



DECISÕES ENVOLVIDAS NA ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM QUESTIONÁRIO CONTEXTUALIZADO SOBRE CONCEPÇÕES DE NATUREZA DA CIÊNCIA

Decisions involved in the development and validation of a contextualized questionnaire about nature of science views

Nathália Helena Azevedo [helena.nathalia@usp.br]

*Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo*

Rua do Matão, trav. 14, n. 101, Cidade Universitária - São Paulo, Brasil

Daniela Lopes Scarpa [dlscarpa@usp.br]

*Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo*

Rua do Matão, trav. 14, n. 101, Cidade Universitária - São Paulo, Brasil

Resumo

Dada a importância que as concepções de Natureza da Ciência (NdC) têm recebido nas pesquisas da área de Ensino de Ciências, relatamos o processo de elaboração de um instrumento para investigar as concepções de NdC de estudantes de Biologia. Propomos orientações e princípios que podem contribuir em pesquisas que objetivam levantar concepções de NdC. O questionário *Visões de Estudantes sobre a Natureza da Ciência por meio da Contextualização em Ecologia (VENCCE)* é composto por cinco situações contextualizadas que têm a Ecologia como tema e modelo de estudo para a compreensão das concepções de NdC. Cada situação é acompanhada de afirmações a serem assinaladas conforme o grau de concordância do respondente. O VENCCE fornece um índice que indica o quão informada é a visão de ciência dos respondentes. A confiabilidade do VENCCE foi considerada adequada conforme o Alfa de Cronbach estimado após uma aplicação com 691 estudantes de graduação. Apresentamos aqui o VENCCE na íntegra e discutimos as implicações de utilizar questionários contextualizados. Procuramos ainda justificar nossas decisões epistemológicas e metodológicas a fim de fomentar a reflexão e auxiliar na tomada de decisão de outros trabalhos. Ao expor nossas decisões de pesquisa procuramos generalizá-las para que a metodologia empregada por nós possa ser expandida e replicada durante a elaboração de outros instrumentos de pesquisa em geral. Organizamos nosso percurso na forma de um diagrama de perguntas, que podem ser consideradas para a criação de novos questionários de forma explícita e crítica.

Palavras-Chave: Alfa de Cronbach; concepções; elaboração de questionário; natureza da ciência; práticas metodológicas.

Abstract

Due to the importance that Nature of Science (NOS) has received in science teaching research, we reported on the procedures employed during the elaboration of a contextualized instrument that uses Ecology as a model for investigating NOS views among Biological Science undergraduates. We proposed orientation and principles that can contribute towards appropriate research procedures. The VENCCE (Students' Views of the Nature of Science by way of Contextualization in Ecology, originated from the acronym in Portuguese) consists of five contextualized situations that have Ecology as theme and study model for understanding the NOS conceptions. Each situation is accompanied by statements to be marked according to respondents' agreement degree. The VENCCE enables the calculation of an index that indicates how well informed are the respondents' NOS conceptions. The reliability of VENCCE was considered adequate according to Cronbach's alpha estimated after an application with 691 undergraduate students. We introducing the VENCCE in its entirety and discuss the implications of using contextualized questionnaires. Epistemological and methodological decisions were justified, as a way of inciting reflection and aiding in decision making. Some of the strategies used for evaluating instrument efficacy, and which were based on analysis of the results from application, are also presented. This can be considered in an explicit and critical manner, when creating new questionnaires, in such a way, that they also make it possible to reflect a better understanding

of students' NOS conceptions. On divulging our research decisions, we aim their generalization, as a form of expanding the application of the methodology and eliciting response during the elaboration of further research instruments.

Keywords: Cronbach's Alpha coefficient; conceptions; questionnaire elaboration; nature of science (NOS); methodological practices.

INTRODUÇÃO

Pesquisadores em Ensino de Ciências têm se preocupado em investigar as concepções de natureza da ciência (NdC) desde o início do século passado, dando atenção à inclusão do metac conhecimento científico nos currículos de todos os níveis de ensino (Lederman, 1992), desde a educação básica ao ensino superior. Parte da preocupação decorre da necessidade de formar indivíduos críticos para as discussões do cotidiano, as quais envolvem de forma crescente temas científicos. Latour (2001) afirmou que os debates sobre o fazer científico contemporâneo têm dado espaço para questões que abrangem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Talvez, por isso, seja notório o esforço coletivo de pesquisadores e das várias associações da área de Ensino de Ciências ao redor do globo para promover uma educação científica pautada em aspectos da história e da filosofia da ciência (Robinson, 1965; Duschl, 1985; Lederman, 1992; Matthews, 1992; Monk & Osborne, 1997; McComas, 1998; Seroglou & Koumaras, 2001; Abd-El-Khalick, 2012; Allchin, 2013).

Em seu trabalho de 1992, Lederman afirmou que os estudos sobre concepções de NdC adotam frequentemente quatro abordagens: (i) estudos sobre as concepções de NdC de estudantes (e.g. Solomon *et al.*, 1992; Khishfe *et al.*, 2017), (ii) estudos sobre as concepções de NdC de professores (e.g. Porlán, 1994; Cofré *et al.*, 2017), (iii) estudos para verificar a adequação de propostas de melhorias dessas concepções em sala de aula (e.g. Nussbaum, 1989; Seroglou & Koumaras, 2001; Aflalo, 2014) e (iv) estudos que estabelecem uma relação entre a visão dos professores e a dos alunos (e.g. Pomeroy, 1993; Dogan & Abd-El-Khalick, 2008). Em geral, as pesquisas focadas nos alunos têm revelado uma visão inadequada sobre a NdC (e.g. Aikenhead, 1973; Lederman & O'malley, 1990; Lederman, 1992; Ryan & Aikenhead, 1992; Harres, 1999; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Os trabalhos sobre concepções de NdC de professores em formação ou em exercício, também não têm sido otimistas quanto à aproximação das concepções de docentes de uma visão considerada bem informada (Waters-Adams & Nias, 2003; Ajaja, 2012; Hacıeminoglu *et al.*, 2012).

