



A MOBILIZAÇÃO DO CONHECIMENTO TEÓRICO E EMPÍRICO NA PRODUÇÃO DE EXPLICAÇÕES E ARGUMENTOS NUMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA DE BIOLOGIA

The use of theoretical and empirical knowledge in the production of explanations and arguments in an inquiry biology activity.

Maíra Batistoni e Silva [batistoni.maira@unifesp.br]

*Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Setor de Educação
Universidade Federal de São Paulo
Rua São Nicolau, 210, Diadema, SP, Brasil*

Sílvia Luzia Frateschi Trivelato [slftrive@usp.br]

*Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada
Universidade de São Paulo
Av. da Universidade, 308, São Paulo, SP, Brasil*

Resumo

Pautando-nos na ideia da Alfabetização Científica como um propósito do Ensino de Ciências e nas recentes proposições de que para alcançá-la devemos favorecer o engajamento dos estudantes em práticas da cultura científica, este trabalho pretende analisar a produção de explicações e argumentos numa atividade didática baseada em investigação a fim de caracterizar a mobilização pelos estudantes do conhecimento teórico e empírico ao se engajarem nessas práticas. Analisando os relatórios científicos elaborados pelos alunos do 1º ano do Ensino Médio ao final da atividade investigativa sobre dinâmica populacional, evidenciamos a importância do conhecimento empírico referente ao contexto de investigação como repertório para a construção de explicações, especialmente quando os estudantes lidavam com dados anômalos ao modelo explicativo já conhecido. Esse conhecimento também se revelou importante para a produção de argumentos válidos, visto que a maior parte das justificativas empreendidas foi de natureza empírica, independente se os dados estavam ou não de acordo com o modelo explicativo já conhecido. Esses resultados reforçam a importância da participação dos estudantes em atividades investigativas, como já defendido por diferentes autores desta área de pesquisa, como também indicam que a prática de investigação propiciou o engajamento em práticas epistêmicas, pois o conhecimento sobre as condições experimentais e os procedimentos de coleta de dados forneceu repertório para a produção de explicações e argumentos. Por fim, discutimos a relevância desta pesquisa para o campo do Ensino de Biologia, buscando defender a promoção de atividades investigativas com enfoque experimental como possibilidade de integrar objetivos conceituais e epistêmicos e ultrapassar as dificuldades geradas pelas especificidades desta área do conhecimento em relação às demais disciplinas do campo das Ciências da Natureza.

Palavras-Chave: Ensino por investigação; explicação; argumentação; experimentação; práticas epistêmicas.

Abstract

Agreeing with the scientific literacy as the purpose of science education and with the recent propositions that in order to achieve it we should favor the engagement of students in practices of scientific culture, this study intends to analyze the production of explanations and arguments in an inquiry based teaching activity in order to characterize students' mobilization of theoretical and empirical knowledge by engaging in these practices. Analyzing the scientific reports elaborated by the students (14-15 years old) after the inquiry activity on population dynamics, we highlight the importance of empirical knowledge about the experimental context as a repertoire for construction of explanations, especially when students deal with anomalous data. This knowledge was also important for production of valid arguments, since most of the justifications were empirical, regardless of whether or not the data were in accordance with the explanatory model already known. These results reinforce the importance of students' engagement in inquiry activities, as already defended by different authors of this research area, and indicate that the inquiry practice allowed the engagement in epistemic practices, since the knowledge about the experimental conditions and the

procedures of data collection provided a repertoire for the production of explanations and arguments. Finally, we discuss the relevance of this research to the field of biology teaching, seeking to defend the promotion of inquiry activities with an experimental approach as an opportunity to integrate conceptual and epistemic objectives and overcome the difficulties generated by the specificities of this area of knowledge in relation to the other disciplines in nature sciences.

Keywords: Inquiry based teaching; explanation; argumentation; experimentation; epistemic practices.

INTRODUÇÃO

Ao abrir jornais e revistas, consultar a internet ou assistir à TV, é inevitável encontrarmos, diariamente, notícias sobre problemas ambientais, impactos de novos hábitos sociais na vida dos indivíduos, epidemias e pandemias, além de promissoras novidades científicas e tecnológicas, sendo estas últimas um sonho de consumo para grande parte da população. Esse exacerbado volume de informações científicas e aparatos tecnológicos vem impondo exigências educacionais no que diz respeito ao ensino de ciências, tanto em relação ao mundo do trabalho, quanto ao exercício da cidadania.

A compreensão adequada das ciências e suas tecnologias depende do conhecimento que cada cidadão construiu, em grande parte, nas situações de ensino formal, ou seja, na instituição escolar. Desta forma, a ciência que é ensinada na escola precisa contribuir para que os indivíduos possam, em sua vida cotidiana, articular conhecimentos para a tomada de decisões.

Nesse sentido, diversos pesquisadores que investigam o ensino e a aprendizagem das ciências vêm desenvolvendo trabalhos de pesquisa sob o enfoque da Alfabetização Científica, segundo o qual o ensino das disciplinas científicas deve ampliar as oportunidades dos estudantes aprenderem ciências para além dos conceitos, envolvendo a forma de funcionamento das ciências, os procedimentos utilizados no desenvolvimento da ciência, a natureza do conhecimento científico e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (Deboer, 2000; Krasilchik & Marandino, 2007; Sasseron & Carvalho, 2011).

Para Sasseron e Duschl (2016), a alfabetização científica deve possibilitar que os indivíduos conheçam e reconheçam as ciências como área de conhecimento da humanidade, estando, por isso, imersa em contextos social, cultural e histórico. Para tanto, esses autores defendem constantes mudanças no ensino de ciências, especialmente em relação à ênfase dada à explicitação e ao uso de conceitos e ideias científicas:

Tomamos como pressuposto a importância de que o ensino de ciências traga para o centro da discussão aspectos que transitam entre os conceitos, as leis, os modelos e as teorias científicas e os elementos epistemológicos das ciências, tornando parte dos temas em discussão em aula os processos e métodos de investigação e as análises realizadas ao longo de sua execução e os fatores que balizam as escolhas por eles. Nosso entendimento é que, deste modo, os alunos têm a oportunidade de compreender as ciências como área de pesquisa, como área que produz conhecimento e que constrói, observa e aprimora regras e práticas, em um mecanismo interno de avaliação constante. (Sasseron & Duschl, 2016, p.53)

Considerando as ciências como uma atividade construída socialmente a partir de práticas específicas que são sustentadas pelo compartilhamento de normas e linguagem que lhe são próprias (Kuhn, 2013; Longino, 2002), nos últimos anos vem crescendo o número de pesquisas que abordam aspectos epistemológicos no ensino de ciências, destacando a ideia de que este não deve se preocupar somente com a aquisição de conceitos, mas também deve possibilitar que os alunos conheçam e se apropriem das práticas sociais da comunidade científica (Duschl, 2008; Osborne, 2016). Tais práticas, denominadas práticas epistêmicas, dizem respeito às formas como os membros da comunidade propõem, comunicam, avaliam e legitimam o conhecimento científico numa determinada estrutura disciplinar (Kelly, 2008; Kelly & Licona, *in press*).

