

ARTIGO

UM LEVANTAMENTO EM LARGA ESCALA DAS CONCEPÇÕES DE NATUREZA
DA CIÊNCIA DE GRADUANDOS DE BIOLOGIA BRASILEIROS E
OS POSSÍVEIS ELEMENTOS FORMATIVOS ASSOCIADOS

Nathália Helena Azevedo*

Daniela Lopes Scarpa**

RESUMO: Descrevemos resultados da investigação de concepções de natureza da ciência (NdC) de graduandos de Biologia. Testamos estatisticamente quatro fatores potencialmente associados às concepções desse público: momento da formação, modalidades de graduação, contato com temas metacientíficos e participação em iniciação científica. Contribuíram com o levantamento 691 estudantes, de 14 universidades brasileiras, os quais responderam a um questionário contextualizado cujo tema é a pesquisa em Ecologia. Nossos resultados sugerem que as concepções não variam entre os diferentes momentos da formação, com o contato com temas metacientíficos e com a participação em uma iniciação científica. Entretanto, os graduandos que cursavam apenas a licenciatura apresentaram concepções de NdC menos informadas em comparação com os outros dois grupos (um formado só por bacharelados e outro por bacharelados e licenciandos). Dentre 11 aspectos de NdC investigados, os estudantes apresentaram concepções menos informadas naqueles relacionados à instrumentação e às práticas experimentais. Discutimos algumas das implicações associadas ao panorama apresentado.

Palavras-chave: Concepções de natureza da ciência. Formação de cientistas. Formação de professores.

UN LEVANTAMIENTO EN GRAN ESCALA DE LAS CONCEPCIONES DE
NATURALEZA DE LA CIENCIA DE ESTUDIANTES BRASILEÑOS DE PREGRADO
DE BIOLOGÍA Y LOS POSIBLES ELEMENTOS FORMATIVOS ASSOCIADOS

RESUMEN: Describimos resultados de la investigación de concepción de naturaleza de la ciencia (NdC) de estudiantes de pregrado en Biología. Probamos estadísticamente cuatro factores potencialmente asociados a las concepciones de ese público: momento de la formación, modalidad de licenciatura (formación docente; formación no docente; o formación docente y no docente ao mismo tiempo), contacto con temas metacientíficos y participación en iniciación científica. Contribuyeron al levantamiento 691 estudiantes, de 14 universidades brasileñas, los cuales contestaron a un cuestionario contextualizado cuyo tema es la investigación en Ecología. Nuestros resultados indican que las concepciones no varían entre los diferentes momentos

*Doutoranda em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Ecologia pela USP. Pesquisadora do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Biologia por Investigação (BioIn/USP). São Paulo, SP - Brasil.
E-mail: <helenanathalia@usp.br > .

**Doutora em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP). Professora Pesquisadora do Instituto de Biociências da USP e Coordenadora do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Biologia por Investigação (BioIn/USP). São Paulo, SP - Brasil.
E-mail: <dlscarpa@usp.br > .

de la formación, el contacto con temas metacientíficos ni con la participación en iniciación científica. Sin embargo, los estudiantes de pregrado que cursaban solamente la modalidad docente presentaron concepciones de NdC menos informadas en comparación con las de los otros dos grupos (uno formado sólo por los estudiantes de modalidad no docente y otro por estudiantes de modalidad no docente y docente). Entre 11 aspectos de NdC investigados, los estudiantes presentaron concepciones menos informadas en aquellos relacionados a la instrumentación y prácticas experimentales. Discutimos algunas de las implicaciones asociadas al panorama presentado.

Palabras clave: Concepciones de naturaleza de la ciencia. Formación de científicos. Formación de profesores.

A LARGE-SCALE SURVEY ON NATURE OF SCIENCE CONCEPTIONS OF THE BRAZILIAN BIOLOGY UNDERGRADUATES AND THE POTENTIALLY ASSOCIATED EDUCATION FACTORS

ABSTRACT: The results of a study on conceptions of the nature of science (NOS) among Biology undergraduate students are presented here. Four factors potentially associated with the conceptions of this public were statistically tested: educational stage, course type (for pre-service biology teachers or biologists-in-training), contact with meta-scientific themes, and participation in science initiation. The participants were 691 students from 14 Brazilian universities, who answered a contextualized questionnaire about research in Ecology. There was no variation in conceptions between the different educational stages neither from contact with meta-scientific themes, nor participation in scientific initiation. However, undergraduates attending only teacher-training courses presented less-informed NOS conceptions when compared with two other groups, one formed only by biologists-in-training and the other by a combination of biologists-in-training and teaching-training students. Among the 11 investigated aspects of NOS, the students presented less-informed conceptions about those addressing instrumentation and experimental practices. The discussion was directed to certain implications associated with the scenario presented.

Keywords: NOS conceptions. Biologists-in-training. Pre-service teachers.

INTRODUÇÃO

A expressão *natureza da ciência* (NdC) está fortemente associada à forma como a ciência funciona, como os cientistas coletam, interpretam e utilizam dados para as pesquisas científicas, como o conhecimento científico é produzido e construído e qual a relação desses fatores com a sociedade. Embora haja variações quanto ao seu significado (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000a), alguns pesquisadores parecem concordar quanto aos principais aspectos de NdC relevantes para o ensino de ciências (MCCOMAS *et al.*, 2002). Dentre os aspectos frequentemente listados como consensuais, destaca-se (i) o caráter empírico da ciência, (ii) a ausência de um método científico único, (iii) a interdependência entre ciência e sociedade, (iv) o papel da criatividade e da colaboração entre os cientistas para a produção do conhecimento, (v) o caráter tentativo da ciência, (vi) o uso de evidências empíricas e da lógica e (vii) a relação entre leis e teorias (LEDERMAN, 1992; MCCOMAS *et al.*, 2002; LEDERMAN, 2007; PARASKEVOPOULOU; KOLIOPOULOS, 2011; ABD-EL-KHALICK, 2012). Apesar da aparente unanimidade perpetuada por esses sete aspectos de NdC, há uma diversidade de outros – ao menos 25, segundo a revisão sistemática de Azevedo e Scarpa (2017a) – relativos às diversas ciências e que não estão contemplados na visão assumida como consensual. Embora haja trabalhos relativos à inserção de elementos de NdC no ensino desde meados da década de 1960, é relativamente recente o debate conjunto acerca de *quais, como e por que* os aspectos de NdC precisam ser ensinados (AZEVEDO; SCARPA, 2017a).

Segundo Adúriz-Bravo (2005, p.04), NdC diz respeito “*ao conjunto de ideias metacientíficas com valor para o ensino de ciências da natureza*”. Apesar da imprecisão dessa definição, para o autor, há significativas vantagens quanto a ela, pois ao aproximar as metaciências dos não especialistas é possível (i) evitar conflitos quanto à demarcação das diversas metaciências (como História e Sociologia da Ciência), (ii) não especificar escolas teóricas associadas, o que permite flexibilidade, e (iii) mobilizar uma seleção cuidadosa dos elementos que podem ter um impacto positivo para o ensino.

Apesar do aumento do número de trabalhos que investigam concepções de NdC nos últimos anos (AZEVEDO; SCARPA, 2017a), o que se deve, provavelmente, à preocupação em incluir o metaconhecimento científico (MCCOMAS; OLSON, 1998; ACEVEDO-DÍAZ, 2005) nos diversos níveis de ensino, as ponderações e críticas acerca de uma visão consensual de NdC, protagonizadas por autores como Adúriz-Bravo (2005), Clough (2006), Allchin (2011), Irzik e Nola (2011), Matthews (2012), Martins (2015) e Azevedo e Scarpa (2017a), ainda não são amplamente conhecidas¹. Grande parte das pesquisas sobre concepções de NdC ainda está focada na inadequação da visão dos estudantes da educação básica quanto aos aspectos de NdC e em como a educação científica pode contribuir para o amadurecimento dessas concepções (LEDERMAN, 1992). Há, ainda, um crescente número de trabalhos voltados para investigação das concepções de NdC de professores em exercício ou em formação (e.g. SHAPIRO, 1996; TOSUN, 2000; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000a; ACEVEDO-DÍAZ; ACEVEDO-ROMERO, 2002; AKERSON *et al.*, 2006; BELL *et al.*, 2011) (AZEVEDO; SCARPA, 2017a).

Complementarmente, pesquisadores têm buscado compreender se há um padrão global relacionado às concepções de NdC de estudantes ou se fatores regionais e culturais podem exercer alguma influência sobre elas. Embora alguns autores afirmem que concepções de NdC tidas como ingênuas² sejam uma tendência global, alguns estudos têm demonstrado que não (LEDERMAN, 1992). Dogan e Abd-El-Khalick (2008), por exemplo, compararam as concepções de NdC de mais de 2000 estudantes de diferentes regiões da Turquia e relataram que os alunos de regiões rurais possuíam concepções mais ingênuas em comparação com aqueles de áreas urbanas. Um levantamento de concepções de NdC entre estudantes coreanos identificou que nesse grupo há uma tendência em apresentar uma visão de ciência voltada ao progresso e ao desenvolvimento (KANG *et al.*, 2005), visão recorrente também em outros países asiáticos (KAWASAKI, 1996). Apesar do crescimento das pesquisas relacionadas às concepções de NdC nos últimos anos, no Brasil, os levantamentos que investigam concepções de NdC (e.g. TEIXEIRA *et al.*, 2001; TAVARES, 2006; TEIXEIRA *et al.*, 2009) ainda são escassos, sobretudo em larga escala, conforme constatado na revisão sistemática de Azevedo e Scarpa (2017a), que analisou 396 artigos publicados até fevereiro de 2015, em periódicos de Ensino e Educação da lista WebQualis 2013.