Considerando que uma das principais metas do Ensino de Ciências é formar cidadãos alfabetizados cientificamente (Jenkins, 1997), o desconhecimento sobre a natureza do saber científico e sobre a construção do conhecimento pode dificultar o posicionamento do indivíduo frente a questões mais amplas. Tal visão é reforçada em documentos que propõem a reforma educacional (Matthews, 1994; Moss *et al.* 2001) e pela preocupação crescente dos pesquisadores em Ensino de Ciências em investigar e compreender as concepções de NdC de estudantes (e.g. Koulaidis & Ogborn, 1995; Leach *et al.*, 2000; Liang *et al.*, 2006; Borda *et al.*, 2009). Gil-Pérez e colaboradores (2001) afirmam que a ausência de criticidade diante da educação científica sustenta uma visão estereotipada de transmissão do conhecimento. A necessidade de compreensão da ciência como um produto cultural, de compreender e manipular novas tecnologias e a efetividade no uso do metac conhecimento científico para ensinar ciências são outras justificativas que sustentam a importância de investigar as concepções de NdC (Ferreira, 2009), não apenas na educação básica, mas ao longo da formação de professores e cientistas.

Embora os estudos de levantamentos de concepções de NdC sejam de grande relevância para o Ensino das Ciências da Natureza, a ausência de consenso na definição sobre *o que é ciência* pode resultar no questionamento de como averiguar essas concepções. A respeito desse tema, Alters (1997) investigou a concordância entre os critérios mais comuns da NdC usados nas pesquisas em educação e os critérios de filósofos da ciência. Em seu trabalho *Whose Nature of Science?*, verificou que as concordâncias são, em geral, maiores do que as discordâncias entre os critérios investigados, apesar de não haver acordo sobre os aspectos relevantes para uma definição de ciência. De forma sucinta, dentre os pontos de maior concordância encontrados no trabalho estão as visões de que (i) a ciência busca a explicação mais parcimoniosa para os fenômenos observados, (ii) existe um mundo externo que independe do observador, (iii) os cientistas consideram que as regras básicas universais podem ser descobertas via estudo sistematizado e (iv) existem diferentes tradições científicas quanto ao objeto investigado e de que forma a investigação pode ocorrer, mas todas se apoiam no valor da evidência, da lógica e da força dos argumentos.

Em geral, os aspectos envolvidos na construção do conhecimento científico são vistos de forma distorcida por grande parte dos estudantes, possivelmente por conta de um processo de ensino-aprendizagem de ciências que se limita a ser memorístico e mecânico. Acerca dessa temática, Gil-Pérez e colaboradores (2001) apresentaram exemplos de imagens distorcidas da ciência, como a visão (i) de que a ciência possui um método científico único, representado por uma série de etapas que são seguidas mecanicamente; (ii) de uma ciência empirista e distante da teoria; (iii) de que o conhecimento científico não está inserido num contexto histórico; (iv) de um conhecimento acumulativo e linear, isento de debates e divergências; e (v) de uma ciência socialmente neutra, deixando de lado as intrincadas relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Em consonância com essa visão, há autores importantes para a área de Ensino de Ciências (e.g. Collins *et al.*, 2003; Lederman, 2007; Paraskevopoulou & Koliopoulos, 2011) que defendem o uso dos aspectos característicos da ciência mais usualmente aceitos e que valorizem a criticidade que se espera para o Ensino de Ciências. Esses autores ressaltam que listas de aspectos de NdC são úteis para a reflexão sobre a visão de ciência que geralmente se ensina. Segundo Lederman (2007), os aspectos usualmente aceitos de ciência e que são relevantes para os estudos em educação incluem (i) a existência de leis e teorias científicas; (ii) a capacidade do cientista de inferir e observar (a natureza empírica da ciência); (iii) a noção de que o conhecimento científico é provisório; (iv) a visão de que o conhecimento científico também está associado à criatividade e à imaginação; (v) a visão de que o conhecimento científico é orientado por teorias; (vi) a visão de que a ciência está inserida em um contexto cultural, social e histórico; e (vii) a inexistência de um método científico único. Ainda que haja certo consenso sobre os aspectos da NdC que devem ser trabalhados na educação básica (Lederman, 2007) e, em consequência, de concepções de NdC que devem ser investigadas, há duras críticas à listagem de tais aspectos. Essas críticas são relevantes, sobretudo por considerarem que o uso literal de listas pode comprometer um aprendizado crítico. Em seu trabalho de 2011, Allchin aponta que há questões centrais quanto às práticas científicas que são frequentemente desconsideradas em uma abordagem não contextualizada da NdC. Por exemplo, a credibilidade da ciência e suas inter-relações sociais podem trazer implicações para o financiamento e programas de pesquisa específicos, gerando certamente um resultado prático para a ciência (Allchin, 2011). O autor afirma que uma visão bem informada sobre a NdC precisa levar em consideração a possibilidade de erros e a natureza incerta da ciência. Mesmo as afirmações científicas mais incisivas podem ter exceções e, por esse motivo, não deve ser depositado sobre elas um grau de confiança cego. Para o autor, a credibilidade da ciência está associada também à sua comunicação, que tem certas particularidades, incluindo, por exemplo, normas para manipulação e apresentação de dados científicos e o fato de as revistas e outros meios de comunicação científicos estarem sujeitos à revisão por pares.