Ao propor que as práticas epistêmicas poderiam ser agrupadas em quatro grandes práticas associadas ao fazer científico, a saber, a *proposição*, a *comunicação*, a *avaliação* e a *legitimação*, o trabalho de Kelly (2008) desencadeou diversos estudos que buscaram descrever as práticas epistêmicas adotadas pelos alunos no contexto escolar, evidenciando se a abordagem das disciplinas científicas

oportuniza o contato com práticas sociais das ciências (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2008; Manzoni-De-Almeida *et al.*, 2016; Sasseron & Duschl, 2016; Silva, 2008).

Um aspecto importante a ser considerado é que a maioria das pesquisas aborda o engajamento em algumas ou, frequentemente, em apenas uma prática epistêmica, entre as quais podemos destacar a *investigação*, a *construção de explicação* e a *argumentação*. Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) e Osborne (2016) argumentam que essas três práticas científicas poderiam constituir as bases do conhecimento necessárias à promoção do raciocínio científico almejado na formação dos estudantes.

Na área do ensino de ciências, muitos autores defendem que aprender ciências envolve o aprendizado da prática científica propriamente dita, ideia que perpassa pesquisas e documentos curriculares desde o início do século XX (Osborne, 2016) e atualmente pauta documentos educacionais de diferentes países (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017). Neste sentido, espera-se que os alunos façam aquilo que é próprio das ciências: investigar situações problemáticas. Para tanto, as abordagens didáticas precisam criar, no contexto escolar, um ambiente investigativo, de tal forma que os estudantes possam engajar-se nas práticas associadas ao fazer científico.

É importante ressaltar aqui que estamos abordando a investigação como prática científica, enfatizando que sua realização requer coordenação de habilidades e conhecimentos específicos; ou seja, não se trata de ensinar procedimentos e/ou técnicas isolados. Nesse sentido, nosso entendimento é de que a investigação é uma prática que exhibe compreensão do fazer científico e, por esse motivo, é importante na promoção da aprendizagem conceitual, epistêmica e social das ciências, conforme apontam diferentes pesquisas (Kelly, 2008; Kelly & Licona, *in press*; Sasseron & Duschl, 2016).

De uma forma abrangente e pragmática, a ciência pode ser considerada como o esforço humano para alcançar um entendimento do mundo (Mayr, 2005), tendo como principais objetivos prever, controlar e explicar os fenômenos (McCain, 2015). Nesse sentido, destaca-se a importância das explicações, visto que aumentam nosso entendimento sobre o mundo que nos cerca e, devido a este entendimento, somos capazes de prever e controlar fenômenos (McCain, 2015).

Braaten e Windschitl (2011) analisaram diversos trabalhos de filosofia da ciência que buscavam examinar a estrutura e o papel das explicações na ciência e compilaram cinco modelos de explicação presentes na prática dos cientistas, a saber: a) Lei abrangente (explicação pautada na dedução, explica fenômenos como resultado lógico de regularidade expressa por uma lei), b) Estatístico-probabilístico (explicação pautada na indução, deriva de tendência ou padrão nos dados disponíveis sem explicitar a causa do evento), c) Causal (explicação deriva de tendência ou padrão nos dados e explicita a causa do evento), d) Pragmático (a questão inicial, assim como o contexto, definem o que conta como uma explicação satisfatória), e) Unificação (explicações para eventos singulares são unificadas em generalizações através do uso de grandes teorias da ciência).

A despeito do modelo de explicação mais adotado em diferentes áreas do conhecimento, considerando seu importante papel na ciência, pesquisadores defendem que estratégias didáticas fomentadoras da construção e da compreensão de explicações no ensino sejam cruciais para o entendimento dos fenômenos e para o engajamento dos estudantes em práticas epistêmicas (Chinn & Malhotra, 2002; Duschl & Grandy, 2008).

Além da explicação, há outra entidade discursiva fundamental na prática científica, o argumento, que julga se a explicação é válida ou não. Na cultura científica, qualquer explicação precisa ser validada pelos pares, pois há explicações múltiplas para qualquer fenômeno. Algumas das explicações dadas são completamente falsas, e outras podem falhar no momento de esclarecer o problema. Assim, as explicações são julgadas por argumentos na medida em que vão se tornando coerentes, plausíveis e abrangentes. (Osborne & Patterson, 2011).

Berland e McNeill (2012) defendem que a explicação e a argumentação são práticas científicas complementares, por meio das quais a comunidade científica constrói conhecimento. A construção de conhecimento perpassaria, de acordo com essas autoras, pela produção de sentido focada no entendimento do fenômeno investigado quando os cientistas estão tentando entender como ou porque um fenômeno ocorre, o que estaria alinhado com a prática epistêmica explicar. Complementando, as autoras apontam que a construção de conhecimento também perpassa pelo convencimento dos pares da qualidade da explicação construída, o que está relacionado à prática epistêmica argumentar. Assim estas práticas ocorreriam concomitantemente na construção do conhecimento (Berland & McNeill, 2012).

A linguagem argumentativa está presente no cotidiano do cientista desde as reuniões de laboratório, em que os pesquisadores de um mesmo grupo verificam resultados de pesquisa e constroem conclusões, até encontros regionais ou internacionais, nos quais os cientistas comunicam e colocam suas conclusões à prova. Está presente também nos artigos publicados, os quais passam por avaliação anônima por pares, aumentando o rigor do processo de validação de conclusões científicas.

De Chiaro e Leitão (2005) definem o argumento como um conjunto mínimo de ponto de vista e justificativa e, nesse formato, o argumento é o elemento que permite identificar a posição defendida por um falante e as ideias com as quais a justifica. No que diz respeito especificamente à argumentação científica, sem contradizer a definição anterior, adotaremos a definição das autoras espanholas Bravo *et al.* (2009), para as quais a argumentação científica consiste na avaliação de enunciados à luz das evidências disponíveis, o que requer a coordenação entre dado e conclusão. Assim, a argumentação científica refere-se ao uso de dados como evidência para sustentar um enunciado e este, por sua vez poder ser uma explicação.

Mais investigada do que a explicação, encontra-se na literatura um grande número de estudos preocupados em analisar a argumentação em contextos de ensino e aprendizagem nas últimas duas décadas (Berland & Hammer, 2012; Driver *et al.*, 2000; Erduran *et al.*, 2004; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Jiménez-Aleixandre & Bustamante, 2003; Kelly & Takao, 2002; Sandoval, 2003; Simon *et al.*, 2006). O trabalho de Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) lista as potenciais contribuições do ensino de ciências pautado na argumentação, a saber: a) torna público o raciocínio através da linguagem e pode ajudar o desenvolvimento de processos cognitivos e metacognitivos; b) suporta o desenvolvimento de competências comunicativas e, particularmente, do pensamento crítico; c) capacita os alunos a se comunicarem utilizando a linguagem da Ciência; c) desenvolve critérios epistêmicos de produção, comunicação e validação do conhecimento científico; e, por fim, d) promove o desenvolvimento do raciocínio, particularmente a escolha de teorias ou posicionamentos baseada em critérios racionais.