Comparação entre concepções de NdC de diferentes grupos e relevância dos levantamentos

Considerando que as pesquisas sobre concepções de NdC tiveram início em meados de 1960 (LEDERMAN, 1992; AZEVEDO; SCARPA, 2017a), o interesse em comparar as concepções de NdC entre diferentes grupos de estudantes (sobretudo fora da educação básica) e de profissionais é relativamente recente. Jehng e colaboradores (1993) realizaram um levantamento entre estudantes universitários e descobriram que alunos dos cursos de áreas relacionadas às Ciências Sociais, Artes e Humanidades são mais propensos a aceitar que o conhecimento é incerto, em comparação com os estudantes das Ciências Naturais, Engenharia e Negócios. Na mesma linha, Liu e Tsai (2008), ao investigarem 220 estudantes universitários, verificaram que aqueles de áreas relacionadas às Ciências Naturais possuíam uma visão mais ingênua quanto aos aspectos culturais e ao papel das teorias na construção do conhecimento, em comparação com alunos de outras áreas.

O levantamento de concepções de NdC e a comparação entre diferentes grupos é relevante porque, ao expor contrastes, permite estabelecer possíveis estratégias para melhoria dessas concepções. Há um número grande de trabalhos voltados para investigação das concepções de NdC na educação básica, possibilitando assim comparações entre grupos de estudantes de diferentes culturas e que são submetidos a abordagens de ensino distintas (e.g. PARK *et al.*, 2013). Entretanto, no ensino superior, os estudos sobre concepções de NdC estão em grande parte voltados apenas para cursos de licenciatura e raramente testam fatores que possam estar relacionados às concepções de NdC encontradas (AZEVEDO; SCARPA, 2017a).

Poucos trabalhos têm buscado identificar quais as concepções de NdC de cientistas (e.g. POMEROY, 1993; PETRUCCI, 2001; WONG; HODSON, 2009) e de estudantes universitários de cursos com carreiras tradicionalmente científicas (e.g. FELDMAN *et al.*, 2009; FELDMAN *et al.*, 2013). Investigar as concepções de NdC

em cursos superiores cujos estudantes tendem a seguir carreiras científicas (como Biologia, Física e Química) é relevante pois permite detectar o modo como esse grupo enxerga a construção do conhecimento e como certos mitos podem estar enraizados também no ambiente acadêmico (HARDING; HARE, 2000; FELDMAN *et al.*, 2013). A falta de atenção dos pesquisadores em ensino de ciências para esse público (DELAMONT; ATKINSON, 2001) tem resultado em um número reduzido de trabalhos. Os poucos levantamentos existentes fora da educação básica e dos cursos de licenciatura têm revelado uma grande variação nas concepções de NdC.

Ao comparar as concepções de cientistas e professores, Deborah Pomeroy (1993) encontrou heterogeneidade entre os cientistas, mas um número significativo de visões consideradas empiristas. Schwartz e Lederman (2008) relataram diferenças entre as concepções de NdC conforme a área de pesquisa dos participantes (Física, Biologia ou Química), mas indicaram que mais de 65% dos participantes reconheceram o papel da criatividade no trabalho dos cientistas em oposição com uma visão de ciência fundamentada estritamente em dados empíricos. Bayir e colaboradores (2014) investigaram concepções de NdC de cientistas de diversas áreas (como Ciências Sociais e Ciências da Natureza) e concluíram que as concepções de NdC não estão relacionadas com a área de estudo dos pesquisadores, havendo um balanço entre as concepções de NdC dos grupos que analisaram. Esses estudos deixaram em aberto suas conclusões, especialmente pela necessidade de investigações adicionais com as quais pudessem dialogar, convidando outros pesquisadores a também investirem esforços na investigação de concepções de NdC de cientistas em exercício ou em formação. Para nós, tal análise torna-se ainda mais urgente, quando consideramos que muitos dos docentes envolvidos nos cursos superiores (tanto de formação de cientistas, como de professores) advêm de cursos estritamente conceituais e, frequentemente, desprovidos da reflexão acerca dos aspectos de NdC, possuindo também potencialmente concepções de NdC menos informadas³.

Perguntas de pesquisa

Diante do panorama apresentado e considerando a lacuna no contexto brasileiro de levantamentos de concepções de NdC em larga escala e de investigações que estabeleçam relações entre as concepções de NdC e os possíveis fatores relacionados a elas, nosso trabalho pretende responder a duas grandes questões:

(A) *Quais os fatores relacionados à formação de graduandos de Ciências Biológicas que podem influenciar as concepções de NdC desse público?* Para essa questão, investigamos quatro possíveis fatores (nossas variáveis preditoras), apresentados a seguir com as respectivas hipóteses e predições:

- (i) Momento da formação: esperamos que o momento da formação (expressão usada aqui para diferenciar os graduandos que estão no início da graduação daqueles que estão no fim) seja um fator que influencie as concepções de NdC e que alunos que estão no fim da graduação apresentem concepções de NdC mais bem informadas.
- (ii) Modalidade da graduação: considerando os trabalhos que

identificaram diferenças entre estudantes e cientistas de diferentes áreas, esperamos encontrar diferenças entre as modalidades da graduação em Ciências Biológicas e que os licenciandos apresentem concepções de NdC mais bem informadas em comparação com os bacharelados, devido à presença de mais temas relativos às Ciências Humanas.

(iii) Contato com temas metacientíficos em disciplinas da graduação: esperamos que um maior contato com temas relativos à epistemologia da ciência contribua para o desenvolvimento de concepções de NdC mais bem informadas.

(iv) Participação em iniciação científica (IC): esperamos que o contato com a produção do conhecimento, viabilizado e/ou potencializado por uma IC, contribua para o desenvolvimento de concepções de NdC mais bem informadas.

(B) *Há diferenças no entendimento de determinados aspectos da natureza da ciência?* Esperamos que sim e nos interessa saber se essas diferenças são as mesmas entre os alunos da licenciatura e do bacharelado.

MÉTODOS

Coleta dos dados

A coleta de dados só foi possível devido à contribuição voluntária de docentes de diversas instituições de ensino superior distribuídas pelo Brasil, os quais forneceram tempo de aula para que os estudantes participassem da pesquisa. Optamos por ter os questionários respondidos em papel por acreditarmos que a adesão seria maior do que a de uma aplicação via internet. Embora um questionário eletrônico tenha potencialmente um maior alcance, a aderência para completá-lo poderia ser menor. Assim, entramos em contato via correio eletrônico com 58 docentes de universidades públicas e privadas distribuídas pelas diversas regiões do Brasil informando os objetivos da nossa pesquisa. Dos 58 docentes, 34 retornaram contato e 16 efetivaram a aplicação. Por conta da decisão de aplicar um questionário impresso e do tempo disponível para a coleta de dados, nem todas as regiões do Brasil foram contempladas na nossa amostragem. As universidades contatadas da região centro-oeste, por exemplo, não retornaram o nosso contato a tempo, ainda assim, por conta da grande adesão que tivemos, os dados explorados no presente estudo podem ser considerados significativos. Na maioria das instituições, a aplicação foi realizada por nós no tempo acordado com os docentes (45 minutos aproximadamente) e em algumas enviamos os questionários impressos por correio.

A participação dos estudantes na pesquisa foi voluntária e todos que concordaram em contribuir assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (presente na primeira página do instrumento), informando os objetivos do levantamento e assegurando a eles o sigilo das informações e respostas fornecidas. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (Parecer nº 1.133.412) e seguiu as

recomendações da Plataforma Brasil. Os respondentes também receberam por escrito as instruções sobre o preenchimento do questionário e as recomendações para que o respondessem de forma anônima e individual.

Descrição da amostra

Os questionários foram aplicados em 14 universidades, sendo 78,6% pertencentes à região sudeste do Brasil, 7% da nordeste, 7% da norte e 7% da sul. Do total, 78% são públicas e 22% são particulares. Obtivemos 691 questionários válidos, respondidos por graduandos de cursos de Ciências Biológicas (bacharelandos e licenciandos), descartamos desse número os entregues totalmente em branco (apenas 4) e aqueles com mais de 15% de respostas rasuradas ou incompletas. Também descartamos os questionários de alunos que cursaram outra graduação anteriormente (apenas 6). Do total de respondentes, 65% eram mulheres, 34% homens e 1% optaram por não declarar o sexo do nascimento. Quanto às idades, 51% possuíam entre 16 e 20 anos, 41% entre 21 e 25 e 8% entre 26 e 44. Cerca de 58% dos alunos estavam no começo da graduação (cursaram até o 3º semestre) e 42% no fim (cursaram mais de 6 semestres) (Tabela 1).

Tabela 1 – Características das universidades e dos alunos que compõem a amostra.

<i>Universidade</i>	<i>Região do Brasil</i>	<i>Tipo de gestão</i>	<i>Nº de alunos participantes</i>	<i>Nº de alunos no início da graduação</i>	<i>Nº de alunos no fim da graduação</i>
1	Sudeste	Pública	93	93	0
2	Sudeste	Pública	72	31	41
3	Sul	Pública	71	31	40
4	Sudeste	Pública	68	49	19
5	Sudeste	Pública	52	18	34
6	Sudeste	Pública	49	26	23
7	Norte	Pública	49	21	28
8	Sudeste	Pública	46	39	7
9	Nordeste	Pública	42	22	20
10	Sudeste	Pública	40	0	40
11	Sudeste	Particular	36	22	14
12	Nordeste	Pública	27	19	8
13	Sudeste	Particular	24	17	7
14	Sudeste	Particular	22	13	9
Total			691	401	290

Instrumento de pesquisa

Elaboramos o questionário *VENCCE* (Visões de Estudantes sobre a Natureza da Ciência por meio da Contextualização em Ecologia), cujo objetivo é investigar as concepções de NdC de estudantes de Ciências Biológicas (AZEVEDO; SCARPA, 2017b). A sua elaboração seguiu os procedimentos gerais propostos por Azevedo e Scarpa (2017b) e envolveu decisões (Figura 1) com relação: (i) aos aspectos de NdC (temas epistemológicos) abordados, (ii) à presença de questões abertas ou fechadas, (iii) à natureza dos seus itens, (iv) à escala e à forma de valoração dos itens, (v) ao tamanho e à linguagem das afirmações, (vi) à presença de situações autênticas e (vii) à validação e à confiabilidade de seus resultados.