Irzik e Nola (2011) afirmam que, embora não tenham objeções sobre as listas de aspectos da NdC, seus itens precisam ser melhor compreendidos. Para os autores, as listas retratam uma imagem “*demasiadamente estreita da ciência*” (p. 592), pois as regras e os objetivos da ciência raramente são explorados. Além disso, a definição de uma metodologia científica abordada nelas geralmente se extingue com a afirmativa de que não há um método único na ciência, sem que se exponha a variedade de práticas metodológicas que poderiam esclarecer os limites dessa alegação. Sem o esclarecimento de quais as metodologias comuns da ciência, fica difícil avaliar, por exemplo, como a ciência pode ou não ser “auto corretiva” (expressão usada para se referir à capacidade da ciência de corrigir erros ao longo do tempo), ponto explorado por alguns autores (e.g. Allchin, 2015). A relevância da discussão sobre as listas de aspectos de NdC ganha destaque quando consideramos que muitas das concepções usualmente investigadas (presentes tanto em instrumentos de pesquisa quanto nos de diagnóstico em sala de aula) trazem questões passíveis de debate, sobretudo por colocarem em evidência discrepâncias com algumas ciências, como é o caso das Ciências Biológicas.

Há um amplo debate acerca da “cientificidade” da Biologia e, portanto, também da Ecologia, devido à sua não conformação com as concepções de ciência baseadas em áreas como a Física e a Química (Mayr, 2004; Rosenberg, 2008). Destaca-se, por exemplo, a discussão sobre a existência ou não de leis na Ecologia, evidenciada nos trabalhos de MacIntosh (1987), Murray (1992, 2001), Sober (1997) e Lawton (1999), devido à dificuldade da Ecologia em fazer previsões. Outro ponto comumente questionado é a capacidade de generalização dos estudos ecológicos, que é confrontada com seu elevado número de estudos de casos e com a dificuldade de replicação de seus estudos.

Ao considerarmos tais características da Ecologia, é possível dialogar com o posicionamento de Irzik e Nola (2011) sobre o fato de as listas de aspectos de NdC abordarem em geral características relacionadas ao conhecimento científico e deixarem de lado práticas enraizadas, em diversas ciências, da investigação científica. Com tal enfoque, excluem-se, por exemplo, a coleta de dados, a análise e a classificação (as quais constituem métodos cotidianos da Ecologia). Essas práticas da ciência também

precisam fazer parte da educação científica, pois são conhecimentos requeridos tanto para se compreender a NdC quanto para se fazer ciência.

Muitos dos instrumentos utilizados para investigar as concepções de NdC abordam questões conceituais que podem não ser compreensíveis, por serem muito amplas ou vagas para os estudantes. Há perguntas em que é preciso declarar as definições de lei, teoria e experimento e, a fim de comprovar se o estudante sabe o significado do que declarou, em alguns instrumentos, é pedido que ele justifique suas respostas por meio de exemplos. Quanto a tal tópico, Allchin (2011) afirma que se as listas de aspectos da NdC não estiverem contextualizadas, visando a tomada de decisão pessoal e social que envolve assuntos científicos, elas acabam por trazer uma visão idealizada da ciência. Sob essa ótica, contextualizar significa expor os alunos a temáticas e contextos científicos passíveis de serem identificados como reais, a fim de que sejam capazes de tomar decisões bem informadas e que ponderem as características que são relevantes ao longo da produção do conhecimento científico. Assim, um levantamento de concepções de NdC efetivo precisa levar em consideração a capacidade do estudante de avaliar a presença de aspectos de NdC em contextos que envolvam a prática científica. Instrumentos que tragam situações contextualizadas do cotidiano científico podem ser uma estratégia para identificar as concepções de NdC reais dos estudantes e avaliar suas habilidades críticas.

Ainda que a temática seja de fundamental importância, em geral, os trabalhos sobre as concepções de NdC têm voltado seus esforços para a investigação de concepções na educação básica (investigando concepções de NdC de alunos e de professores), com poucos trabalhos voltados para o ensino superior e associados à área de Ciências Biológicas (Pereira, 2015). Diante desse cenário, há uma lacuna quanto ao conhecimento das concepções de NdC de professores de Biologia em formação e de Biólogos em formação, levando-nos a refletir sobre o tipo de educação científica que esse público, de futuros professores e cientistas, tem experimentado.

Dada a importância do tema e da ausência de instrumentos contextualizados para investigar as concepções de NdC, mesmo diante dos numerosos instrumentos desenvolvidos nos últimos anos (Lederman *et al.*, 2002; Lederman, 2007; Neumann, 2011; Pereira, 2015), pretendemos, com o presente trabalho, formalizar a construção de um instrumento contextualizado que usou a Ecologia para investigar as concepções de NdC de estudantes de Ciências Biológicas. Almejamos, assim, (i) destacar as práticas metodológicas empregadas por nós durante a criação, validação e aplicação do nosso instrumento de pesquisa, a fim de contribuir para a metodologia de outros trabalhos; (ii) apresentar o nosso questionário na íntegra a fim de possibilitar seu uso e análise por outros pesquisadores; e (iii) possibilitar a reflexão sobre os instrumentos de pesquisa usualmente empregados em trabalhos de levantamento de concepções de NdC.

MÉTODOS

O questionário *VENCCE* (Visões de Estudantes sobre a Natureza da Ciência por meio da Contextualização em Ecologia) foi elaborado com o objetivo de investigar as concepções de NdC de estudantes de Ciências Biológicas. Para a sua elaboração foram tomadas decisões com relação: (i) aos aspectos de NdC (temas epistemológicos) abordados; (ii) à presença de questões abertas ou fechadas; (iii) à natureza dos seus itens (como por exemplo, concordância com afirmações em detrimento de questões de múltipla escolha); (iv) à escala e à forma de valoração dos itens; (v) ao tamanho e à linguagem das afirmações; (vi) à presença de situações contextualizadas; e (vii) à validação e à confiabilidade de seus resultados.