Muitas pesquisas sobre argumentação em contextos de ensino e aprendizagem se utilizam de uma ferramenta de análise produzida por Toulmin (2006). O 'modelo' ou 'padrão de Toulmin', como é chamado o esquema proposto pelo autor para analisar os argumentos, é formado por elementos distinguíveis interconectados a uma conclusão: dados e garantia que podem ou não ser complementados pelo apoio, refutador e qualificador. Mais especificamente, a conclusão é a afirmação apresentada ao público para avaliação. Os dados e garantias são os fatos invocados para sustentar a conclusão. O apoio é constituído por generalizações que tornam explícito o corpo de experiências invocadas para dar confiabilidade à justificativa dada. O refutador são as condições ou circunstâncias nas quais a conclusão não é válida e, finalmente, o qualificador delimita qual é a força da conclusão a partir da justificativa apresentada (Toulmin, 2006).

A análise de argumentos através do modelo de Toulmin permite examinar como os alunos fornecem garantias para conclusões e também quando o fazem, no entanto, a aplicação do modelo de Toulmin em situações de sala de aula apresenta muitas dificuldades metodológicas. A principal delas é a identificação dos elementos constituintes do argumento, uma vez que muitas vezes se faz confusão sobre o que seriam dados, garantias ou apoios na fala dos alunos (Erduran, 2007). Para reduzir este problema metodológico, diversos autores fazem ajustes no modelo de acordo com os objetivos de suas pesquisas. Uma alteração frequente refere-se ao agrupamento dos dados, garantias e apoios num único elemento que justifica a conclusão (Erduran *et al.*, 2004; Zohar & Nemet, 2002). Nestes trabalhos observa-se uma preocupação em entender se o aluno é capaz de justificar suas afirmações a partir de conhecimentos científicos, independente se ele o fará baseando-se em observações empíricas, em conceitos específicos ou em generalizações.

Pretendíamos até aqui sustentar, numa abordagem de ensino que almeje a alfabetização científica, a importância de estratégias de ensino que contemplem, para além da aprendizagem conceitual, a aprendizagem epistêmica na sala de aula. Apoiadas em diferentes trabalhos desta área de pesquisa, apontamos para a importância de colocarmos as práticas científicas no centro do processo de ensino e aprendizagem e destacamos o papel das práticas epistêmicas de investigação, explicação e argumentação tanto na ciência, como no ensino de ciências.

Acreditamos que, no contexto do ensino de ciências, o estudo dessas práticas de forma complementar pode nos indicar a compreensão dos estudantes sobre como sabemos o que sabemos e porque acreditamos no que sabemos, visto que a análise dessas três práticas pode evidenciar como os estudantes constroem explicações, quais são os critérios pelos quais essas explicações são avaliadas e o papel dos argumentos nesta avaliação.

Apropriando-se do ensino por investigação como abordagem didática, Duschl (2008) defende a adoção de uma estrutura para o ensino de ciências denominada evidência-explicação (*continuum EE*), cujo objetivo é desenvolver nos estudantes a compreensão de critérios que definem “o que conta” como evidência, padrão e explicação, encorajando-os a tomar decisões durante o processo investigativo. Segundo o autor, ao longo do *continuum EE* os alunos participam das seguintes decisões: “1. *Selecionar ou gerar dados para transformar em evidências*, 2. *Usar evidência para verificar padrões e modelos*, e 3. *Empregar padrões e modelos para propor explicações*.” (Duschl, 2008, p. 280).

Especialmente ao que diz respeito ao ensino de biologia, consideramos promissor o enfoque dado por Duschl (2008) para o planejamento e desenvolvimento de atividades didáticas. Segundo Scarpa e Silva (2013), são poucas as iniciativas que contemplam os conteúdos de Biologia de maneira investigativa, quando comparadas às iniciativas no Ensino de Física ou Química. As autoras acreditam que a falta de iniciativas desse tipo possa refletir dificuldades relacionadas à própria natureza do conhecimento biológico, como por exemplo a variabilidade dos dados obtidos nas investigações, oriunda, essencialmente, da diversidade dos indivíduos que constituem as populações (Mayr, 2005).

Utilizando o *continuum EE*, acreditamos que essa especificidade dos dados biológicos pode ser profícua para a criação de ambientes de aprendizagem nos quais os estudantes precisem tomar decisões, julgando a consistência dos diversos dados obtidos, a validade de um determinado modelo teórico para explicá-los e as evidências que justificam suas decisões.

Assim, num contexto investigativo de ensino de biologia, faz-se relevante analisar como os alunos avaliam os dados empíricos e a adequação de um determinado modelo teórico para explicá-los de forma coerente. Nosso objetivo neste trabalho é analisar o engajamento dos estudantes na produção de explicações e argumentos, durante uma atividade investigativa, buscando compreender como mobilizam o conhecimento teórico e empírico nessas práticas epistêmicas.

Especificamente, nossas perguntas de investigação consistem em: 1) Os alunos constroem explicações coerentes com os dados produzidos na investigação? 2) Como se caracterizam os argumentos produzidos pelos estudantes para validar suas explicações? 3) Como os alunos mobilizam o modelo teórico e os dados empíricos na construção das explicações coerentes e dos argumentos válidos?

METODOLOGIA

Esse estudo se insere em uma perspectiva de pesquisa qualitativa, utilizando-se da aplicação de uma sequência didática investigativa e da análise dos relatórios científicos produzidos pelos estudantes após a sequência de aulas. A impossibilidade de desconsiderar as muitas variáveis e a extrema dificuldade de estabelecer relações causais diretas faz da pesquisa qualitativa a forma preponderante de investigação na área do ensino de ciências. Imerso nessa abordagem qualitativa, este trabalho se refere, mais especificamente, a um estudo de caso, por se tratar de uma investigação empírica, dependente do trabalho de campo não experimental e que se baseia no raciocínio indutivo para desenvolver conceitos e explicações que não são restritos ao caso investigado (Yin, 2014).

A sequência didática

A sequência didática aplicada nesta pesquisa abordou o tema “dinâmica populacional” e foi desenvolvida em duas classes de 1º ano do Ensino Médio (alunos com 14 ou 15 anos de idade) com 30 estudantes cada, numa escola da rede pública de ensino da cidade de São Paulo, SP, Brasil.

Organizados em trios, os estudantes deveriam responder a seguinte questão de caráter científico: “O que acontece com uma população biológica após a colonização por alguns indivíduos de um ambiente com as condições ideais para desenvolvimento da espécie?”. Para tanto, cada grupo foi orientado a colocar água, um pouco de terra e alguns indivíduos de *Lemna sp.* (diminuta planta aquática com alta capacidade de propagação vegetativa) num pequeno recipiente transparente. Os indivíduos selecionados pelos estudantes foram considerados os colonizadores do novo ambiente (recipiente com água e terra). Em seguida, todos os recipientes foram dispostos sob iluminação constante e acompanhados ao longo de 15 dias através de registros fotográficos (Figura 1 e Figura 2). Uma descrição mais detalhada da sequência didática pode ser encontrada em Silva e Trivelato (2016).