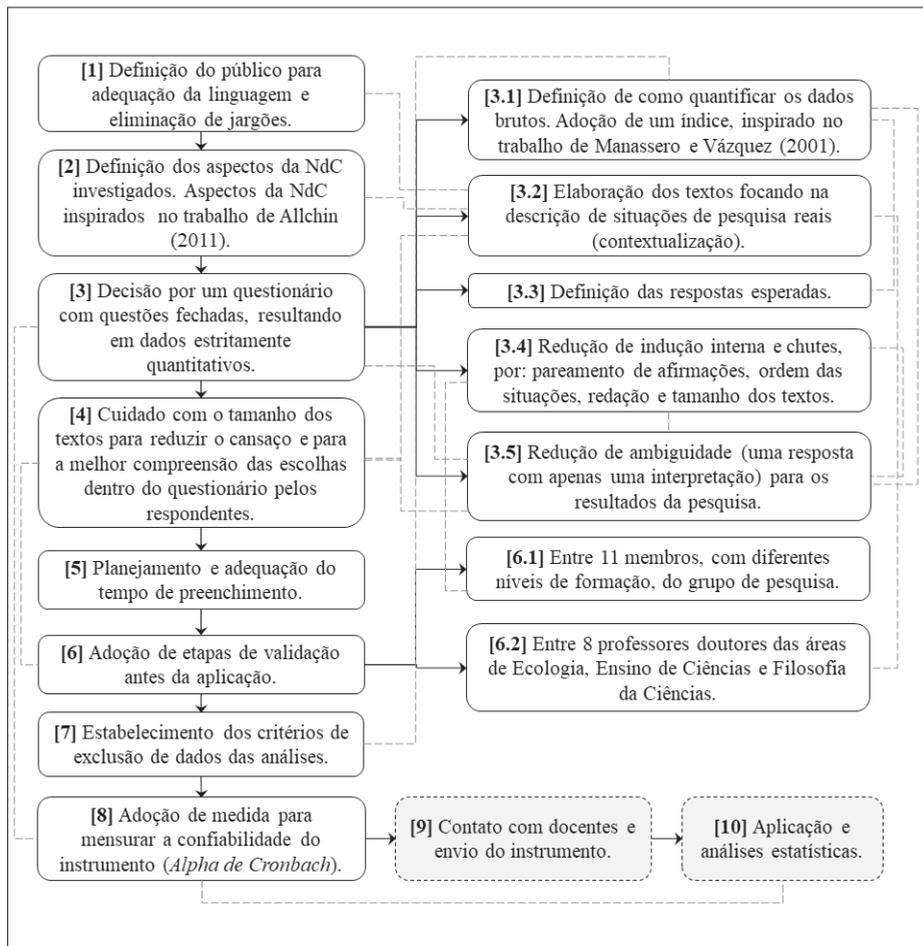


Figura 1. Diagrama com as ações executadas ao longo do estudo. As etapas de 1 a 8 referem-se ao planejamento do instrumento. Linhas contínuas indicam passos sucessivos adotados durante a elaboração e aplicação do *VENCCE*. Linhas tracejadas mostram ações e decisões correlacionadas e que foram continuamente ponderadas ao longo do estudo (adaptado de Azevedo e Scarpa, 2017b).

O questionário possui cinco situações que têm a Ecologia como tema, com o propósito de fornecer situações autênticas da formação e atuação dos profissionais de Ciências Biológicas. Para que uma visão de ciência seja considerada bem informada, o *VENCCE* destaca os aspectos de NdC que precisam ser compreendidos tanto por cientistas em formação quanto por professores em formação. Para a elaboração desse instrumento, partiu-se da premissa de que um entendimento funcional dos graduandos sobre a NdC pode ser acessado com a interpretação de situações científicas. Dessa forma, a interpretação de situações que descrevem práticas científicas poderão refletir um nível real das concepções de NdC mais do que a concordância ou a discordância com afirmações descontextualizadas. Tal ponderação deriva das críticas recentes na literatura relativas à perpetuação de uma imagem idealizada da ciência (ALLCHIN, 2011) e da tendência de investigar conceitos que não exploram as práticas científicas em si, em detrimento de uma exposição deveras filosófica (IRZIK; NOLA, 2011). Nessa linha, nossa predileção e esforço por elaborar um instrumento contextualizado vão de encontro com a visão considerada consensual dos aspectos de NdC relevantes ao ensino, dado que tal visão não contempla práticas científicas relevantes na produção do conhecimento científico (ALLCHIN, 2013), tampouco as particularidades das diversas ciências (IRZIK; NOLA, 2011). Assim, devido às particularidades da Biologia, que tem a sua cientificidade discutida na literatura (e.g. MAYR, 2004; ROSENBERG, 2008), sobretudo pela comparação com áreas como a Física e a Química, e das particularidades da Ecologia enquanto ciência, dada sua diversidade de métodos e das discussões ainda frequentes sobre a existência de leis e a sua capacidade ou não de fazer generalizações, acreditamos que ela poderia ser um bom modelo para explorar as concepções de forma contextualizada⁴.

Quanto às dimensões teóricas, o *VENCCE* contempla dez grandes temas epistemológicos (Tabela 2), que se dividem em subtemas mais específicos (como, por exemplo: a integridade das evidências; a análise estatística dos dados e do erro; a replicação e tamanho da amostra; o papel das hipóteses nas investigações; o espectro de motivações para fazer ciência; a ética na experimentação; a comunicação entre os cientistas; os conflitos de interesse pessoal e as formas de credibilidade). Para ilustrar a natureza de algumas afirmações conforme o tema epistemológico, bem como exemplificar o que estamos chamando de contextualização, trazemos brevemente exemplos de afirmações no Quadro 1. Apesar do pano de fundo do instrumento ser a Ecologia, por conta de suas particulares e diversidade metodológica, o instrumento não se ocupa em definir o escopo da Ecologia. No *VENCCE*, a Ecologia é trazida como modelo para explicitar práticas associadas à produção e validação do conhecimento científico, de modo que as afirmações presentes no instrumento possuem um caráter generalista, como pode ser visualizado nos exemplos trazidos no Quadro 1.

Tabela 2 – Composição teórica do questionário *VENCCE*.

	<i>Tema epistemológico</i>	<i>Número de afirmações</i>
A	Observação e raciocínio	10
B	Métodos de investigação	23
C	História e criatividade	13
D	Contexto humano e cultura	3
E	Interação entre os cientistas	15
F	Processos cognitivos	6
G	Economia e financiamento	5
H	Instrumentação e práticas experimentais	4
I	Transmissão do conhecimento	11
J	Características das teorias científicas	17
	Total de afirmações	81*

*O *VENCCE* possui 81 afirmações, porém, algumas contemplam mais de um tema.

A confiabilidade do questionário foi estimada segundo o coeficiente Alfa de Cronbach (α) (CRONBACH, 1951, 2004). O *VENCCE* teve um $\alpha=0,912$, o que caracteriza sua confiabilidade como adequada (KLINE, 2005; WIETHAEUPER et al., 2005), indicando que o instrumento é capaz de medir o que se propõe (AZEVEDO; SCARPA, 2017b).

Cada uma das cinco situações do questionário é seguida de afirmações (81 ao longo de todo o instrumento) que possuem uma escala variando de 1 a 9, na qual os respondentes devem marcar o seu grau de concordância. O grau de concordância assinalado é valorado segundo uma escala, produzindo um índice, que representa o quão próxima é a visão do respondente de uma visão considerada bem informada perante os aspectos apresentados. Quanto mais próximo de **+1**, mais bem informada são as concepções de NdC do respondente e quanto mais próximo de **-1**, menos informada. O índice foi chamado de $VENCCE_{index}$ e está baseado no índice de atitude utilizado no trabalho de Manassero e Vázquez (2001). Para o cálculo do $VENCCE_{index}$ é levado em consideração a classe das afirmações, que podem ser *bem informadas*, *parcialmente informadas* ou *pouco informadas*. É esperado que o respondente assinale números mais próximos de 9 quando uma afirmação é *bem informada* e números mais próximos de 1 quando a afirmação é *pouco informada*. Conforme a classe da afirmação, o número assinalado pelo respondente no questionário é transformado, segundo uma escala de valoração. Da substituição na escala, são efetuados cálculos de pontuações por classe de afirmação que, ao serem consideradas conjuntamente, resultam no $VENCCE_{index}$ (AZEVEDO; SCARPA, 2017b). O cálculo do $VENCCE_{index}$ foi realizado no ambiente de programação do R, versão 3.2.4 (R Core Team, 2014).

Quadro 1 – Exemplo de uma das situações presentes no questionário *VENCCE* e suas afirmações, seguidas da respectiva classificação do tema epistemológico.

Situação 5. *Com o objetivo de verificar se o tamanho de certo mexilhão interfere na sua chance de ser predado, um grupo de cientistas fez uma amostragem. Eles coletaram conchas em parcelas demarcadas de forma aleatória em uma praia, calcularam a área de cada uma das conchas coletadas e registraram se elas continham ou não alguma marca característica de predação.*

Código	Afirmação disponível para o respondente	Tema e subtema usados para guiar a elaboração da afirmação
S5A	Descreve uma prática científica, já que foi feita uma coleta sistematizada.	Observação e Raciocínio (Papel da observação sistematizada)
S5B	Não pode ser considerada uma prática científica, pois nenhum experimento foi feito.	Métodos de investigação (Ausência de método único)
S5C	A conclusão só poderá ser generalizada se a coleta de dados for repetida em diferentes localidades.	Métodos de investigação (Replicação e tamanho da amostra)
S5D	A conclusão só poderá ser generalizada se a coleta de dados for realizada com uma amostra muito grande.	Métodos de investigação (Replicação e tamanho da amostra)
S5E	Para que os cientistas cheguem a uma conclusão eles deverão levar em consideração a possibilidade de a predação ser devida ao acaso.	Observação e Raciocínio (Papel da probabilidade na inferência)
S5F	Os resultados do estudo só serão aceitos pela comunidade científica se forem apresentados em forma de gráficos.	Comunicação e transmissão do conhecimento científico (Natureza dos gráficos)
S5G	Os resultados do estudo serão aceitos pela comunidade científica mesmo que os cuidados com a coleta dos dados não forem tomados.	Observação e Raciocínio (Integridade das evidências)
S5H	Os resultados do estudo serão aceitos pela comunidade científica se os dados receberem algum tratamento estatístico.	Métodos de investigação (Análise estatística dos dados e do erro)
S5I	A escolha do tratamento estatístico pode interferir na conclusão do estudo.	Métodos de investigação (Análise estatística dos dados e do erro)
S5J	Descreve uma prática científica, pois os cientistas formularam uma hipótese testável que foi confrontada com observações.	Métodos de investigação (Papel da hipótese na investigação)

Para traçar o perfil dos estudantes, elaboramos questões pessoais (como idade, gênero, formação dos pais e tipo de escola cursada no ensino médio), questões relativas ao histórico da graduação (semestres cursados, modalidade do curso, contato com temas metacientíficos durante a graduação e a participação em IC) e questões sobre pretensões futuras. Apresentamos aqui apenas as questões analisadas neste trabalho (Quadro 2).