As estratégias que utilizamos, tanto para criar o questionário quanto para avaliar a sua efetividade, tomando como base a análise dos resultados de uma aplicação, podem ser extrapoladas para a criação de outros questionários. Embora o tema não se esgote aqui, organizamos nosso percurso em forma de um diagrama de perguntas (Figura 1) e esperamos que, ao serem respondidas criticamente e expandidas por outros pesquisadores, elas possam contribuir para a execução de novos trabalhos, que necessitem da construção de um instrumento, de forma objetiva e clara. Na sequência, explicitaremos algumas das nossas decisões, conforme as questões apresentadas no diagrama da Figura 1.



Figura 1 – Diagrama de perguntas com considerações para a elaboração de um questionário de pesquisa, com base nos procedimentos adotados para o desenvolvimento do VENCCE. As linhas contínuas indicam passos sucessivos adotados durante o desenvolvimento e implementação do instrumento. As linhas tracejadas mostram as ações e decisões que foram continuamente ponderadas durante o estudo e que estão correlacionadas. (*) Indica presença de maior subjetividade, o que requer cuidados teóricos; uma possível solução para superar o problema seria encontrar pontos de concordância entre os autores. (**) *A priori* ou (***) *a posteriori*, especialmente para questionários contendo perguntas fechadas.

Dimensões teóricas do questionário

Ao desenvolvermos um questionário para estudantes de Ciências Biológicas, procuramos dar destaque aos aspectos que podem influenciar o fazer ciência de cientistas das Ciências Biológicas e que precisam ser compreendidos por professores de Biologia em formação (*Respondendo à Pergunta 1 da Figura 1*). Para uma visão bem informada de ciência, incluímos aspectos como o financiamento das pesquisas, as motivações pessoais dos cientistas envolvidas no processo de construção do conhecimento, a revisão por pares, os vieses cognitivos (como o viés de confirmação), as fraudes e a validação de novos métodos. Dessa maneira, destacamos os aspectos importantes da cultura científica, sobretudo por ela ser primordial para a formação desses profissionais. Acreditamos que a interpretação do respondente sobre o contexto proposto reflete o nível real de concepções de NdC mais do que a concordância ou a discordância com afirmações descontextualizadas (como a questão *O que é uma lei?*, frequente em questionários de concepções de NdC). Por isso, optamos por um questionário temático com situações contextualizadas da formação e atuação de futuros professores e cientistas.

As escolhas epistemológicas foram baseadas no levantamento que fizemos durante uma revisão sistemática (Pereira, 2015), que incluiu trabalhos como os de Aikenhead e Ryan (1992), Alters (1997), McComas e Olson (1998), Gil-Pérez *et al.* (2001), Osborne *et al.* (2003), Lederman (2007), Abd-El-Khalick (2012) e DiGiuseppe (2014), e na sugestão apresentada no trabalho de Allchin (2011). Concordamos com a visão de Allchin (2011) e, por esse motivo, optamos por construir um instrumento amplamente contextualizado para investigar as concepções de NdC (*Pergunta 2 da Figura 1*). Para a redação das afirmações, levamos em consideração que os estudantes precisam compreender a prática científica, porém não de forma abstrata ou apenas filosoficamente. Defendemos ser necessário um entendimento funcional sobre a NdC, ou seja, um conhecimento situado em contraposição com a enunciação descontextualizada de definições de leis, teorias e outros conceitos científicos (Allchin, 2013), possibilitando aos estudantes a análise de afirmações científicas cotidianas não apenas enquanto cidadãos, mas também enquanto professores e cientistas (*Perguntas 6 e 6A da Figura 1*).

Partimos da sugestão de aspectos da NdC relevantes propostos por Allchin (2011) para elaborar as situações e afirmações. Com algumas adaptações que julgamos convenientes (identificadas no Quadro 1) para os estudantes de Biologia e com vistas à dialogar com outros trabalhos de levantamento de concepções de NdC, procuramos elaborar um maior número de afirmações para os aspectos (que passaremos a chamar de Temas Epistemológicos) que aparecem com maior frequência entre os trabalhos de levantamentos de concepções de NdC (listados em Pereira, 2015). O Quadro 1 traz a relação dos aspectos incluídos no nosso instrumento, bem como a classificação desses aspectos proposta por Allchin (2011). Apesar dos temas T2F e T10F (Quadro 1) não estarem presentes de maneira explícita na proposta de Allchin (2011), a *ausência de um método único na ciência* e a *publicação em revistas científicas* parecem ser dimensões relevantes e de consenso nas listas de aspectos de NdC consagradas (Pereira, 2015).

Na elaboração das situações-problemas e das afirmações, procuramos fornecer elementos para uma análise bem informada pelos respondentes, focando, portanto, na habilidade de análise do aluno ao se posicionar quanto à concordância perante às situações apresentadas no instrumento de acordo com os temas epistemológicos (Allchin, 2011). Assim, não é esperado que o aluno saiba definições acerca da epistemologia da ciência para que sua visão seja considerada bem informada (*Pergunta 1 da Figura 1*).