Figura 1 – Vista dos recipientes com populações de *Lemna sp.* dispostos sob iluminação na bancada da sala de aula

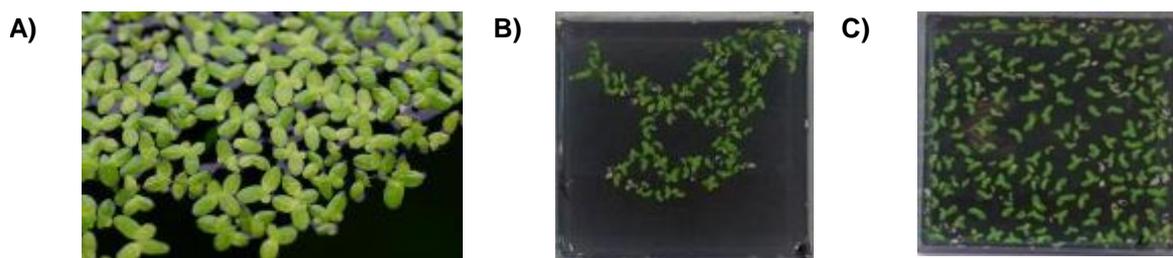
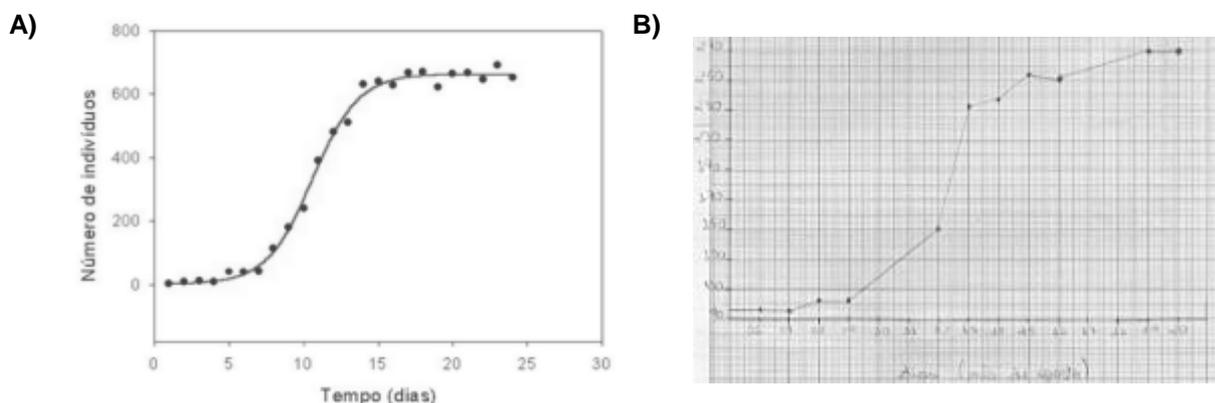


Figura 2 – A) Detalhe dos indivíduos de *Lemna sp.* B) Vista superior do recipiente no 1º dia. C) Vista superior do recipiente no 15º dia.

Os dados produzidos pelos alunos

Foram produzidos 17 relatórios, os quais constituem a fonte de dados deste trabalho. Primeiramente separamos os relatórios em três categorias considerando a dinâmica populacional observada e representada por meio de inscrições literárias (tabelas ou gráficos, neste caso) por cada grupo de alunos, a saber: 1) ajustada ao modelo logístico de crescimento populacional (5 relatórios); 2) parcialmente ajustada ao modelo logístico (6 relatórios); e 3) não ajustada ao modelo logístico (6 relatórios). A Figura 3 apresenta alguns gráficos produzidos pelos estudantes que exemplificam cada uma das três categorias de relatórios.



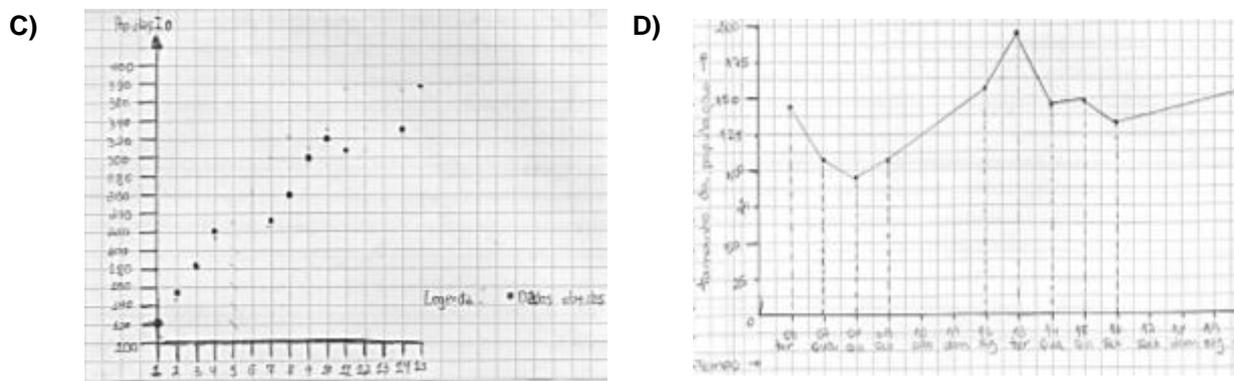


Figura 3 – A) Representação gráfica do modelo de crescimento logístico proposto por Verhurst (1838 *apud* Odum, 2011) para explicar o crescimento de populações biológicas em ambientes naturais (modelo explicativo já conhecido pelos alunos). Os demais gráficos foram produzidos pelos estudantes e representam as três categorias de dinâmica populacional observadas na atividade investigativa: B) ajustada ao modelo explicativo, C) parcialmente ajustada ao modelo explicativo e D) não ajustada ao modelo explicativo.

A existência de uma variedade de dinâmicas populacionais observadas nesta atividade investigativa está associada à ideia de biopopulações, segundo a qual as propriedades das populações biológicas mudam de acordo com os indivíduos que as constituem, visto que cada organismo possui características únicas (Mayr, 2005). Além disso, essa variedade de resultados também pode estar associada às diferentes estratégias mobilizadas pelos estudantes para quantificar o número de indivíduos de *Lemna sp.* ao longo dos dias e para representar a dinâmica encontrada.

A análise das explicações

Para identificar as explicações produzidas pelos estudantes nos relatórios, nos pautamos nos cinco modelos de explicação sistematizados por Braaten e Windschitl (2011), dos quais encontramos exemplos de apenas três deles: a) explicação pautada na dedução, explicava o fenômeno como resultado lógico de regularidade expressa por uma lei), b) explicação pautada na indução, derivava de tendência ou padrão nos dados disponíveis sem explicitar a causa direta do evento, e c) explicação explícita a causa imediata do evento.

Uma vez identificadas todas as explicações, nos baseamos no trabalho de Sandoval (2003) para buscar uma ferramenta de análise das mesmas. Neste trabalho, o autor defende que as explicações produzidas pelos alunos são artefatos que revelam tanto a compreensão conceitual como epistêmica que possuem de um determinado campo científico. Para analisar a compreensão conceitual, o autor pontuou as explicações de acordo com o número de elementos causais utilizados pelos estudantes. Estes elementos causais foram previamente definidos pelo pesquisador e versavam sobre a teoria da seleção natural. Para analisar a compreensão epistêmica, o autor examinou se as relações causais estabelecidas eram suportadas pelos dados oferecidos aos alunos, estabelecendo uma nova pontuação para as explicações produzidas (Sandoval, 2003).