Quadro 2 – Questões declarativas usadas para separar os respondentes em diferentes perfis, conforme as perguntas de pesquisa.

<i>Perguntas e opções de respostas presentes no instrumento</i>	
1.	Quantos semestres do curso você já completou?
2.	Essa é sua primeira graduação? [A] Sim [B] Não
3.	Qual a modalidade do seu curso? [A] Bacharelado [B] Licenciatura [C] Ambas
4.	Você já fez iniciação científica? [A] Sim [B] Não, mas tenho interesse [C] Não e não tenho interesse [D] Não sei o que é isso
5.	Durante o seu curso você frequentou disciplinas que abordassem formalmente temas de*: [A] Conhecimento Científico [B] Filosofia da Ciência [C] História da Ciência [D] Métodos Científicos [E] Natureza da Ciência [F] Pensamento Crítico [G] Práticas Científicas
6.	O que você pretende fazer quando terminar o seu curso? [A] Seguir a carreira acadêmica [B] Seguir uma carreira técnica na área de biológicas. Atuar, por exemplo, em: consultoria, análises laboratoriais, assessoria e gestão ambiental, vigilância sanitária, ecoturismo, paisagismo, parques, museus, perícia, controle de pragas, biorremediação, bioética, etc. [C] Dar aula na educação básica [D] Cursar outra faculdade [E] Seguir outra profissão [F] Não sei ainda
*Cada disciplina poderia ser assinalada com “Sim”, “Não” ou “Não sei”.	

Análise dos dados

O uso do $VENCCE_{index}$ é interessante porque ele permite calcular tanto um índice geral (que considera todas as afirmações do questionário), quanto um índice associado a diferentes grupos de afirmações. Para o seu cálculo é levado em consideração tanto a valoração, conforme a classe da afirmação, quanto o número de afirmações para cada classe. Entretanto, como no $VENCCE$ os alunos também têm a opção de assinalar a opção “*Não sei*” (opção incluída para reduzir as ambiguidades), nem sempre é possível calcular o $VENCCE_{index}$ para um grupo de afirmações. Dessa forma, sempre que um aluno assinala a opção “*Não sei*” o cálculo do $VENCCE_{index}$ fica comprometido, pois o número total de afirmações de uma determinada classe (*bem informada*, *parcialmente informada* ou *pouco informada*) para aquele aluno é diferente do total dos demais alunos, comprometendo a comparação legítima entre os alunos. Assim, quando um aluno assinalou a opção “*Não sei*” suas respostas precisaram ser excluídas das análises para um dado agrupamento de afirmações.

Para a escolha dos testes estatísticos adequados, inicialmente verificamos se os dados seguiam ou não a distribuição normal, considerando os valores do $VENCCE_{index}$ dos grupos que comparamos como nossa variável de interesse. Alguns autores sugerem que o teste de normalidade pode ser dispensado para amostras acima de 30 indivíduos (PESTANA; GAGEIRO, 2003). Mesmo com uma amostra grande para todas as comparações, verificamos a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, assumindo um $p < 0,05$ como significativo, e pela análise visual da distribuição dos dados (KANJI, 2006). Todavia, devido à não homogeneidade das variâncias e à presença de *outliers*, optamos por uma análise baseada em estatística não paramétrica. Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente de programação do R, versão 3.2.4 (R Core Team, 2014) e consideraram que os dados são aninhados (MANGIAFICO, 2015), pois alunos de uma mesma universidade são mais parecidos entre si do que alunos de universidades diferentes.

Para responder à primeira pergunta do trabalho, as concepções de NdC foram comparadas entre os diferentes grupos de alunos, considerando o $VENCCE_{index}$ de todas as afirmações do instrumento, formando o índice geral das concepções de NdC (chamado de $VENCCE_{indexG}$). O tratamento estatístico foi aplicado aos valores do $VENCCE_{indexG}$ com a utilização de dois testes principais, assumindo um $p < 0,05$ como significativo: o teste não paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (U) para comparação entre dois grupos (KANJI, 2006) e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (K) seguido do teste *post hoc* de Dunn para a comparação dos $VENCCE_{indexG}$ entre mais de dois grupos (MANGIAFICO, 2015).

Para responder à segunda pergunta do trabalho, verificamos se há diferença entre os $VENCCE_{index}$ dos temas epistemológicos (chamado de $VENCCE_{indexTE}$), por meio da ANOVA, seguida do teste *post hoc* de Turkey. A diferença entre os $VENCCE_{indexTE}$ conforme a modalidade da graduação, foi verificada pela ANOVA de dois fatores (MANGIAFICO, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação dos fatores relacionados à formação e que podem influenciar as concepções de NdC

O uso do $VENCCE_{index}$ para avaliar as concepções de NdC dos 691 estudantes de Ciências Biológicas resultou em um $\overline{VENCCE}_{indexG} = 0,23 \pm 0,11$. Dada a escala do índice (que varia de +1 a -1), essa média pode ser considerada moderadamente positiva, embora seu valor ainda esteja distante do valor máximo do $VENCCE_{index}$. Houve uma grande variação entre os valores do $VENCCE_{indexG}$ dos estudantes e alguns dos fatores que investigamos poderão elucidar melhor as possíveis causas relacionadas a tal variação.

Para responder nossa primeira pergunta de pesquisa, fizemos quatro comparações entre os diferentes grupos de estudantes. A primeira delas foi entre os valores do $VENCCE_{indexG}$ dos alunos que estão no início da graduação (58% da amostra) e os que estão no fim (42%). Em oposição a nossa hipótese *a priori*, as análises mostraram que as concepções de NdC não variam conforme o momento da formação da nossa amostra ($U=73,52$ e $p=0,07$). Tal resultado é preocupante, pois indica que as concepções de NdC praticamente não apresentam mudanças ao longo do curso, estando, possivelmente, pouco relacionadas ao contato com temas metacientíficos em disciplinas cursadas ou à carga horária cursada.

A segunda comparação que fizemos foi entre os valores do $VENCCE_{indexG}$ dos alunos das três modalidades da graduação: 37% de estudantes de bacharelado, 26% de licenciatura e 27% de ambas as modalidades. As análises indicam que a modalidade é um fator que pode estar associado às concepções de NdC dos estudantes ($K=12,47$ e $p=0,002$) e, entre os três grupos, a licenciatura é o que apresentou o $VENCCE_{indexG}$ mais baixo (Figura 2). Alunos que cursam tanto o bacharelado quanto a licenciatura apresentaram valores do $VENCCE_{indexG}$ mais altos e, portanto, concepções de NdC consideradas mais bem informadas. Esse resultado inesperado, juntamente com os dados do momento da formação, pode ser um indicativo da necessidade de rever a estrutura curricular dos cursos, pois, possivelmente há elementos formativos associados aos estudantes de bacharelado que possibilitam que eles desenvolvam concepções de NdC mais bem informadas.

Embora a licenciatura tenha, curricularmente, uma maior chance de abordar temas metacientíficos, devido à presença tanto de disciplinas pedagógicas específicas do ensino de ciências (que podem abordar questões relativas ao ensino de NdC) quanto às características dos professores formadores, é possível que uma visão de ciência ainda idealizada, e distante das práticas científicas das Ciências Biológicas, seja comum no discurso da sala de aula. Tal hipótese *a posteriori* parece fazer sentido à luz das críticas recentes na literatura (trazidas brevemente na Introdução do presente trabalho) e que orientaram a construção do instrumento de pesquisa que usamos. Dessa forma, embora o curso de licenciatura forneça mais oportunidades para reflexão em sala de aula e mais disciplinas de caráter epistemológico, possivelmente são explorados corriqueiramente os aspectos externos e filosóficos da ciência, ficando de fora os aspectos internos relativos à produção do conhecimento científico. É possível, então, que ao trazer a contextualização como estratégia para identificar o quão bem informadas são as concepções reais dos estudantes, o

VENCCE torne mais próximo dos bacharelandos os temas metacientíficos, daí a não conformidade dos nossos resultados com outros presentes na literatura (e.g. JEHNG *et al.*, 1993; LIU; TSAI, 2008; BAYIR *et al.*, 2014) e que orientaram a construção da nossa hipótese *a priori* não corroborada.

Em geral, os cursos de licenciatura contêm um grande número de disciplinas pedagógicas, cujos objetivos não contemplam necessariamente trabalhar explicitamente aspectos relacionados à NdC, ocupando-se de outros temas também relevantes ao ensino. A presença de disciplinas que explorem a NdC como um dos objetivos do ensino de ciências e que a trabalhem de forma explícita e reflexiva, pode ser um fator importante para elevar o valor médio do $VENCCE_{indexG}$ dos licenciandos.

