divulgação científica no ensino e na formação desses profissionais, tais concepções/obstáculos precisam ser superados.

As frases 6, 7 e 8 foram avaliadas em conjunto (Figura 3). A frase 6: “O T3SS da bactéria injeta uma molécula chamada Tir, junto com 40 ou mais proteínas “efetoras”, diretamente na membrana da célula hospedeira para então ligar uma das moléculas de sua superfície na Tir” foi utilizada como contraponto às frases 7: “Sua T3SS (sistema de secreção) injeta uma série de pelo menos quatro efetores que coletivamente param o maquinário do fagócito antes que a célula imunológica possa engolir sua presa” e 8: “Para penetrar em diversos órgãos e tecidos e sobreviver e multiplicar no corpo humano, as bactérias tornam-se hábeis subversivas, sequestrando células ou sistemas de comunicação celular e forçando-os a se comportar de forma a servir aos seus propósitos”, todas retiradas na íntegra do artigo escolhido (grifos nossos não presentes no questionário). Evidenciamos nas frases 7 e 8 exemplos de obstáculos verbais, onde termos científicos são substituídos por palavras com sentido humanizado.

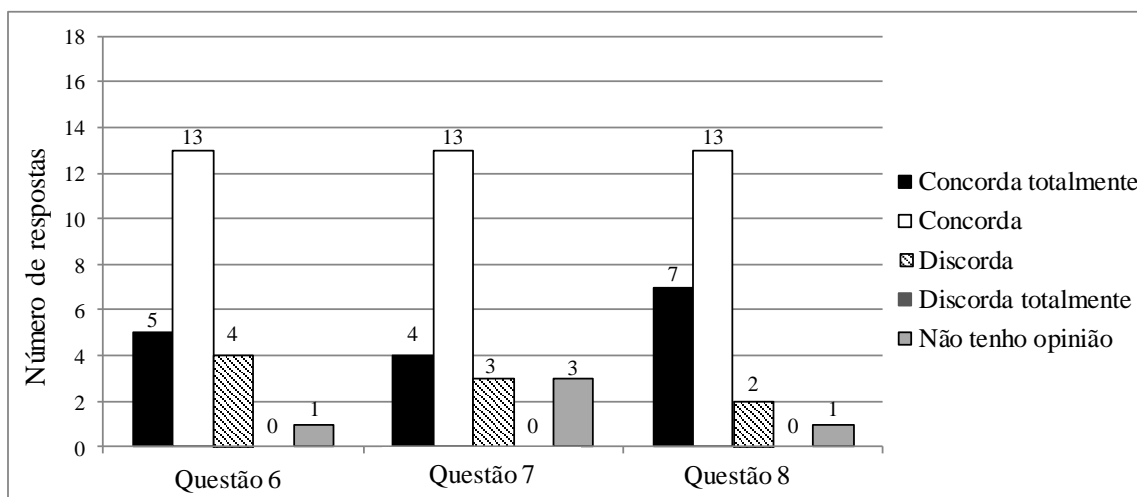


Figura 3.- Respostas às questões 6 a 8 do questionário.

Novamente podemos avaliar através da figura 3 que não houve diferença na opinião dos alunos entre as assertivas propostas. A opinião, de uma

forma geral, seguiu a forma como essas questões foram apresentadas. Parece-nos que o conteúdo foi avaliado em detrimento da forma/estrutural das frases. Assim, os alunos não identificam erros nas expressões usadas e isso parece não interferir no conceito que eles têm sobre a entrada celular do micro-organismo.

Por fim, avaliamos a frase 9: “Não é só o sistema imunológico inato que as bactérias enganam. Algumas aprenderam a evitar a resposta imunológica “adquirida” pelos linfócitos T e células-B. Até que o sistema imunológico adquirido aprenda a lidar com eles”. Não identificamos no artigo uma frase que poderia ser usada diretamente como contraponto, mas consideramos essa frase importante, já que indica a presença de uma memória imunológica inata e percebida pela célula. Nesse contexto, a frase parece indicar que a bactéria percebeu e aprendeu que a célula hospedeira tem uma memória adquirida e consegue driblá-la. Quanto à frase 9 é possível notar, pela análise da figura 4, que os alunos em sua maioria concordaram com a frase exposta.