O VENCCE possui onze grandes temas epistemológicos, divididos em diversos subtemas (Quadro 1). Não pretendemos fazer uma revisão exaustiva sobre Filosofia da Ciência. Apresentaremos brevemente os referenciais teóricos que nos nortearam para considerar uma concepção de ciência como bem informada. Durante a construção das afirmações do VENCCE, focamos nos temas e mitos relatados com frequência nos debates da literatura de Ensino de Ciências, certas, porém, de que estamos longe de esgotar o tema neste trabalho. Apesar dos onze temas epistemológicos terem orientado de maneira específica a elaboração das afirmações do ponto de vista metodológico e de terem sido em grande parte baseados no trabalho de Allchin (2011), optamos por apresentar a discussão com relação ao seu embasamento teórico e às suas definições de maneira integrada. Assim, o texto a seguir traz nosso entendimento sobre os temas epistemológicos apresentados no Quadro 1 de forma articulada.

Quadro 1. Relação dos Temas Epistemológicos* sobre a natureza da ciência e correspondência com as afirmações presentes no questionário VENCCE. Legenda: [*] traduzido e adaptado de Allchin (2011); [**] modificado de Allchin (2011) e [#] não consta em Allchin (2011).

Tema epistemológico	Sub tema	Descrição	Afirmações associadas
TEMA 1. Observação e Raciocínio	T1A*	Relevância das evidências	S1A, S1M, S2A
	T1B*	Papel da observação sistematizada	S5A
	T1C*	Integridade das evidências	S1D, S5G
	T1D*	Robustez (concordância entre diferentes tipos de dados)	S1B
	T1E*	Papel da probabilidade na inferência	S2K, S5E
	T1F*	Explicações alternativas	S1C
TEMA 2. Métodos de Investigação	T2A*	Experimentos controlados	S1E, S1F
	T2C**	Análise estatística dos dados e do erro	S2E, S2K, S5H, S5I
	T2D*	Replicação e tamanho da amostra	S2L, S2M, S5C, S5D
	T2E*	Correlação e possibilidade de causalidade	S2K, S5E
	T2F#	Ausência de método único	S2L, S2M, S3L, S4H, S5B
	T2G#	Papel da hipótese na investigação	S1K, S3Y, S4C, S4G, S4H, S4M, S4S, S5J
TEMA 3. História e Criatividade	T3A*	Conciliação com evidências já estabelecidas	S4K, S4P
	T3B*	Papel da analogia e do pensamento interdisciplinar	S3T, S3U
	T3C*	Mudança conceitual	S3D
	T3D*	Erro e incerteza (conhecimento temporário e tentativo)	S3B, S3E, S3J, S3Z, S4N
	T3E*	Papel da criação, síntese criativa e imaginação	S1L, S4F, S4J
TEMA 4. Contexto Humano	T4A*	Espectro das motivações para fazer ciência	S2F
	T4B*	Espectro de personalidades humanas na ciência	S3P
TEMA 5. Cultura	T5A*	Papel das crenças culturais (ideologia, religião, nacionalidade)	S3O
TEMA 6. Interações sociais entre os cientistas	T6A*	Colaboração e competição entre os cientistas	S3H
	T6B*	Formas de persuasão e credibilidade	S3D, S3E, S3I
	T6C*	Revisão dos pares	S3F
	T6D*	Limites das perspectivas teóricas alternativas e críticas	S3C, S3G, S3J, S3K
	T6E*	Resolução de pontos discordantes	S3A, S3D, S3I, S3X
	T6F*	Liberdade acadêmica	S2C, S2H, S2I, S2J
TEMA 7. Processos cognitivos	T7A*	Viés de confirmação e o papel das crenças anteriores	S1H, S2D, S4E, S4P, S4Q, S4R
TEMA 8. Economia e Financiamento	T8A*	Fontes de financiamento	S3W
	T8B**	Conflitos de interesse pessoal (social, cultural, político, econômico, ideológico)	S3D, S3I, S3M, S3N, S3W
TEMA 9. Instrumentação e práticas experimentais	T9A*	Novos instrumentos e sua validação	S1L
	T9B*	Modelos e organismos modelos	S1I, S1J
	T9C**	Ética na experimentação com seres vivos	S1G, S1J
TEMA 10. Comunicação e transmissão do conhecimento	T10A*	Normas de manipulação de dados científicos	S1D
	T10B*	Natureza dos gráficos	S2G, S5F
	T10C*	Credibilidade das várias revistas científicas e dos meios de comunicação	S3R, S3S, S3X
	T10D*	Fraudes e outras formas de má conduta	S3V
	T10E*	Responsabilidade social dos cientistas	S2B, S2F
	T10F#	Publicação em revistas especializadas	S3Q, S3R, S3X
TEMA 11# Características das teorias científicas	T11A*	Papel das teorias na ciência	S4A, S4D, S4E, S4O, S4Q, S4R, S4S, S5I
	T11B*	Formulação de teorias científicas	S4B, S4D, S4G, S4H, S4I, S4O, S4R, S4S
	T11C*	Diferenças entre <i>teoria científica</i> e <i>teoria do senso comum</i>	S4C, S4J, S4L, S4M

Segundo Nagel (1974, p. 17), “a ciência provém do desejo de encontrar explicações controláveis e sistemáticas sobre os fatos” e está baseada no empirismo (McComas, 2008). Tais características, associadas à observação sistematizada, diferenciam a ciência das outras formas de conhecimento, como o senso comum (Alves, 2013). A observação e o raciocínio científicos estão baseados em evidências, as quais são fundamentais para a formulação de hipóteses e conclusões (Gewandsznajder, 1989; Alters, 1997).

Consideramos como hipótese a afirmação que o cientista adota como proposição dentro de um estudo científico e que é dependente de um referencial teórico pré-existente (Blackburn, 1997; Gil-Pérez *et al.*, 2001). Ao tentar solucionar uma questão, o cientista formula uma hipótese a ser avaliada ao longo da investigação. Essa hipótese é a resposta possível da questão de estudo, portanto ainda não comprovada. Há uma preocupação para que as investigações sejam controladas, a fim de que o fator relevante previsto na hipótese seja suficientemente destacado na ocorrência do fato ou problema (Gewandsznajder, 1989).