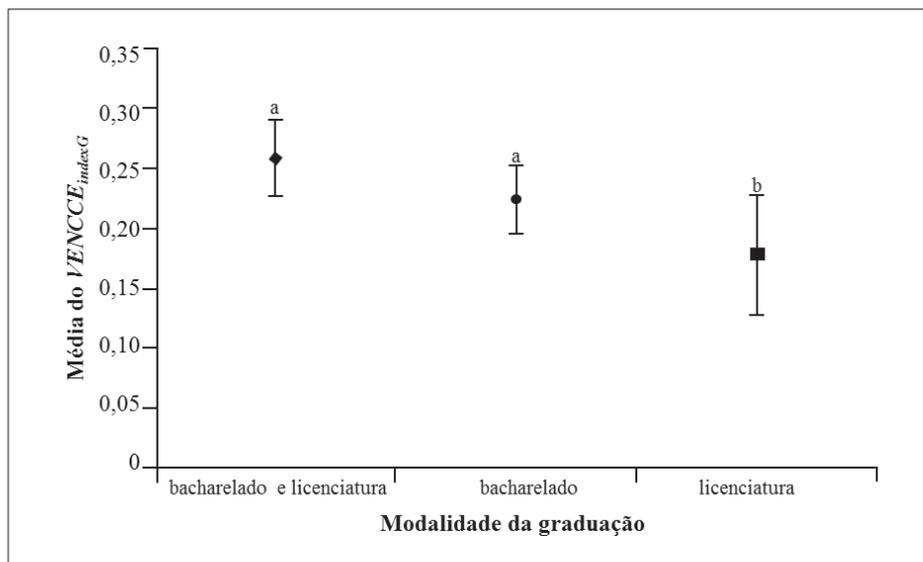


Figura 2. Média do $VENCCE_{indexG}$ conforme a modalidade da graduação. Os estudantes que cursam apenas a modalidade licenciatura tiveram uma média menor em comparação com os outros dois grupos. São mostradas as médias e os desvios. Letras diferentes indicam que as médias são significativamente diferentes ($p < 0,05$), conforme o teste *post hoc* de Dunn.

A terceira comparação foi entre os valores do $VENCCE_{indexG}$ dos alunos que declararam ter entrado em contato com até três temas metacientíficos em disciplinas da graduação (20%) e os que declararam ter tido contato com mais de quatro (80%). Identificamos que o contato com esses temas possivelmente também não é um fator que interfere nas concepções de NdC dos alunos ($U=57,89$ e $p=0,09$). Tal resultado pode indicar que talvez o tipo de abordagem (explícita, reflexiva e contextualizada, em detrimento de enunciações ou listas com caráter memorístico e distante dos estudantes, por exemplo) usada para trabalhar temas relacionados à epistemologia da ciência tenha uma relevância maior para o desenvolvimento de concepções de NdC bem informadas, conforme já bem estabelecido na literatura. Tal perspectiva dos resultados é coerente quando analisamos conjuntamente os dados relativos ao momento da formação e à modalidade da graduação.

Os trabalhos que investigam melhorias nas concepções de NdC de um grupo costumam comparar a eficiência de disciplinas ou de intervenções explícitas sobre a NdC (e.g. ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000b; AKERSON *et al.*, 2000; TEIXEIRA *et al.*, 2001; EL-HANI *et al.*, 2004; AKERSON *et al.*, 2006). De fato, alguns estudos identificaram um amadurecimento das concepções de NdC logo após uma abordagem explícita de NdC (e.g. LEDERMAN, 1999; AKERSON *et al.*, 2000; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000a). Entretanto, grande parte dos estudos avaliam as concepções de NdC imediatamente após as intervenções com os estudantes e os trabalhos que fazem um levantamento de concepções de NdC após um longo prazo para avaliar se os alunos tiveram um amadurecimento das concepções de forma efetiva ainda são escassos. Em geral, as disciplinas que abordam temas metacientíficos ocorrem no começo do curso, mas é possível que o aluno tenha tido contato com esses temas em outras disciplinas. Não temos informações sobre quando os estudantes tiveram contato com os temas metacientíficos que incluímos no questionário, dessa forma, o diálogo dos nossos resultados com outros estudos que avaliam o papel de intervenções e disciplinas ficou restrito.

Ainda quanto às disciplinas e para tentar compreender melhor as diferenças observadas entre as modalidades da graduação do ponto de vista da presença de NdC no currículo, procedemos com uma investigação exploratória inicial pelas ementas de disciplinas disponíveis *online* e presentes nas matrizes curriculares dos cursos de bacharelado e licenciatura em Biologia das 14 universidades participantes do nosso levantamento. Identificamos a menção à NdC em disciplinas de cinco universidades. Apesar da referência à NdC ser um indício do acesso do aluno à temática, essa é uma suposição circunstancial, não sendo possível atrelar a presença dos respondentes à essas disciplinas, nem inferir sobre o tipo de abordagem (explícita ou implícita) predominante nessas disciplinas. A abordagem presente nas disciplinas é um fator, dos elementos formativos associados às concepções de NdC, que precisa ser investigado e discutido com profundidade em trabalhos futuros.

O papel da IC nas concepções de NdC foi avaliado na quarta comparação, feita entre os valores do $VENCCE_{index}$ dos alunos que declararam ter participado de uma IC (34%) e dos que declararam não ter participado (66%). As análises indicam que possivelmente a IC também não tem influência para as concepções de NdC dos alunos ($U=64,86$ e $p=0,12$). O trabalho de Tavares (2006), que avaliou o papel da IC (considerando apenas alunos bolsistas) entre licenciandos de Biologia no Brasil, também não encontrou diferenças entre os alunos que participaram de IC e os demais. O trabalho de David Moss (2001), que acompanhou estudantes pré universitários ao longo de um ano e investigou diferentes aspectos de NdC, mostrou que mesmo os estudantes que se engajaram ativamente em atividades relacionadas com o *fazer ciência* tiveram as suas concepções de NdC inalteradas ao longo do ano. Com esse conjunto de resultados é possível inferir que o *fazer ciência* também precisa estar dotado de sentido para os estudantes. Apenas seguir protocolos para investigações científicas pode não ser suficiente para desenvolver um senso crítico fundamental para a prática científica e amadurecer as concepções de NdC. Entretanto, investigações mais detalhadas acerca das particularidades das atividades relacionadas à IC ainda são necessárias.

Analisados em conjunto, os quatro aspectos investigados revelam características importantes da formação do biólogo e do professor de Biologia. O ensino de ciências em geral está baseado em aulas expositivas focadas na apresentação e memorização de conceitos (CARVALHO, 2006; CAPECCHI, 2014). Infelizmente tal prática também é recorrente no ensino superior, no qual a formação conceitual tem um peso maior do que o desenvolvimento de habilidades profissionais (WALDROP, 2015), o que talvez explique o fato de as concepções de NdC mudarem de forma inexpressiva ao longo da graduação ou após o contato com temas metacientíficos em disciplinas. Seria esperado que o contato com temas relacionados à História e Filosofia da Ciência, práticas e métodos científicos, NdC e pensamento crítico pudesse exercer alguma influência sobre as concepções de NdC, o que não registramos em nossas análises. Possivelmente porque, mesmo que o aluno tenha uma formalização via disciplinas específicas de epistemologia da ciência, isso ocorre em geral apenas de forma expositiva (TALA; VESTERINEN, 2015) e a reflexão constante sobre a NdC acaba não sendo uma tônica dos cursos de Biologia.

Cabe refletir, por exemplo, em quantas disciplinas o aluno experimenta e/ou reflete sobre o *façer ciência*, contemplando as várias etapas desse processo. São raras, por exemplo, as situações ao longo da formação em que o estudante é estimulado a desenvolver projetos científicos e a produzir textos científicos, dialogando com seus colegas (seus pares) posteriormente, tendo a possibilidade de acessar os processos de produção e validação do conhecimento científico. Em disciplinas de caráter estritamente conceitual, raramente os conteúdos são trabalhados à luz da NdC, dissipando, assim, a possibilidade de abarcar as características históricas, psicossociais, sociológicas e filosóficas que são intrínsecas à produção do conhecimento relativo a um conceito. Se o aluno é exposto apenas a conceitos prontos, ele dificilmente poderá compreender de forma plena como o conhecimento é produzido.

Gil-Pérez e colaboradores (2001) afirmam que, embora fosse esperado que no ambiente universitário houvesse uma compreensão mais madura da ciência, por conta da formação científica dos pesquisadores, ela raramente ocorre. Com os nossos dados, temos indícios para supor que, se a prática científica e a reflexão sobre ela não estiverem presentes ao longo das disciplinas que compõem um curso de graduação, o estudante dificilmente terá elementos para desenvolver concepções de NdC mais bem informadas e repensar a sua atuação enquanto professor e/ou cientista. Quanto a isso, Moss (2001) aponta que, apesar da abordagem explícita sobre a NdC ser importante, engajar os alunos nos processos de produção de conhecimento científico e acompanhá-los via discussões pode ser efetivo para, inclusive, não reforçar uma visão ingênua da ciência.

Avaliação da compreensão dos diferentes aspectos da natureza da ciência

A comparação entre os valores do $VENCCE_{indexTE}$ mostrou que há diferenças na compreensão dos vários aspectos de NdC ($F=235,32$ e $p=0,01$). Os temas epistemológicos *H* (Instrumentação e práticas experimentais) e *J* (Natureza das teorias científicas) foram os que apresentaram os menores valores

do $VENCCE_{indexTE}$ e mais se distanciaram negativamente do $\overline{VENCCE}_{indexG}$. Os temas C (História e Criatividade) e D (Contexto humano e cultura), foram os que apresentaram os maiores valores do $VENCCE_{indexTE}$ e mais se distanciaram positivamente do $\overline{VENCCE}_{indexG}$ (Figura3).