As características da atividade investigativa aplicada neste estudo não nos permitem separar a compreensão conceitual da epistêmica tal como fora realizado por Sandoval (2003), visto que em nossa pesquisa os dados disponíveis eram diferentes para cada grupo de alunos. Dessa forma, o fato dos alunos não estabelecerem relações causais com a teoria, não significa essencialmente que não a compreenderam, mas pode significar que eles perceberam que a mesma não servia para os dados que dispunham. Da mesma forma, o fato dos estudantes utilizarem a teoria para explicar dados que não se ajustavam a ela, pode indicar problemas de compreensão conceitual (do modelo logístico de crescimento populacional) ou epistêmica (do papel dos modelos na construção do conhecimento).

Isso posto, para responder nossa primeira pergunta de pesquisa, verificamos também se as explicações identificadas em cada relatório eram coerentes com os dados relativos à população de *Lemna*

sp. investigada pelo grupo, o que nos daria indícios da compreensão epistêmica dessa entidade discursiva na prática científica.

Por fim, para compreendermos como os estudantes mobilizam o conhecimento teórico e empírico na elaboração de explicações, focando apenas nas explicações coerentes com os dados, classificamos a natureza do elemento causal utilizado pelos estudantes, se teórico (T), quando associado ao modelo logístico de crescimento populacional, ou se experimental (E), quando associado às condições específicas da população investigada ou se associado à metodologia de análise da população.

A análise dos argumentos

Para verificar se os estudantes produzem argumentos para validar suas explicações, consideramos apenas as explicações coerentes com os dados disponíveis, de acordo com a análise anteriormente descrita.

Segundo o modelo de argumento de Toulmin (2006), a conclusão é a afirmação apresentada ao público para avaliação. Para responder nossa pergunta, as explicações coerentes elaboradas pelos estudantes foram consideradas as conclusões colocadas em apreciação e, em seguida, avaliamos se cada explicação estava acompanhada por uma *justificativa* explícita, constituindo um argumento segundo o 'modelo de Toulmin' (Toulmin, 2006).

Por fim, para também compreendermos como se dá a mobilização do conhecimento teórico e empírico na elaboração de argumentos válidos, uma vez identificada a justificativa, classificamo-la de acordo com sua natureza: teórica (JT), quando associada ao modelo logístico de crescimento populacional, ou empírica (JE), quando associado às condições específicas da população investigada ou se associado à metodologia de análise da população.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o número absoluto de explicações produzidas pelos estudantes para explicar a dinâmica populacional em cada categoria de relatórios e a frequência relativa de explicações coerentes e não coerentes com os dados apresentados no relatório.

Tabela 1 - Caracterização das explicações produzidas em cada categoria de relatório.

Dinâmica populacional representada no relatório	Total de explicações produzidas	Explicações coerentes com os dados do relatório (%)	Explicações não coerentes com os dados do relatório (%)
Ajustada ao modelo	49	96	4
Parcialmente ajustada ao modelo	50	88	12
Não ajustada ao modelo	39	61	39

Os dados apresentados revelam que os alunos que obtiveram dados ajustados ao modelo explicativo já conhecido conseguiram produzir mais explicações sustentadas pelos dados disponíveis (96% do total encontrado). Diante deste resultado, é importante considerar que não conseguimos distinguir se os estudantes reconhecem o papel dos modelos na explicação de dados empíricos ou se estão apenas fazendo um uso irrefletido do modelo teórico oferecido pela professora.

Assim, para obtermos indícios da compreensão epistêmica do papel do modelo e das evidências, interessa-nos aprofundar as análises sobre as explicações produzidas nos relatórios cuja dinâmica populacional não estivesse totalmente ajustada ao modelo teórico já conhecido.

Nessas situações, ao trabalhar com dados que se distanciam daquilo que seria esperado pelo modelo explicativo, os alunos tiveram dificuldades de elaborar novas explicações com base nos dados disponíveis. Conforme os dados se afastam do esperado pelo modelo, maior é a porcentagem de explicações não suportadas pelas evidências (12% e 39%, respectivamente).

O trecho a seguir, utilizado para explicar uma curva de crescimento populacional sem a fase de estabilização (Gráfico C – Figura 3), exemplifica uma situação na qual os estudantes utilizaram o modelo teórico conhecido nas aulas para explicar dados que não se ajustavam a ele:

“(...) a população cresceu tanto como na primeira semana, reforçando a hipótese de recursos, tanto que nos últimos dias a população variou muito. Isso quer dizer que graças a resistência do meio, a população chegou ao seu auge e a população se estabilizará naquela faixa, mostrando que, como visto nas aulas, a população vai aumentando até alcançar o seu auge.”

Estabelecer uma relação entre a inscrição produzida e o propósito de se construir uma explicação coerente com os dados requer que os alunos compreendam como teorias particulares podem ser utilizadas para interpretar dados, assim como entendam a finalidade retórica destas explicações e os critérios pelos quais tais explicações serão julgadas pelos pares. Esses resultados demonstram que alguns alunos não conseguiram estabelecer esta relação, uma vez que optaram por utilizar um modelo explicativo que não se adequava aos dados que dispunham.

Além disso, esses exemplos nos dão indícios de que pode ter ocorrido a compreensão conceitual, mas não houve uma compreensão epistêmica da prática da explicação, resultado semelhante ao obtido por Sandoval (2003) ao investigar se os alunos adotavam critérios epistêmicos da cultura científica para produzir explicações.

Ressalta-se, no entanto, que encontramos uma porcentagem relevante de explicações coerentes nos relatórios cujas dinâmicas populacionais estavam parcialmente ajustadas ao modelo logístico de crescimento (88%) e também naqueles nos quais as dinâmicas não se ajustavam a esse modelo explicativo (61%).

Para melhor compreender como os estudantes conseguiram estabelecer tais relações sem dispor de um modelo teórico capaz de explicar seus dados, analisamos a natureza dos elementos causais que foram mobilizados, separando-os nas categorias: (T) associados ao modelo teórico e (E) associados a aspectos experimentais ou metodológicos.

A Figura 4 revela um padrão interessante sobre a produção de explicações pelos estudantes: Quando os dados se ajustam ao modelo explicativo já conhecido, os alunos recorrem com maior frequência a ele para estabelecer explicações suportadas por evidências, ao passo que, quando os dados diferem do previsto pelo modelo, os estudantes diminuem sua aplicação e mobilizam explicações alternativas, estabelecendo mais relações com elementos empíricos, relacionados à condição experimental e/ou a aspectos metodológicos.