Popper (1968) apresentou uma análise crítica do método de investigação empregado nas ciências empíricas, no qual as hipóteses são construídas e testadas experimentalmente. Nesse modelo, a elaboração das hipóteses é resultado de um procedimento indutivo e o teste da hipótese é elaborado por meio do raciocínio dedutivo. Geralmente entendemos e explicamos assim o chamado método científico, mas existe o mito de que todos os cientistas seguem a mesma sequência de passos durante um trabalho científico (McComas *et al.*, 1998; Gil-Pérez *et al.*, 2001). O método científico não deve ser entendido como uma prescrição rígida, capaz de assegurar a solução para todos os problemas.

Sabendo que o método científico não é um conjunto fixo e estereotipado de ações a serem adotadas em todos os tipos de pesquisa científica, reconhecemos que, ao invés de apenas um método, temos uma variedade de métodos. Assim, admitimos também como métodos científicos legítimos, outras formas de fazer ciência, como os estudos de casos (Shrader-Frechette & Maccoy, 1994), presentes nas ciências naturais e sociais (Bayr *et al.*, 2014) e os estudos comparativos (Shrader-Frechette *et al.*, 1993). Para Feyerabend (1989, p. 69), “a ciência significa não apenas um método específico, mas todos os resultados que o método até então produziu”. Alguns dos filósofos da ciência preocuparam-se com a busca de uma definição que fosse além do método em si. Popper e Feyerabend, por exemplo, reconheceram em seus textos o papel da criatividade do cientista como um elemento fundamental para a ciência e que por vezes é negligenciado. Esse aspecto tem sido amplamente explorado pelos pesquisadores em Ensino de Ciências em trabalhos de levantamento de concepções de NdC (Pereira, 2015), dada sua relevância para uma visão bem informada de ciência.

Com o reconhecimento do fator humano na ciência, assumimos que há subjetividade associada à prática científica (Allchin, 2013). A confiabilidade do conhecimento gerado é dependente das ações praticadas pelos pesquisadores. Durante as etapas de observação, quantificação, experimentação e instrumentação, os cientistas procuram adotar medidas de segurança que reduzam seus erros de interpretação (como a busca por diferentes fontes de evidências, o controle de variáveis, o uso de análises estatísticas, a validação de novos instrumentos e a replicação), porém o fator humano associado ao fazer científico sustenta a possibilidade de enganos.

A ciência busca por explicações abrangentes, precisas e coerentes e, talvez por isso, uma de suas características marcantes é a tentativa para alcançar resultados. Kuhn (1978) propôs que cada ciência tem uma forma de ver e enxergar o mundo e cada época possui uma visão sistemática peculiar. Popper (1968, p. 278) afirmou que a ciência não se constitui de declarações bem estabelecidas, para ele “nossa ciência (...) nunca pode pretender haver atingido a verdade, nem mesmo um substituto para ela, como a probabilidade”. Esse é um aspecto importante da natureza do conhecimento científico, sobretudo pela falsa imagem de verdade absoluta associada à ciência. Pesquisadores em Ensino de Ciências têm incluído a concepção de que o conhecimento científico é temporário e tentativo em seus trabalhos (e.g. Alters, 1997; McComas & Olson, 1998; Gil-Pérez *et al.*, 2001; Lederman *et al.*, 2002; McComas, 2008; Lederman, 2007). O estudo da história da ciência revela a transitoriedade do conhecimento gerado pela ciência e, quanto a isso, Alves (2013, p. 17) afirma que “aquilo que outros homens, em outras épocas, consideraram ciência, sempre parece ridículo séculos depois. Isso acontecerá com a nossa ciência”.

Ao afirmar que “os fatos não se organizam em conceitos e teorias se simplesmente os contemplamos”, Myrdal (1969, p. 9) propõe que o trabalho científico vai além da observação, abrangendo ações como o levantamento de hipóteses, a experimentação e as generalizações. Nessas etapas, a capacidade de imaginação do cientista é fundamental, por ser necessária tanto na elaboração de um projeto quanto na interpretação de seus resultados. “Um sistema científico é sempre o resultado de uma atividade criativa” (Lecky, 1969 apud Alves, 2013, p. 162). Sobre o papel desempenhado pela imaginação, Popper

(1968, p. 280) afirmou que há um “*elemento irracional*” e uma “*intuição criativa*” envolvidos na prática científica, para ele “*ideais ousadas, antecipações desprovidas de justificativas e o pensamento especulativo são os únicos meios de que dispomos para a interpretação da natureza*”. Nesse contexto, adotamos o termo imaginação como a capacidade de reunir conhecimento e conceber experiências mentais, de forma a reviver ou criar imagens mentais (Chauí, 2005) na busca por respostas.

Na tentativa de descrever uma ordem capaz de transformar questionamentos em conhecimento, o pesquisador emprega um esforço na geração de dados ao longo da investigação científica. Porém, gerar dados não é a única finalidade da ciência e o produto final da ciência é resultante de construções mentais, que geram leis, teorias ou novas hipóteses de trabalho (Gewandsznajder, 1989). Da observação de fenômenos recorrentes, a ciência procura chegar a conclusões gerais que expliquem fenômenos semelhantes e, desse processo, deriva a formulação de leis e teorias científicas (Schneider, 2013). As teorias científicas “*descrevem a natureza em termos de analogias retiradas de tipos familiares de experiências*” (Hesse, 1955, p.12-13). As leis estão geralmente associadas a uma teoria científica, cujo objetivo é especificar “*a causa ou mecanismo subjacente tido como responsável pela regularidade descrita na lei*” (Kneller, 1980, p. 150). Embora a observação do mundo seja necessária para essas construções mentais, as observações estão impregnadas de conceitos e generalizações (Gewandsznajder, 1989) e são, em geral, dependentes do contexto histórico e científico vigente.