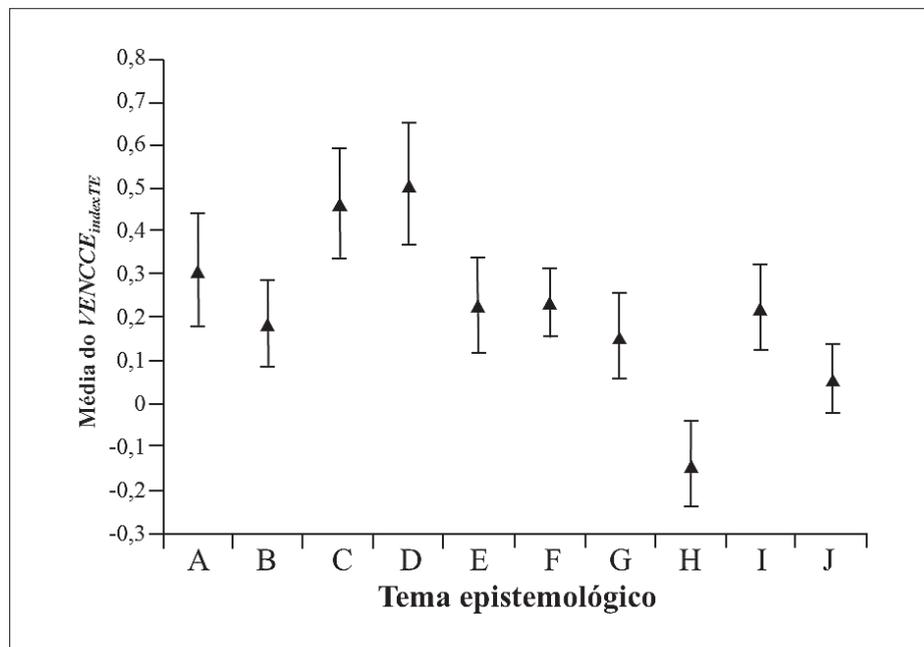


Figura 3. Média do $VENCCE_{indexTE}$, considerando todos os estudantes. São mostradas as médias e os desvios. Relação dos temas: (A) Observação e raciocínio, (B) Métodos de Investigação, (C) História e Criatividade, (D) Contexto Humano e Cultura, (E) Interação entre os cientistas, (F) Processos cognitivos, (G) Economia e financiamento, (H) Instrumentação e práticas experimentais, (I) Transmissão do conhecimento, (J) Características das teorias científicas.

A visão pouco informada dos estudantes dos aspectos relativos à instrumentação e às práticas experimentais é um ponto crítico identificado neste trabalho. Quando o aluno não reconhece as práticas experimentais que estão além da visão de um método científico unificado para toda a ciência (aspecto amplamente explorado pelo $VENCCE$), fica difícil reconhecer que ele compreende outros aspectos de NdC, como por exemplo os relacionados com a busca por evidências ou com o uso da observação e do raciocínio.

As afirmações do $VENCCE$ que investigam os aspectos das práticas científicas procuram explorar métodos que fogem do falso mito de ciência puramente experimental. Muitas afirmações do instrumento de pesquisa incorporam o reconhecimento de práticas como a amostragem e a descrição (relevantes para várias das Ciências Biológicas, como a Ecologia) como aspectos importantes de concepções de NdC consideradas bem informadas, justamente por evidenciarem que não há um método científico único, como mostram as afirmações exemplificadas no Quadro 1. Essas práticas, assim como as experimentais, também estão baseadas na sistematização e na busca por evidências, daí o questionamento quanto à real

compreensão dos estudantes sobre o que significa afirmar que *a ciência está baseada em evidências* (afirmação presente em diferentes contextos do *VENCCCE*). Desse modo, o valor negativo do $VENCCCE_{index:TE}$ do tema *H* indica uma visão pouco informada dos vários métodos da ciência e, principalmente, uma dificuldade para interpretar e reconhecer práticas científicas. Uma possível explicação para esse resultado é o fato de que muitos estudantes tendem a memorizar certos aspectos de NdC e não refletem sobre eles (ALLCHIN, 2011; SALTER; ATKINS, 2013). De igual modo, a ausência de reflexão sobre o *façer científico* vai ao encontro dos outros resultados inesperados que trouxemos, como o papel da IC ou o contato com temas metacientíficos. Tal suposição parece viável, especialmente quando consideramos que a maior parte dos estudantes deste estudo (80%) declararam ter tido contato com vários temas metacientíficos em disciplinas da graduação.

A visão pouco informada dos respondentes relacionada ao tema *J* (Natureza das teorias científicas) é condizente com resultados de estudos que relataram as dificuldades dos estudantes em definir uma teoria (e.g. LEDERMAN, 2001; AKERSON *et al.*, 2006; BELL *et al.*, 2011). O tema é recorrente nos questionários que investigam concepções de NdC e em geral vem acompanhado dos aspectos relacionados às leis científicas, com o propósito de estabelecer as diferenças entre leis e teorias. Essa distinção não está presente no *VENCCCE*, pois embora seja um tema de interesse para filósofos da ciência e até mesmo para muitos pesquisadores em ensino de ciências, há ainda certa imprecisão sobre a definição de leis e teorias entre os cientistas (WONG; HODSON, 2009). Ainda sobre essa distinção, cabe ressaltar que a mera distinção entre leis e teorias, no contexto das Ciências Biológicas, pode ser problemática para que uma visão de NdC seja considerada mais ou menos informada. Sobretudo porque essa diferenciação pode ser resultante de um processo mecânico de aprendizagem memorística e não dotada de sentido para o estudante. Dada essa preocupação, os aspectos relacionados às leis e teorias e que estão presentes no *VENCCCE* buscam investigar as concepções relacionadas ao papel que elas desempenham na organização do conhecimento, diante do contexto das atividades dos cientistas. O baixo $VENCCCE_{index:TE}$ do tema *J* pode indicar a dificuldade do aluno em reconhecer que as teorias são dependentes da criatividade e da imaginação e que os termos *teoria* e *hipótese* não são equivalentes para a ciência. Muitos estudantes possuem a concepção de que as teorias científicas não são relevantes, pois são *apenas teorias*, esse resultado tem sido relatado em outros estudos e em diferentes níveis de ensino (e.g. DUVEEN *et al.*, 1993; LEDERMAN, 2001; BELL *et al.*, 2011). No contexto do nosso instrumento, entendemos que a dificuldade relacionada a esse aspecto revela, inclusive, uma resistência para reconhecer que o conhecimento científico é temporário e que as teorias estão presentes em diferentes etapas do trabalho científico.

Alguns aspectos de NdC não apresentaram diferença estatística entre as modalidades (bacharelado, licenciatura e bacharelado+licenciatura), como é o caso dos temas *A*, *B*, *E*, *H* e *I* (Figura 4). Entretanto, outros temas tiveram valores do $VENCCCE_{index:TE}$ discrepantes entre as modalidades, como é o caso dos temas *C*, *D*, *F*, *G* e *J*, nos quais a licenciatura apresentou um $VENCCCE_{index:TE}$ mais baixo do que os demais grupos. A investigação desses aspectos de forma separada é relevante, pois permite avaliar se os estudantes possuem uma visão fragmentada de NdC, o que de fato ocorreu.

A presença de concepções de NdC pouco informadas entre professores em formação tem sido relatada em diversos trabalhos na literatura (e.g. LEDERMAN, 1992, 1999; LAKINS; WELLINGTON, 1994; LEDERMAN *et al.*, 2001; JONES; CARTER, 2008; BELL *et al.*, 2011), entretanto, raramente o mapeamento dos aspectos de NdC que possuem um entendimento deficiente é detalhado. Indicar essas diferenças é pertinente por possibilitar diagnosticar pontos de confusão entre os licenciandos, a fim de viabilizar alternativas futuras para remediá-los de forma pontual e efetiva.

Entre os estudantes da licenciatura, muitos dos aspectos de NdC associados a um $VENCCE_{index}$ característico de uma visão tida como pouco informada estão associados ao reconhecimento de que a ciência é uma atividade humana (temas C, D e G). A dificuldade em reconhecer essa característica da ciência também elucida a dificuldade encontrada nos aspectos que dizem respeito à produção do conhecimento (temas H e J). Se o aluno não é capaz de reconhecer que a ciência é uma produção humana, dificilmente poderá compreender o caráter transitório do conhecimento científico (explorado no tema J, por exemplo) ou a sua dependência do contexto social, político e econômico (temas D e G). O baixo $VENCCE_{indexTE}$ desses temas revela ainda a dificuldade em reconhecer a ciência como um processo dinâmico e coletivo.

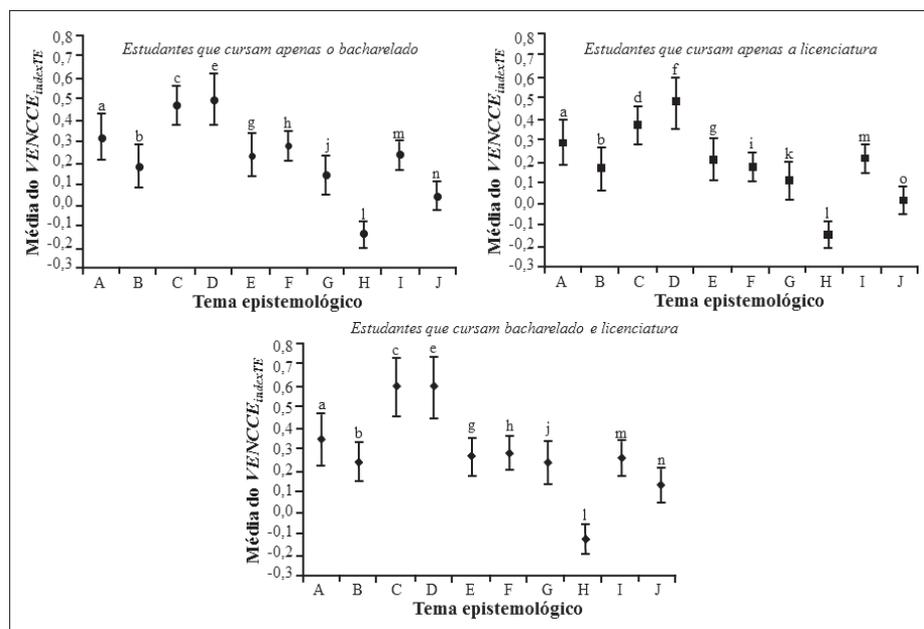


Figura 4. Média do $VENCCE_{indexTE}$ conforme a modalidade da graduação. São mostradas as médias e os desvios. Note que, nos três gráficos, as letras minúsculas acima das retas não são correspondentes às letras maiúsculas dos eixos. Letras minúsculas diferentes indicam que as médias são significativamente diferentes entre as modalidades da graduação ($p < 0,05$), conforme o teste *post hoc* de Turkey. Os temas A, B, E, H e I não apresentaram diferença estatística. Nos temas C, D, F, G e J a licenciatura apresentou $VENCCE_{indexTE}$ menor. Relação dos temas: (A) Observação e raciocínio, (B) Métodos de Investigação, (C) História e Criatividade, (D) Contexto Humano e Cultura, (E) Interação entre os cientistas, (F) Processos cognitivos, (G) Economia e financiamento, (H) Instrumentação e práticas experimentais, (I) Transmissão do conhecimento, (J) Características das teorias científicas.