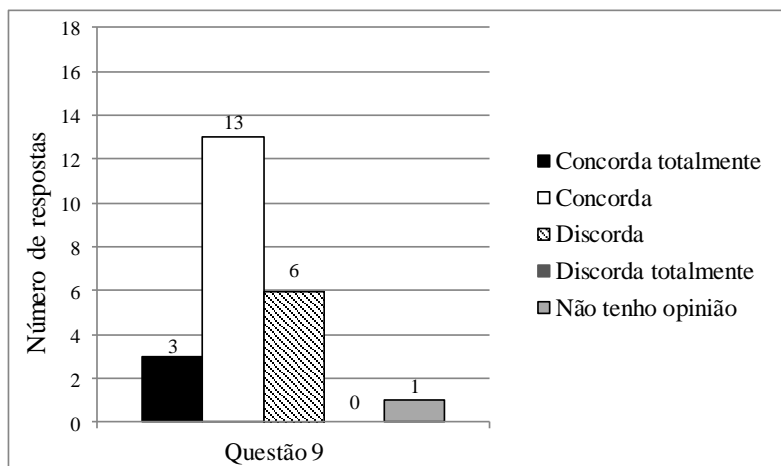


Figura 4.- Respostas à questão 9 do questionário.

Na última questão optamos por colocar uma frase de sentido explícito quanto aos obstáculos citados por Bachelard. Solicitamos que fosse comentada a frase “Muitos micro-organismos assumem o controle (...) e sabe-se que alguns usam táticas que eliminam do corpo bactérias benignas e benéficas, para que seu controle do ambiente seja ainda maior”. Nessa frase, as palavras “controle” e “táticas” assumem um significado de consciência bacteriana, como se a célula entendesse sua postura e elaborasse táticas de guerra contra o hospedeiro. Para Bachelard, essa forma de escrever representa um obstáculo epistemológico, pois o uso inadequado de analogias e comparações desqualifica a realidade, e acabam por permanecer como esquemas gerais. É importante ressaltar que as analogias são admitidas por Bachelard desde que apresentadas como interpretações transitórias, e em seguida explicadas e elucidadas. As conceituações não podem se estagnar em analogias.

Para promover uma aprendizagem eficaz o uso de analogias pode ser aceito levando em conta algumas estratégias (Francisco Junior, 2010). Francisco Junior considera algumas propostas desse uso em seu livro, como

o Modelo de Ensino com Analogias (Teaching with analogies - TWA) desenvolvido por Glynn (1991). Nesse modelo os conceitos análogos são apresentados, mapeando a similaridade com os conceitos alvos, e no fim deve-se indicar onde a analogia termina. Outros modelos também são oferecidos pelo autor e, no final das etapas seguidas, a analogia deve ser desconstruída após seu uso.

As respostas discursivas foram separadas em três categorias: (1) as que corroboram ou não com a frase, justificando a escolha e/ou mantendo expressões obstaculizadas; (2) as que explicam a frase, adicionando para isso outros conceitos e; (3) as que não questionam a estrutura da frase, sem se preocupar com o conteúdo.

No primeiro grupo de análise podemos evidenciar a frase: "Certamente de acordo com o artigo científico, ocorre uma interação entre bactérias patogênicas e hospedeiro, utilizando diversos mecanismos". Nesse exemplo o aluno mantém e concorda com a frase apresentada, alterando pouco a estrutura. Deparamo-nos com frases que concordavam com a assertiva e que ainda mantinham expressões consideradas obstáculos epistemológicos. Vejamos a seguir:

Ao eliminarem do corpo bactérias benignas os patógenos se multiplicam rapidamente até que as células imunológicas assumam o controle. (*sic*)

Na tentativa de aumentar o controle do ambiente, os microorganismos eliminam bactérias benignas e benéficas. Ao sequestrarem células e enganarem o sistema biológico, existe a possibilidade de usar essas características contra esses microorganismos. (*sic*)

A meu ver, a eliminação do corpo de bactérias benignas e benéficas, só ocorre se isso acarretar alguma vantagem para o microorganismo agressor. (*sic*)

Os comentários apresentados demonstram a permanência de significados de controle e consciência celular, além da manutenção de metáforas de guerra com o uso de palavras como "sequestrarem", "vantagem" e "agressor". Essas representações mantêm a lógica de obstáculo presente na frase original.

Encontramos, ainda, discordantes da frase. Uma aluna opinou: "Partindo da construção do texto, não considero que os microorganismos se reúnam por livre associação e "assumem" o controle. (*sic*)". A aluna discorda pois não considera que os micro-organismos assumam o controle. Contudo, não avança na explicação e não justifica sua opinião.