Alguns filósofos da ciência destacaram a importância do estudo da história da ciência como instrumento de análise da própria racionalidade (Chauí, 2005). Sob essa ótica, a atividade científica passa a fazer parte de um processo histórico mais amplo, possuindo também um caráter social. Quanto a isso, os estudos sobre a atividade científica (incluindo a história da ciência), possibilitam compreender que a separação dos traços subjetivos dos critérios objetivos almejados pela ciência não é uma tarefa fácil (Tozzini, 2014). Isso porque as atividades e as relações humanas são carregadas de subjetividade e a ciência é um empreendimento humano (Chalmers, 1981; Gil-Pérez *et al*, 2001). Kuhn (1978) trouxe uma proposta de compreensão da ciência sob a ótica social, considerando-a não apenas como fruto de um método ou construções lógicas, mas ponderando que sua construção também é influenciada pelo contexto histórico no qual se insere. Para o autor, a compreensão de ciência está sujeita à análise do comportamento dos cientistas e dos mecanismos pelos quais eles tomam decisões, logo, qualquer definição de ciência deve considerar sua própria lógica interna.

Visto dessa forma, é possível compreender a ausência de neutralidade da ciência. A estreita relação que se estabelece entre saber e poder permeou os trabalhos de vários pensadores (Chauí, 2005), que registraram que o uso do conhecimento também não é neutro. A produção científica está inserida nos conjuntos de interesses da sociedade e, por esse motivo, há o direcionamento de verbas e financiamentos subordinado aos grupos que exercem alguma forma de poder. Assim, os resultados satisfatórios de uma pesquisa dependem de muitos fatores, abrangendo desde a natureza da questão de pesquisa até os recursos materiais empenhados nela (McComas, 2008; Allchin, 2013). Ainda sobre a natureza social da ciência, Chalmers (1981, p. 161) afirma que “*os indivíduos nascem em alguma parte de uma estrutura social preexistente que não escolhem e sua consciência é formada por aquilo que eles fazem e experimentam naquela estrutura*”.

Forma do questionário

Ainda que questões abertas tenham a vantagem de induzir menos respostas por deixarem os respondentes mais livres para se expressarem (Bell & Lederman, 2003; Gil, 1999) e permitam uma profundidade de análise inacessível às questões fechadas (Bardin, 2009), há a desvantagem de resultarem em dados com maior dificuldade no tratamento. Isso porque os textos produzidos pelos participantes podem levar a classificações arbitrárias (Bardin, 2009) ou subjetivas pelo pesquisador, o que pode dificultar a replicação do instrumento em outros contextos.

Um questionário composto por questões fechadas permite incluir um maior número de itens, possibilitando, por exemplo, o pareamento deles e a inclusão de mais aspectos a serem analisados. Há ainda um menor esforço dos participantes durante o preenchimento e o processamento facilitado dos dados para o pesquisador (*Pergunta 3 da Figura 1*). A escolha consciente de questões fechadas para o instrumento considerou tais aspectos, bem como a possibilidade de aplicarmos o questionário a uma amostra mais ampla, podendo dar maior poder estatístico em análises pós-validação e a possíveis testes de hipóteses, devido à maior possibilidade de generalização (*Pergunta 3A da Figura 1*). A decisão sobre o formato dos itens do questionário também está associada ao formato das respostas e a como a análise deverá ser feita (*Perguntas 3 e 4 da Figura 1*). Da mesma forma, essas decisões envolvem o estabelecimento de critérios de exclusão de dados (*Pergunta 9 da Figura 1*).

Com a escolha da natureza das afirmações, foi necessário adotar uma forma de valorá-las e atribuir a elas um *score*. O *VENCCE* é composto por afirmações, nas quais os respondentes assinalam seu grau de concordância em cada uma delas. Após a revisão da literatura, optamos pela utilização do índice utilizado no trabalho de Aikenhead e Ryan (1989, 1992) e empregado no questionário de Vázquez e Manassero (1999) e Manassero e Vázquez (2001), pois nos pareceu adequado para os testes estatísticos pretendidos após a etapa de aplicação. O índice parte de uma adaptação da escala de concordância de Likert (Likert, 1932) e leva em consideração a classificação de uma afirmação para valorá-la conforme uma escala de pontuação (Tabela 1). No trabalho de Manassero e Vázquez (2001) o índice é chamado de Índice de Atitude; para o presente estudo adaptamos a denominação do índice, que passou a ser chamado de *VENCCE_{index}*. Ele reflete a aproximação dos respondentes de uma visão considerada bem informada perante às informações de NdC apresentadas. Quanto mais próximo de +1, mais bem informada é a visão de ciência do estudante e quanto mais próximo de -1, menos informada (*Pergunta 3C da Figura 1*).

Para o uso do *VENCCE_{index}* foi necessário, portanto, criarmos afirmações que pudessem ser consideradas como “bem informada”, “parcialmente informada” e “pouco informada”. Procuramos elaborar essas afirmações com base na conformidade de aspectos (ou conceitos) associados a algum tema de NdC (como, por exemplo, a variedade de métodos, a capacidade de generalização e o papel das leis na organização do conhecimento) e nas relações entre eles. Uma afirmação considerada como “bem informada”, por exemplo, apresenta um ou mais conceitos corretos e uma relação, quando existente, entre eles também considerada correta. Já uma afirmação “pouco informada”, apresenta conceitos incorretos e a inexistência de relações entre eles. Para as afirmações que categorizamos como “parcialmente informada”, procedemos de duas formas: (i) apresentamos um conceito correto e outro incorreto ou (ii) apresentamos dois conceitos corretos e a inexistência de relação entre eles. Embora tenhamos elaborado afirmações para cada uma dessas categorias, a classificação das afirmações (em “bem informada”, “parcialmente informada” e “pouco informada”) foi ajustada com as repostas obtidas nas duas etapas de validação, que será explicada adiante.