Nossos resultados permitem compreender as dificuldades comumente encontradas ao trabalhar aspectos de NdC na educação básica, pois mesmo em cursos cujas práticas científicas são diversas e habituais, há uma dificuldade de reconhecer os aspectos sociais e abstratos da ciência. O fato de registrarmos valores mais altos para o $VENCCE_{indexTE}$ entre os alunos do bacharelado justamente nesses temas indica que algumas práticas presentes nessa modalidade da graduação podem contribuir para uma visão menos distante de certos aspectos relacionados à prática e à produção do conhecimento.

A variação que encontramos para os valores do $VENCCE_{indexTE}$ é consistente com resultados relatados em outros trabalhos. Por exemplo, para Schommer-Aikins e colaboradores (2003) e Liu e Tsai (2008) é possível que os alunos apresentem pontos de vista diferentes a respeito da NdC conforme o aspecto investigado, tendo visões empiristas (reconhecendo o papel das evidências na ciência, mas possuindo uma visão positivista dela) para certos aspectos, mas reconhecendo a natureza colaborativa da ciência em outros. Deng, Chen, Tsai and Chai (2011) também identificaram que um mesmo estudante pode ter uma visão tanto construtivista da ciência quanto empirista. Para eles, isso ocorre, por exemplo, quando ele reconhece a natureza tentativa da ciência e os seus processos colaborativos, sendo, por isso, difícil afirmar que os estudantes possuem uma visão exclusivamente ingênua ou madura como um todo.

Algumas das possíveis implicações das concepções dos estudantes

O baixo $VENCCE_{indexG}$ para as três modalidades e a distância dele de uma concepção considerada bem informada é preocupante. Com as respostas dos alunos à pergunta *O que você pretende fazer após a graduação* (Tabela 3) é possível ter uma dimensão das possíveis implicações dos valores do $VENCCE_{indexG}$ e do $VENCCE_{indexTE}$ para a atuação profissional desse grupo. Embora uma quantidade expressiva dos alunos ainda não tenha planos de carreira (23%), cerca de 62% dos alunos pretendem seguir carreira científica ou técnica ou dar aula na educação básica. Tal dado reforça a importância de levantamentos de concepções de NdC para esse público, bem como a necessidade de repensar estratégias que contribuam para o desenvolvimento de concepções de NdC mais bem informadas.

Tabela 3 – Respostas dos alunos à pergunta *O que você pretende fazer quando terminar o seu curso?*

<i>Opção do questionário</i>	<i>Quantidade de respostas</i>
Seguir carreira acadêmica	35%
Seguir carreira técnica	27%
Dar aula na educação básica	10%
Cursar outra faculdade	4%
Seguir outra carreira	1%
Não sei ainda	23%

Considerando que um dos objetivos do ensino de ciências é capacitar os indivíduos para a tomada de decisão (VANNUCCHI, 1996; SANDOVAL, 2005; PRAIA, 2007), as concepções de NdC pouco informadas entre professores em formação e a consequente falta de elementos que possuem para trabalhar os aspectos de NdC poderão ter um reflexo nas práticas adotadas em sala de aula (BRICKHOUSE, 1990; LEDERMAN, 1992; RUBBA; HARKNESS, 1993; KEYS; BRYAN, 2001). O desafio é ainda maior quando consideramos a ausência de materiais que abordam aspectos de NdC de forma adequada (LEDERMAN, 1992), exigindo do professor não apenas clareza dos aspectos de NdC que pretende trabalhar, mas principalmente criticidade para escolha de materiais e para um bom planejamento de atividades em sala de aula. Cabe ressaltar, porém, que ainda não há um consenso na literatura sobre o quanto as concepções de NdC de professores podem influenciar nas concepções de NdC dos seus alunos ou em suas práticas de sala de aula (LEDERMAN, 1999; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000a; ACEVEDO-DÍAZ, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um amplo debate na literatura acerca dos formatos dos questionários usados para o levantamento de concepções de NdC, contemplando ponderações sobre a natureza e abrangência dos seus itens e sobre o tipo de resultado que eles permitem obter (e.g. ABD-EL-KHALICK, 2014). Alguns autores consideram que as concepções de NdC de estudantes devam ser amostradas via entrevistas e/ou questionários abertos (e.g. LEDERMAN *et al.*, 2002), por reduzirem problemas de interpretação associados às diferenças entre as visões dos pesquisadores e dos respondentes. Entretanto, a coleta de dados baseada na aplicação de questionários permite um menor esforço dos participantes durante o preenchimento, em comparação com questionários abertos, e possibilita aplicações para amostras mais amplas, além de potencialmente ampliar o poder estatístico em análises e testes de hipóteses, devido à maior possibilidade de generalização (AZEVEDO; SCARPA, 2017a). Questionários compostos por questões fechadas, como é o caso dos itens do *VENCCE* analisados no presente trabalho, permitem também incluir um maior número de itens, possibilitando tanto o pareamento de itens (para reduzir erros de análises, por exemplo) quanto a inclusão de mais aspectos a serem analisados. Assim, apesar das limitações metodológicas associadas ao uso de questionários, existe um ganho significativo em termos de amostragem e que representa um passo inicial para revelar padrões e fornecer indícios de onde esforços de pesquisa e de melhorias de abordagem em sala de aula ainda podem ser necessários. Por conta do tamanho e da distribuição geográfica da nossa amostragem, foi possível identificar onde diligências adicionais ainda são relevantes.

Pretendíamos trazer um panorama mais amplo das concepções dos graduandos de Ciências Biológicas no contexto brasileiro e, embora tenhamos apresentado alguns indícios explicativos para as concepções de NdC que encontramos, ponderamos que trabalhos futuros que analisem o papel de diferentes fatores de forma conjunta (via triangulação de dados, modelagem ou inferência estatística, por exemplo), ainda são necessários para conclusões mais contundentes. A investigação

aprofundada de outros fatores que podem estar associados às concepções de NdC desse público, bem como avaliações da eficiência de abordagens para melhorar essas concepções, ainda são requeridas no contexto do ensino superior brasileiro de Ciências Biológicas. Essa ponderação ganha maior relevância quando consideramos os baixos índices relacionados às práticas experimentais, apontando para uma visão equivocada sobre a experimentação no processo de produção do conhecimento científico, ainda que seja consensual entre professores e estudantes a importância das práticas experimentais nas Ciências e no Ensino de Ciências.

A formação de professores é um processo multifacetado, o qual resulta da interlocução de diferentes saberes, como os saberes das Ciências, do Ensino de Ciências, da Psicologia, da Sociologia, da Filosofia, da História e de questões educacionais mais amplas. Assim, é possível que outros tantos fatores não analisados por nós possam explicar os resultados aqui expostos. Apesar disso, tomados em conjunto, nossos dados indicam a necessidade de reavaliar a abordagem de ensino presente nos cursos de Ciências Biológicas, no que tange à visão de ciência vigente entre docentes e estudantes. No contexto universitário há uma carência de discussões explícitas e contextualizadas acerca dos aspectos relativos à produção do conhecimento científico, bem como de práticas que priorizem a construção social do conhecimento e voltadas, por exemplo, para a elucidação da influência da sociedade no empreendimento científico, para as formas de produção do conhecimento e para a correlação entre esses aspectos. Uma abordagem que incorpore aspectos de NdC de forma explícita e reflexiva ao longo de todo o currículo, e não apenas em disciplinas consideradas metacientíficas, pode contribuir para o amadurecimento das concepções de NdC e para alcançar um posicionamento crítico e ético perante a ciência esperado tanto de cientistas quanto de professores de ciências.

AGRADECIMENTOS

À *Coordenação de Apoio de Pessoal de Nível Superior (CAPES)* pelo auxílio financeiro durante o mestrado da primeira autora; aos docentes da USP e ao nosso grupo de pesquisa (*Laboratório de Pesquisa em Ensino de Biologia por Investigação – BioIn*), por contribuírem durante a etapa de validação do instrumento de pesquisa; aos vários professores e estudantes que contribuíram com a coleta de dados; à Prof^a Dr^a Camila de Toledo Castanho e à Prof^a Dr^a Rosana Louro Silva pelas contribuições nas fases iniciais do presente trabalho e aos pareceristas da *Ensaio*, pelas cuidadosas sugestões.

REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F. Examining the sources for our understandings about science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 3, p. 353-374, 2012.
- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000a.
- ABD-EL-KHALICK, F. The Evolving Landscape Related to Assessment of Nature of Science. In

- ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (org.), **Handbook of research on science education**, v. II, p. 621-650. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. 2014.
- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000b.
- ACEVEDO-DÍAZ, J. A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. **Eureka**, v. 1, n. 1, p. 3-16, 2005.
- ACEVEDO-DÍAZ, J. A. El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. **Eureka Enseñanza Divulgación Científica**, v. 5, n. 2, p. 134-169, 2008.
- ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; ACEVEDO-ROMERO, P. Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación secundaria. **Revista Iberoamericana de Educação**. In: <http://www.rioei.org/deloslectores/244Azevedo.PDF>, 2002.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. **Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales**. Buenos Aires: Fondo Cultural Económico, S.A. 2005.
- AKERSON, V. L.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 4, p. 295-317, 2000.
- AKERSON, V. L.; MORRISON, J. A.; MCDUFFIE, A. R. One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, n. 2, p. 194-213, 2006.
- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science Education**, v. 95, p. 918-942, 2011.
- ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. Saint Paul, USA: SHiPS Education Press. 2013.
- AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de natureza da ciência no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017a.
- AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Decisões envolvidas na elaboração e validação de um questionário contextualizado sobre concepções de natureza da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 57-82, 2017b.
- BAYIR, E.; CAKICI, Y.; ERTAS, O. Exploring Natural and Social Scientists' Views of Nature of Science. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 8, p. 1286 – 1312, 2014.
- BELL, R.; MATKINS, J.; GANSNEDER, B. Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 4, p. 413 – 436, 2011.
- BRICKHOUSE, N. W. Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. **Journal of Teacher Education**, v. 41, n. 3, p. 53-62, 1990.
- CAPECCHI, M. C. V. M. Problematização no ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em sala de aula**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 21-39, 2014.
- CARVALHO, A. M. P. de. Critérios estruturantes para o ensino das Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 1-17, 2006.
- CLOUGH, M. P. Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective nature of science instruction. **Science & Education**, v. 15, n. 5, p. 463- 494, 2006.