A seguir destacamos um trecho de um relatório cuja dinâmica populacional apresentou grandes oscilações no número de indivíduos ao longo do período investigado. Para explicá-la, os estudantes utilizaram, de forma coerente, elementos causais associados às condições ambientais específicas da experimentação e associados aos procedimentos de contagem dos indivíduos:

“As quedas [dos indivíduos] ocorreram, pois, nas duas semanas, menos nos finais de semana, houve uma queda de temperatura muito alta. No dia 14/08 ao dia 15/08 houve uma queda muito alta e poderíamos explicá-la, pois, a contagem pode ter sido feita errada, porque a população fica aglomerada e podemos ter contado algumas Lemnas mais de uma vez no dia 14/08. No dia 19/08 a professora adicionou uma certa quantidade de água e isso fez com que faltasse nutrientes para as Lemnas. Já o crescimento, sua maior parte aconteceu aos finais de semana (período em que não houve aulas, nem movimentações de alunos), e isso pode ter favorecido o crescimento da população.”

Esses resultados vão ao encontro de alguns estudos sobre interpretação de gráficos e outros tipos de inscrições literárias na comunidade científica. De acordo com esses estudos, a interpretação de um gráfico exige que o leitor caminhe no sentido inverso ao da sua produção, ou seja, da inscrição para o fenômeno que ela representa, porém, a relação entre ambos só existe a partir das práticas sociais associadas à esta inscrição, sugerindo que a capacidade de interpretá-las é uma função que depende tanto de familiaridade com a ferramenta em si, como do processo de investigação como um todo (Bowen *et al.*, 1999; Roth, 2013).

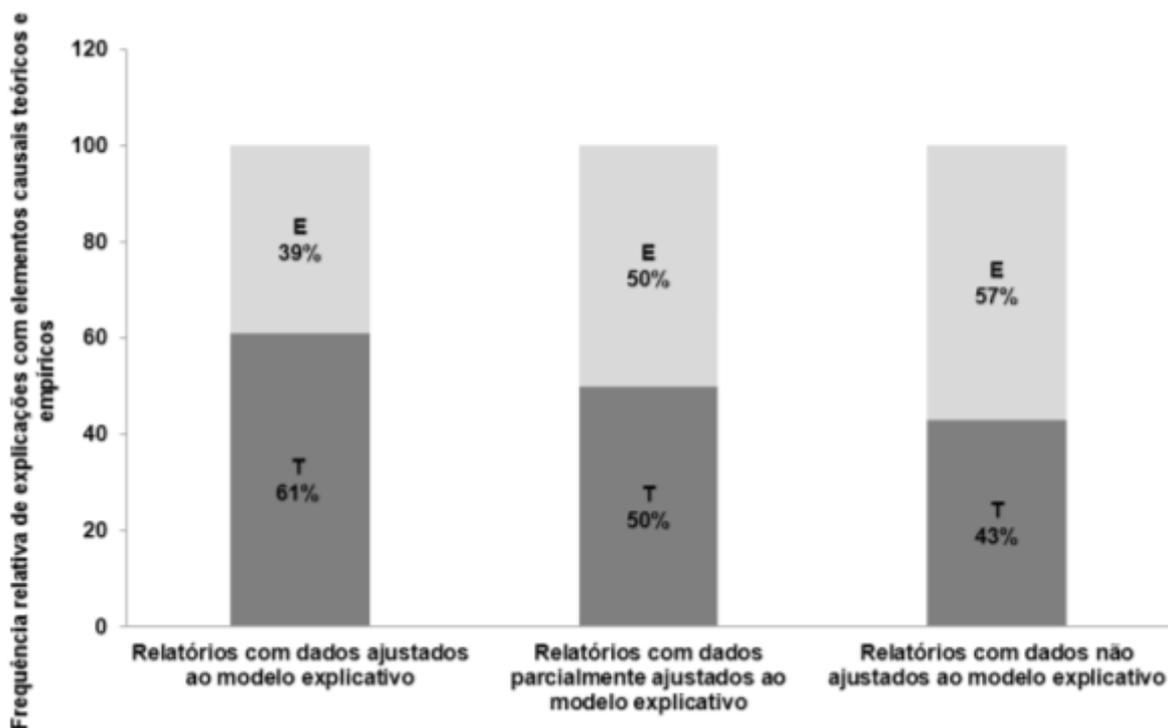


Figura 4 - Frequência de explicações coerentes com os dados do relatório com elementos causais associados ao modelo teórico (T) e com elementos associados a aspectos experimentais ou metodológicos (E) em cada categoria de relatório.

Com relação à produção de argumentos, nota-se na Tabela 2 que, apesar de construírem 127 explicações coerentes com os dados disponíveis, apenas 37 delas foram acompanhadas de um argumento que as validassem de acordo com critérios epistêmicos da cultura científica, ou seja, apenas 30% das explicações foram justificadas com dados empíricos e/ou com apoio teórico. Esses achados indicam que, no contexto escolar investigado, a produção de explicações e de argumentos não ocorreu como práticas complementares, evidenciando uma baixa compreensão epistêmica da finalidade retórica dos argumentos na avaliação da explicação produzida.

Tabela 2 - Número de explicações com e sem argumentos nas diferentes categorias de relatórios.

Dinâmica populacional representada no relatório	Explicações com argumentos	Explicações sem argumentos
Ajustada ao modelo	18	30
Parcialmente ajustada ao modelo	9	25
Não ajustada ao modelo	10	12

Outras pesquisas sobre produção de argumentos no ensino de ciências também apresentam esse tipo de resultado. Um exemplo é o estudo de Kelly e Takao (2002), no qual os autores analisam a argumentação de estudantes universitários e indicam que o alunado apresenta dificuldades em coordenar dados às conclusões e em compreender o papel das evidências na argumentação. Já no trabalho de Sandoval (2003), o autor demonstra que frequentemente os alunos não explicitam os dados que suportam suas conclusões devido à dificuldade em interpretá-los e, especialmente, por não compreenderem o valor epistêmico da justificativa na explicação científica. Bravo *et al.* (2009) também revelam que tanto alunos de graduação, como aqueles da educação básica, apresentam sérias limitações no uso de dados como evidências para enunciados. Essas autoras sugerem que estas dificuldades podem se relacionar a problemas na compreensão da natureza e função das evidências.

Apesar desses autores chegarem a resultados semelhantes aos que aqui apresentamos, nosso trabalho possui como diferencial a natureza dos dados com os quais os alunos trabalharam. Especialmente nos estudos de Kelly e Takao (2002) e de Sandoval (2003) os estudantes lidaram com inscrições fornecidas pelo professor; nesta pesquisa os estudantes observaram o objeto e o fenômeno investigado, fizeram coletas, construíram dados e produziram inscrições para representar o que fora observado. Ao que parece, essas práticas não proporcionaram maior argumentação, mas tiveram papel importante nos argumentos produzidos. Do total de 37 argumentos, em 24 (65%) a justificativa era de natureza empírica, podendo ser oriunda das inscrições literárias produzidas ou da observação do contexto de investigação.

Para além disso, encontramos um padrão semelhante ao das explicações: a mobilização do conhecimento empírico para elaboração de justificativas aumenta conforme os dados se distanciam do previsto pelo modelo explicativo já conhecido (Figura 5).