No segundo grupo de respostas consideramos as opiniões que avançam e explicam usando outros conceitos biológicos. Uma aluna sugere: "Isso ocorre devido a mutação que algumas bactérias sofrem para sobreviverem a determinado organismo, tornado-se mais fortes". Considera, assim, a mutação como possível explicação para a eliminação de bactérias benéficas por micro-organismos. Outra aluna entrevistada recorreu ao conceito de memória imunológica para tentar explicar a frase: "Para assumir o controle sem que haja competição muitos microorganismos eliminam bactérias

benignas e benéficas, sendo assim, podem proliferar rapidamente e durar o tempo necessário para que o sistema imunológico adquirido aprenda a lidar com os microorganismos, eliminando-os (sic)".

Apenas uma aluna entrevistada considerou a frase explicando que a maneira como foi construída nos remete a uma posição finalista do processo: "Esta frase esta presente no artigo que foi usado para estudo. Apresenta uma estrutura finalista, onde os microorganismos parecem montar uma "trama" para tomar o controle, enquanto que a única coisa que eles estão fazendo é sobrevivendo da forma que conseguem".

No terceiro grupo de respostas os entrevistados preocuparam-se com a estrutura/forma da frase. "A frase está boa, mas me parece ainda um pouco incompleta. Acho que trocaria o termo 'benignas' por 'patógenas'" ou "De acordo com o texto a palavra "microorganismos" poderia ser substituída por bactérias, visto que microorganismos abrangem outros seres (protistas, arqueas)". As sugestões de mudança não alteram o sentido das frases, sendo apenas mudanças gramaticais.

Conclusões

Ao longo dos resultados verificamos a não identificação de concepções teleológicas/finalistas nas respostas dos licenciandos de ciências. Os professores em formação analisados não foram capazes de perceber as diferenças entre as frases-obstáculos e as frases utilizadas como contraponto. A presença de estruturas vitalistas (animistas), teleológicas e o uso de metáforas e analogias não foram encarados com diferenciação pelos estudantes. Sustentamos que o uso de tais visões, mesmo que de forma sutil, acarreta na permanência de erros conceituais que se estabelecem, ou, como afirma Alicia Camilloni, "Cuando la pregunta de gasta y queda solamente la respuesta, el obstáculo epistemológico "se incrusta" sobre el conocimiento que ya no se cuestiona." (Camilloni, 2002). Assim, encarados como obstáculos epistemológicos bachelardianos, essas concepções quando não superadas podem estancar novos conhecimentos científicos e limitá-los a um mero jogo de palavras. Weigmann nos alerta que o uso de metáforas em excesso pode transmitir uma mensagem confusa, pois acentua certos aspectos do processo, mas negligencia outros (Weigmann, 2004). O uso desse artifício é tão recorrente que concordamos com Harold Varmus ao afirmar "Há um concurso de metáforas acontecendo", fazendo referência às várias metáforas relacionadas ao DNA (Angier, 2000).

Consideramos que tais estruturas quando utilizadas em artigos de divulgação científica são arriscadas, principalmente se forem usadas por professores durante seus planos de aula. Acreditamos que as frases teleológicas, analogias, metáforas e outros obstáculos epistemológicos devem fazer parte de discussões didáticas durante a formação de professores. Eles devem ser estimulados a reconhecer tais estruturas e a desenvolver estratégias para combatê-las ou a tirar proveito delas durante suas práticas pedagógicas. A partir dos nossos resultados destacamos a importância de inserir na formação de estudantes discussões sobre o caráter objetivo/material e não teleológico das ciências tanto nas licenciaturas quanto em bacharelados. A aula presente na estrutura

curricular da disciplina precisa abordar com mais detalhes as teorias epistemológicas da ciência para que esses resultados se transformem futuramente. Os professores devem ser melhor preparados para esta tarefa, preferencialmente através da inclusão de disciplinas que promovam discussões epistemológicas voltadas para as implicações no processo de ensino de ciências nos cursos de licenciatura. Desta forma, esperamos com este trabalho, contribuir para um debate necessário relacionado à construção e desenvolvimento do conhecimento científico, em particular no campo das Ciências Biológicas.

Consequências para o ensino de ciências

Ao serem confrontados com a existência dos obstáculos epistemológicos e se conscientizarem de sua importância para o ensino de ciências, permite-se aos estudantes tomar contato com o caráter dinâmico que caracteriza a construção do conhecimento científico, seus conceitos e seus obstáculos. Espera-se que os futuros professores de ciências sejam capazes de detectar os obstáculos epistemológicos e pedagógicos presentes em sua prática didática, desta forma contribuindo para a melhoria no ensino de ciências.

Referências bibliográficas

Andrade, B.L.; Zylbersztajn, A. e N. Ferrari (2002). Analogias e metáforas no Ensino de Ciências à luz de Gaston Bachelard. *Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências*, 2, 2, 231-245.