- CRONBACH, J. L. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, v. 16, n. 3, p. 297-334, 1951.
- CRONBACH, J. L. My current t procedures. **Educational and Psychological Measurement**, v. 64, n. 3, p. 391- 418, 2004.
- DELAMONT, S.; ATKINSON, P. Doctoring uncertainty: Mastering craft knowledge. **Social Studies of Science**, v. 31, n. 1, p. 87–107, 2001.
- DENG, F.; CHEN, D. T.; TSAI, C. C.; CHAI, C. S. Students' views of the nature of science: a critical review of research. **Science Education**, v. 95, n. 6, p. 961–999, 2011.
- DOGAN, N.; ABD-EL-KHALICK, F. Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: a national study. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 45, n. 10, p. 1083–1112, 2008.
- DUVEEN, J.; SCOTT, L.; SOLOMON, J. Pupils' understanding of science: Description of experiments or “a passion to explain”? **School Science Review**, v. 75, n. 271, p. 19 – 27. 1993.
- EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.
- FELDMAN, A.; DIVOLL, K.; ROGAN-KLYVE, A. Research education of new scientists: Implications for science teacher education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 4, p. 442–459, 2009.
- FELDMAN, A., DIVOLL, K. A.; ROGAN-KLYVE, A. Becoming researchers: The participation of undergraduate and graduate students in scientific research groups. **Science Education**, v. 97, p. 218–243, 2013.
- GIL-PÉREZ, D.; MONTORO I. F.; ALIS J. C.; CACHAPUZ A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Revista Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- HARDING, P.; HARE, W. Portraying science accurately in classrooms: Emphasizing open-mindedness rather than relativism. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 3, p. 225–235, 2000.
- IRZIK, G.; NOLA, R.A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science & Education**, v. 20, n. 7, p. 591-607, 2011.
- JEHNG, J. C.; JOHNSON, S. D.; ANDERSON, R. C. Schooling and students' epistemological beliefs and learning. **Contemporary Educational Psychology**, v. 18, n. 1, p. 23–35, 1993.
- JONES, M.; CARTER, G. Science teacher attitudes and beliefs. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (ed.), **Handbook of research on science education**. New York: Routledge, p. 1067–1104, 2008.
- KANG, S.; SCHARMANN, L. C.; NOH, T. Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. **Science Education**, v. 89, p. 314–334, 2005.
- KANJI, G. K. **100 Statistical Tests**, 3ª ed. Sage Publications. 2006.
- KAWASAKI, K. The concepts of science in Japanese and Western education. **Science & Education**, v. 5, n. 1, p. 1–20, 1996.
- KEYS, C. W.; BRYAN, L. A. Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 6, p. 631-645, 2001.
- KLINE, R. B. **Principles and Practice of Structural Equation Modeling**. (2ª ed.). New York, London: The Guilford Press, 2005.
- LAKIN, S.; WELLINGTON, J. Who will teach the “Nature of Science”? Teachers' view of science and their implications for science education. **International Journal of Science Education**, v. 16, n. 2, p. 175-190, 1994.

- LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.
- LEDERMAN, N. G. Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 8, p. 916-929, 1999.
- LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (ed.). **Handbook of research on science education**, p. 831879, 2007.
- LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.
- LEDERMAN, N. G.; SCHWARTZ, R. S.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L. Pre-service Teachers' Understanding and Teaching of Nature of Science: An Intervention Study. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 1, n. 2, p. 135-160, 2001.
- LIU, S. Y.; TSAI, C. C. Differences in the scientific epistemological views of undergraduate students. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 8, p. 1055-1073, 2008.
- MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A. A. Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 20, p. 15-27, 2001.
- MANGIAFICO, S. S. 2015. **An R Companion for the Handbook of Biological Statistics**, version 1.09. [rcompanion.org/rcompanion/\(Pdf version: rcompanion.org/documents/RCompanionBioStatistics.pdf\)](http://rcompanion.org/rcompanion/(Pdf%20version%3A%20rcompanion.org/documents/RCompanionBioStatistics.pdf))
- MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.
- MATTHEWS, M. R. Changing the focus: from nature of science to features of science. In: KHINE, M. S. (ed.). **Advances in nature of science research** (p.03-26). Dordrecht: Springer, 2012.
- MAYR, E. **What makes biology unique? Considerations on the autonomy of a scientific discipline**. Cambridge: Cambridge University Press. 2004.
- MCCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The role and character of the nature of science in science education. In MCCOMAS, W. F. (ed.). **The nature of science in science education: rationales and strategies**, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 3-39, 2002.
- MCCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In MCCOMAS, W. F. (ed.). **The nature of science in science education: rationales and strategies**, Kluwer Academic Publishers: The Netherlands, p. 41-52, 1998.
- MOSS, D. M. Examining student conceptions of the nature of science. **International Journal of Science Education**, v. 1, n. 8, p. 771-790, 2001.
- PARASKEVOPOULOU, E.; KOLIOPOULOS, D. Teaching the Nature of Science through the Millikan-Ehrenhaft dispute. **Science & Education**, v. 20, n. 10, p. 943- 960, 2011.
- PARK, H.; NIELSEN, W.; WOODRUFF, E. Students' conceptions of the nature of science: Perspectives from Canadian and Korean middle school students. **Science & Education**, v. 23, p. 1169-1196, 2014.
- PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. G. **Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS**. 3ª ed. Lisboa: Silabo. 2003.
- PETRUCCI, D.; DIBAR URE, M. C. Imagen de la Ciencia en alumnos universitarios: una revisión y resultados. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 19, p. 217-229, 2001.
- POMEROY, D. Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. **Science Education**, v. 77, n. 3, p. 261-278, 1993.

- PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O Papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.
- R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. Recuperado de :<http://www.R-project.org/>.
- ROSENBERG, A. Biology. In PSILLOS, S., CURD, M. (org.). **The Routledge companion to philosophy of science**. p. 511–519. London: Routledge. 2008.
- RUBBA, P. R.; HARKNESS, W. L. Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. **Science Education**, v. 77, n. 4, p. 407-431, 1993.
- SALTER, I. Y.; ATKINS, L. J. What Students Say Versus What They Do Regarding Scientific Inquiry. **Science Education**, v. 98, n. 1, p. 1-35, 2015.
- SANDOVAL, W. A. Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. **Science Education**, v. 89, n. 4, p. 634-656, 2005.
- SCHOMMER-AIKINS, M.; DUELL, O. K.; BARKER, S. Epistemological beliefs across domains using Biglan's classification of academic disciplines. **Research in Higher Education**, v. 44, n. 3, p. 347–366, 2003.
- SCHWARTZ, R.; LEDERMAN, N. What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 6, p. 727–771, 2008.
- SHAPIRO, B. A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: Learning about the “face of science that does not yet know”. **Science Education**, v. 80, n. 5, p. 535–560, 1996.
- TALA, S.; VESTERINEN, V. M. Nature of Science Contextualized: Studying Nature of Science with Scientists. **Science & Education**, v. 24, p. 435-457, 2015.
- TAVARES, E. J. M. **Evolução das Concepções de Alunos de Ciências Biológicas da UFBA Sobre a Natureza da Ciência**: Influências da Iniciação Científica, das Disciplinas de Conteúdo Específico e de Uma Disciplina de História e Filosofia das Ciências. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador, 2006.
- TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; FREIRE JR, O. F. Concepções de estudantes de Física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, p. 111-123, 2001.
- TEIXEIRA, E.; FREIRE, O.; EL-HANI, C. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, v. 5, n. 3, p. 529-556, 2009.
- TOSUN, T. The impact of prior science course experience and achievement on the science teaching self-efficacy of preservice elementary teachers. **Journal of Elementary Science Education**, v. 12, n. 2, p. 21–31, 2000.
- VANNUCCHI, A. I. **História e filosofia da ciência: Da teoria para a sala de aula**. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de São Paulo: São Paulo, 1996.
- WALDROP, M. M. Why we are teaching science wrong, and how to make it right. **Nature**, v. 523, p. 272-274, 2015.
- WIETHAEUPER, D.; BALBINOTTI, M. A. A.; PELISOLI, C.; BARBOSA, M. L. Estudos da Consistência Interna e Fatorial Confirmatório da Escala Toronto de Alexitimia-20 (ETA-20). **Revista Interamericana de Psicologia/Interamerican Journal of Psychology**. v. 39, n. 2 p. 221-230, 2005.
- WONG, S. L.; HODSON, D. From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. **Science Education**, v. 93, p. 109–130, 2009.

NOTAS

¹ Um panorama mais detalhado acerca dessa temática pode ser acessado na revisão sistemática de Azevedo e Scarpa (2017a).

² Na literatura, é comum o uso dos termos *ingênuo* e *maduro* para fazer referência às concepções de NdC dos indivíduos. Embora não concordemos com a terminologia, por acreditarmos que ela carrega um juízo de valor, optamos por manter os termos em alguns pontos do texto, por fidelidade aos trabalhos citados.

³ No presente trabalho, ao nos referir às concepções de NdC, optamos pela terminologia *bem informada* e *pouco informada*, em oposição à *madura* e *ingênua*.

⁴ Explicações detalhadas sobre o instrumento *VENCCE*, incluindo suas dimensões epistemológicas, implicações de formato, validação e análises, bem como todas as suas situações e afirmações na íntegra, podem ser consultadas em Azevedo e Scarpa (2017b).

Submetido em 22/10/2016

Aprovado em 12/10/2017

Contato:

Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia Geral

Rua do Matão, 321 - Travessa 14, n.101, Sala 254

Cidade Universitária

CEP 05508-090 - São Paulo, SP - Brasil

URL da Homepage: <<http://ecologia.ib.usp.br/bioin>>