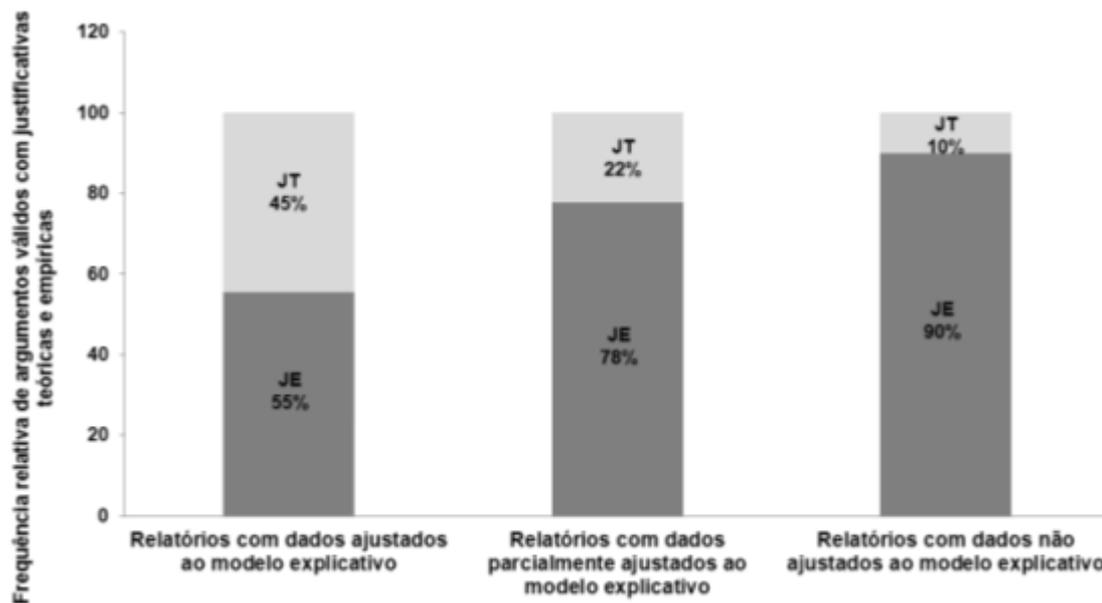


Figura 5 - Frequência das justificativas de natureza teórica (JT) e de natureza empírica (JE) em cada categoria de relatório.

Destacamos a seguir um trecho de um relatório com dinâmica populacional totalmente ajustada ao modelo logístico (Gráfico B - Figura 3):

“(Dado) Já na 2ª semana da pesquisa na população de Lemnas houve uma estabilização e uma redução. (Conclusão) A morte de algumas Lemnas pode ter ocorrido por não terem suportado a falta de nutrientes (Justificativa) devido à grande quantidade de Lemnas na população.”

Neste primeiro exemplo, os estudantes articularam os resultados obtidos na investigação (estabilização e redução do tamanho da população) a um elemento causal associado aos aspectos experimentais (disponibilidade de recursos específicos - nutrientes). Tal relação não pode ser diretamente visualizada, mas os alunos utilizaram adequadamente a evidência empírica de que os nutrientes podiam estar escassos (o grande número de indivíduos). Nesse caso, a justificativa foi oriunda da própria inscrição literária produzida por eles, um gráfico do tamanho da população em função do tempo.

Já no exemplo a seguir, o trecho refere-se a um relatório no qual a dinâmica populacional investigada não se ajustava ao modelo logístico de crescimento:

“(Dado) Em alguns momentos a população se estabilizava. (Justificativa) Acreditamos que isso ocorria pois ao longo da semana a água evaporava, fazendo com que as raízes das Lemnas dobrassem e (Conclusão) impedissem-nas de adquirir nutrientes, de crescer e se reproduzir. (Dado) Nas segunda-feiras, ao acrescentar mais água, as Lemnas voltavam às condições ideais e davam um salto no crescimento populacional.”

Nesse segundo caso, os alunos também articularam seus resultados (períodos de estabilização do crescimento ao longo da investigação) à escassez de nutrientes. Aqui, porém, a disponibilidade de nutrientes não estava associada ao tamanho da população, visto que a mesma voltava a crescer, mas sim a

incapacidade dos indivíduos em adquiri-los. A justificativa elaborada pelos estudantes foi constituída a partir do conhecimento empírico da condição de experimentação: a iluminação incidente sobre a população provocava a evaporação da água ao longo da semana, fazendo com que as raízes ficassem dobradas no fundo do recipiente. Como a população voltava a crescer quando o volume de água era repostado, os estudantes utilizaram a condição da raiz como justificativa para o impedimento da absorção de nutrientes.

Esses dois argumentos exemplificam produções nas quais a justificativa fornecida é de natureza empírica, a qual fora mais frequente nas três categorias de relatório (Figura 5), revelando o papel do conhecimento empírico também como repertório para a construção de argumentos válidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos este trabalho abordando a Alfabetização Científica como um propósito do Ensino de Ciências e as recentes proposições de que para alcançá-la devemos favorecer o engajamento dos estudantes em práticas da cultura científica.

Como os processos de investigação constituem práticas centrais da cultura científica, uma abordagem didática que pode ser vista como promotora do engajamento em práticas epistêmicas é o ensino baseado em investigação (Kelly & Licona, *in press*). Destacamos, dentre essas práticas, a produção de explicações e argumentos, buscando compreender como são promovidas numa atividade investigativa no contexto escolar.

A atividade de investigação analisada neste trabalho exigia dos alunos a coleta de dados referentes ao crescimento de populações biológicas diversas, o que propiciou a observação de dinâmicas populacionais também diversas, visto que estas variam de acordo com os indivíduos que constituem cada população (Mayr, 2005). Dessa forma, os resultados obtidos por cada grupo de alunos podiam ou não estar de acordo com o modelo explicativo já conhecido pelos estudantes (Modelo Logístico de Crescimento Populacional). Essa condição didática nos forneceu repertório para analisar como os alunos mobilizam o conhecimento teórico e empírico na construção de explicações e argumentos.

Os dados apresentados neste trabalho revelam a importância do conhecimento empírico referente ao contexto de investigação como repertório para a construção de explicações, especialmente para os alunos que lidaram com dados anômalos ao modelo explicativo. Esse conhecimento também se revelou importante para a produção de argumentos válidos, visto que a maior parte das justificativas empreendidas era de natureza empírica, independente se os dados estavam ou não de acordo com o modelo explicativo.

Esses resultados não apenas reforçam a importância da participação dos estudantes em atividades investigativas, como já previsto e defendido por diferentes pesquisadores desta área de pesquisa (Kelly, 2008; Kelly & Licona, *in press*; Sasseron & Duschl, 2016), como também indicam que a investigação propicia o engajamento em práticas epistêmicas, pois o conhecimento sobre o contexto de investigação (condições experimentais e procedimentos de coleta) fornece repertório de elementos causais para a produção de explicações, e de justificativas para a construção de argumentos.

Para além disso, consideramos importante também destacar as implicações deste trabalho especificamente para o ensino de Biologia. Os resultados apresentados aqui indicam que, apesar das dificuldades relacionadas às especificidades dessa área do conhecimento científico, a promoção de atividades investigativas com enfoque experimental possibilita a integração de objetivos conceituais e epistêmicos, na medida em que o conhecimento empírico evidencia a natureza do conhecimento biológico e exige dos estudantes a tomada de decisões, julgando a consistência dos diversos dados obtidos, a validade de um determinado modelo teórico para explicá-los e as evidências que justificam suas decisões.