Angier, N. (2000). *A pearl and a hodgepodge: human DNA*. *New York Times*, 27 June, p. 1.

Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto.

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

Bulcão, M. (1981). *O Racionalismo da Ciência Contemporânea: uma Análise da Epistemologia de Gaston Bachelard*. Rio de Janeiro: Edições Antares.

Camilloni, A.R.W. (2002). *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*. Barcelona: Gedisa Editorial.

Chevallard, Y. (1991). *La Transposition Didactique - du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage Éditions.

Finlay, B.B. (2010). A arte da guerra bacteriana. *Scientific American Brasil*, 8, 94, 46-53.

Francisco junior, W.E. (2010). *Analogias e situações problematizadoras em aulas de ciências*. São Carlos: Pedro & João Editores.

Galli, L.M.G. e E.N. Meinardi (2011). The role of teleological thinking in learning the Darwinian model of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 4, 145-152.

Glynn, S.M. (1991). Explaining science concepts: a teaching with analogies (TWA) model. Em Glynn, S.M.; Yeani, R. e B. Britton (Orgs.), *The Psychology of Learning Science* (pp. 219-240). Hillsdale: NJ Erlbaum.

Goldbach, T. e C.N. El-Hani (2008). Entre receitas, programas e códigos: metáforas e idéias sobre Genes na divulgação científica e no contexto escolar. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1, 1, 153-189.

Japiassu, H. (1975). *O mito da neutralidade científica*. Rio de Janeiro: Imago Editora Ltda.

Larentis, A.L.; Caldas, L.A.; Ribeiro, M.G.L.; Herbst, M.H.; Garcia, T.C.; Nicolau, C.; Trevisol, E.; Einsfeldt, K.; Castro, F.; Girão, L.F.C.; Andrade, R. A.; Domont, G.B. e R.V. Almeida (2011). Vitalismo e teleologia na comunidade bioquímica brasileira: um estudo de caso. Em Associação Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências (Org.), *Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências (VIII ENPEC) e I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (I CIEC)* (pp. 1-12). Campinas: ABRAPEC/Unicamp.

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 R.V. Almeida (2012). Obstáculos epistemológicos entre pós-graduandos de bioquímica/ Epistemological obstacles amongst graduate students in biochemistry. *Ciências & Cognição (UFRJ)*, 17, 76-97.

Lecourt, D. (1980) *Para uma crítica da epistemologia*. Lisboa: Assirio e Alvim, 2ª edição.

Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 22, 140.

Lopes, A. C. (1993). Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 3, 324-330.

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

Oliveira, R. (2000). *A escola e o ensino de ciências*. Editora Unisinos.

Pécheux, M. e Fichant, M. (1971). *Sobre a História das Ciências*. Lisboa: Editorial Estampa.

Pechula, M.R (2007). A Ciência nos meios de comunicação de massa: divulgação de conhecimento ou reforço do imaginário social? *Ciência e Educação*, 13, 2, 211-222.

Pérez, D. G.; Montoro, I. F.; Alís J. C., Cachapuz, A. e J. Praia (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7, 2, 125-153.

Ribeiro, M.G.L.; Larentis, A.L.; Caldas, L.A.; Garcia, T.C.; Terra, L.L.; Herbst, M.H. e R. V. Volcan (2011). De Gaston Bachelard a Ernst Mayr: a noção de "obstáculo teleológico". Em Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Org.), Livro de Anais, Scientiarum

Historia IV - 4º Congresso de História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (pp. 1-7). Rio de Janeiro: HCTE/UFRJ.

Ribeiro, M.G.L., Larentis, A.L., Caldas, L.A., Garcia, T.C., Terra, L.L., Herbst, M.H. e R.V. Almeida (2014). On the debate about teleology in Biology: the notion of "teleological obstacle". *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, no prelo.

Labati-Terra, L.; Larentis, A.L.; Caldas, L.A.; Ribeiro, M.G.L.; Herbst, M.H.; Almeida, R.V. e G.C. Atella (2012). Identificação de obstáculos epistemológicos em um artigo de divulgação científica - entraves na formação de professores de ciências? Em *IV Encontro Ibero-americano sobre Investigação em Ensino de Ciências (IV EIBIEC)*, 1-11.

Van Dijk, E.M. e T.A.C. Reydon (2010). A conceptual analysis of evolutionary theory for teacher education. *Science & Education*, 19, 655-677.

Valério, M. (2005). Os desafios da divulgação científica sob o olhar epistemológico de Gaston Bachelard. *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Atas do ENPEC*, 5.

Weigmann, W. The code, the text and the language of God. *EMBO reports – European Molecular Biology Organization*, 5, 2, 116-118.