REFERÊNCIAS

- Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68-94. [DOI: 10.1002/tea.20446](https://doi.org/10.1002/tea.20446)
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2012). For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education*, 96(5), 808-813. [DOI:10.1002/scs.21000](https://doi.org/10.1002/scs.21000)

- Bowen, G. M., Roth, W. M., & McGinn, M. K. (1999). Interpretations of graphs by university biology students and practicing scientists: Toward a social practice view of scientific representation practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 1020-1043. [DOI:10.1002/\(sici\)1098-2736\(199911\)36:9<1020::aid-tea4>3.0.co;2-#](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2736(199911)36:9<1020::aid-tea4>3.0.co;2-#)
- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working Toward a Stronger Conceptualization of Scientific Explanation for Science Education. *Science Education*, 95(4), 639-669. [DOI:10.1002/sce.20449](https://doi.org/10.1002/sce.20449)
- Bravo, B., Puig, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2009). Competencias en el uso de pruebas en argumentación Educación Química, De Aniversario, 137-142.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218. [DOI:10.1002/sce.10001](https://doi.org/10.1002/sce.10001)
- De Chiaro, S., & Leitão, S. (2005). O Papel do Professor na Construção Discursiva da Argumentação em Sala de Aula. [O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula]. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 18(3), 350-357. [DOI:10.1590/S0102-79722005000300009](https://doi.org/10.1590/S0102-79722005000300009)
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601. [DOI:10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. [DOI:10.1002/\(sici\)1098-237x\(200005\)84:3<287::aid-sce1>3.0.co;2-a](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-237x(200005)84:3<287::aid-sce1>3.0.co;2-a)
- Duschl, R., & Grandy, R. (2008). Introduction to special issue: Science studies and science education. *Science Education*, 92(3), 385-388. [DOI:10.1002/sce.20271](https://doi.org/10.1002/sce.20271)
- Duschl, R. A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. In Kelly, G. J., Luke, A., & Green, J. (Orgs.). *What Counts as Knowledge in Educational Settings: Disciplinary Knowledge, Assessment, and Curriculum* (pp. 268-291): AERA / SAGE.
- Erduran, S. (2007). Methodological Foundations in the Study of Argumentation in Science Classrooms. In Erdura, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (Orgs.). *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 47-69). Dordrecht, The The Netherlands: Springer.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933. [DOI:10.1002/sce.20012|10.1002/sce.20012](https://doi.org/10.1002/sce.20012|10.1002/sce.20012)
- Jimenez-Aleixandre, M. P., Mortimer, E. F., Silva, A. C. T., & Diaz, J. (2008). Epistemic Practices: an Analytical Framework for Science Classrooms. Paper presented at the Annual Meeting of the AERA, New York City, USA.
- Jimenez-Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792. [DOI:10.1002/1098-237x\(200011\)84:6<757::aid-sce5>3.0.co;2-f](https://doi.org/10.1002/1098-237x(200011)84:6<757::aid-sce5>3.0.co;2-f)
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Bustamante, J. D. (2003). Discurso de Aula y Argumentación en la Clase de Ciencias: Cuestiones Teóricas y Metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In Taber, K. S., & Akpan, B. (Orgs.), *Science Education: An International Course Companion* (pp. 69-80). Rotterdam/Boston/Taipei: Sense Publisher.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2007). Argumentation in Science Education: An Overview. In Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (Orgs.). *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research*. (pp. 3-27). Dordrecht, The Netherlands.: Springer.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, Activity, and Epistemic Practice. In Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (Orgs.), *Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for Research and Implementation*. (pp. 99-117). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

- Kelly, G. J., & Licona, P. Epistemic practices and science education. In Matthews, M. (Org.). *History, philosophy and science teaching: New research perspectives*. Dordrecht: Springer.
- Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), 314-342. [DOI:10.1002/sce.10024](https://doi.org/10.1002/sce.10024)
- Krasilchik, M., & Marandino, M. (2007). *Ensino de ciências e cidadania*. São Paulo, SP: Editora Moderna.
- Kuhn, T. S. (2013). *A estrutura das revoluções científicas* (12a ed.). São Paulo, SP: Editora Perspectiva.
- Longino, H. E. (2002). *The fate of knowledge*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Manzoni-de-Almeida, D., Marzin-Janvier, P., & Trivelato, S. L. F. (2016). Análise das práticas epistêmicas nos relatórios de grupos de alunos do curso superior durante a execução de uma atividade investigativa de imunologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2). [DOI:10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p105](https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p105)
- Mayr, E. (2005). *Biologia, Ciência Única*. São Paulo, SP: Companhia das Letras.
- McCain, K. (2015). Explanation and the Nature of Scientific Knowledge. *Science & Education*, 24(7-8), 827-854. [DOI:10.1007/s11191-015-9775-5](https://doi.org/10.1007/s11191-015-9775-5)
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2011). *Fundamentos de Ecologia* (Tradução da 5a edição norte-americana). São Paulo: Cengage Learning.
- Osborne, J. (2016). Defining a Knowledge Base for Reasoning in Science: The Role of Procedural and Epistemic Knowledge. In Duschl, R. A., & Bismack, A. S. (Orgs.). *Reconceptualizing STEM Education: The Central Role of Practices*. (pp. 215-231). New York/Oxon: Routledge Taylor & Francis.
- Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011). Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, 95(4), 627-638. [DOI:10.1002/sce.20438](https://doi.org/10.1002/sce.20438)
- Roth, W. M. (2013). Undoing decontextualization or how scientists come to understand their own data/graphs. *Science Education*, 97(1), 80-112. [DOI:10.1002/sce.21044](https://doi.org/10.1002/sce.21044)
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51. [DOI:10.1207/s15327809jls1201_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1201_2)
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. d. (2011). Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16, 59-77.
- Sasseron, L. H., & Duschl, R. A. (2016). Ensino de Ciências e as Práticas Epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2), 16. [DOI:10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p52](https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p52)
- Scarpa, D. L., & Silva, M. B. (2013). A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In Carvalho, A. M. P. d. (Org.). *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula*. (pp. 129-152). São Paulo, SP: Cengage Learning.
- Silva, A. C. T. (2008). *Estratégias enunciativas em salas de aula de química contrastando professores de estilos diferentes (MG)*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Recuperado de <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FAEC-84KND6>
- Silva, M. B., & Trivelato, S. L. F. (2016). Propiciando o engajamento em práticas epistêmicas da cultura científica: uma proposta de atividade investigativa sobre dinâmica populacional. *Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio)*, 9, 4932-4941. Recuperado de <http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/renbio-9/pdfs/2290.pdf>
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260. [DOI:10.1080/09500690500336957](https://doi.org/10.1080/09500690500336957)
- Toulmin, S. E. (2006). *Os usos do argumento*. São Paulo, SP: Martins Fontes.

- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62. [DOI:10.1002/tea.10008](https://doi.org/10.1002/tea.10008)

Recebido em: 04.04.2017

Aceito em: 26.05.2017