Tabela 1. Significado e atribuições de pontos para a escala de concordância e cálculo do *VENCCE_{index}*. Onde: **b_j**=pontuação conforme a valoração para a categoria “bem informada”; **p_j**=pontuação conforme a valoração para a categoria “parcialmente informada”; **i_j**=pontuação conforme a valoração para a categoria “pouco informada”; Σ =soma das pontuações, desde $j=1$ a $j=Nb$ ou Np ou Ni . (*Traduzido e adaptado de Manassero & Vázquez 2001).

Categoria da afirmação	Nº de afirmações da categoria	Escala de concordância e de valoração do <i>VENCCE</i>									Cálculo das pontuações		Cálculo do <i>VENCCE_{index}</i> por categoria			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	Máx.	Fórmula	Min.	Máx.	Índices	Min.
bem informada	Nb	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	+4Nb	Σb_j	-4Nb	1	$lb = \Sigma b_j / 4Nb$	-1
parcialmente informada	Np	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	+2Np	Σp_j	-2Np	1	$lp = \Sigma p_j / 2Np$	-1
pouco informada	Ni	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	+4Ni	Σi_j	-4Ni	1	$li = \Sigma i_j / 4Ni$	-1
Cálculo do <i>VENCCE_{index}</i> por item													1	$VENCCE_{index} = (lb + lp + li) / 3$	-1	

Cinco situações-problema foram criadas (S1 a S5 – Apresentadas na íntegra no *Material Suplementar*) e para cada uma delas uma série de afirmações (*Pergunta 6 da Figura 1*). Cada afirmação é seguida de uma escala que varia de 1 a 9, na qual os respondentes devem marcar o seu grau de concordância (*Pergunta 3B da Figura 1*). Tal modelo permite avaliar a concordância sobre cada uma das afirmações, o que não conseguiríamos, por exemplo, ao utilizar o modelo de resposta única (uma questão com muitas alternativas). Isso porque, ao expor os números da escala de concordância (1 a 9) ao invés das categorias (Total, Parcial, Baixo, Nulo, por exemplo) é possível que o respondente tenha acesso a uma escala que lhe permita fazer comparações e avaliar melhor o seu próprio posicionamento. Assim, com esse modelo de resposta, o acesso ao que se pretende medir é mais adequado, dado que ao invés de uma resposta categórica (Sim ou Não) há uma informação quantificável para cada afirmação. Com esse modelo, é possível também identificar respostas contraditórias dos alunos, bem como os “chutes”. Para tanto, foram elaboradas algumas afirmações pareadas que pudessem ser excluídas das análises nesses casos (*Pergunta 5A da Figura 1*).

Para a produção das afirmações, procuramos reduzir a ambiguidade dos textos. Parte desse problema foi contornado pela ampla contextualização do questionário, sobretudo por ser essa a sua principal característica em comparação com outros questionários de concepções de NdC existentes

(Perguntas 5 e 6A da Figura 1). Atentamos ainda para a linguagem utilizada nas afirmações e cuidamos para que ela estivesse adequada aos estudantes de Biologia. Evitamos, portanto, o uso de termos característicos de áreas como a Filosofia da Ciência ou de jargões empregados entre os pesquisadores da área de Ensino de Ciências (Lederman & O'Malley, 1990; Allchin, 2011) e até mesmo da Ecologia (Pergunta 1 da Figura 1). Esse cuidado foi refletido pela criteriosa fase de validação, na qual procuramos acessar diferentes visões pessoais e profissionais acerca do instrumento.

Quanto à forma geral do *VENCCE*, atentamos para à possibilidade de condução de respostas dentro do próprio instrumento (o que consideramos como indução interna). Procuramos, ainda, formular afirmações curtas e de tamanho parecido entre si, para que o respondente não fosse levado a assinalar aquelas que julgasse ser “aparentemente mais corretas” por conta da forma (Pergunta 5 da Figura 1). As afirmações foram minimamente aleatorizadas e duas versões do questionário foram utilizadas, para reduzir alguns dos possíveis problemas relacionados à aplicação do mesmo, como o cansaço (que poderia prejudicar a legitimidade das respostas da parte final) e a “cola” entre os alunos (Perguntas 5A e 5C da Figura 1). Por fim, com o objetivo de obter apenas as respostas que representassem o grau de concordância real do respondente, optamos por incluir a opção “Não sei” no *VENCCE*. Essa foi uma forma de reduzir ambiguidades e eliminar mais uma das possíveis fontes de dúvida acerca da escolha do respondente, assegurando que ele não seria obrigado a assinalar um número da escala mesmo quando não conseguisse se posicionar frente a uma afirmação (Perguntas 5B e 6B da Figura 1).

Validação do questionário

Após o processo de revisão entre as pesquisadoras, o *VENCCE* passou por duas etapas de validação interna, para averiguar se o instrumento mede o que se propõe a medir (Cohen *et al.*, 2007). A primeira delas foi realizada no grupo de pesquisa que as pesquisadoras participam (Laboratório de Pesquisa em Ensino de Biologia por Investigação – Bioln). O grupo era composto por 11 indivíduos com diferentes níveis de formação no momento da validação do questionário, incluindo alunos de iniciação científica, mestrandos, doutorandos e doutores. A segunda etapa foi realizada junto a oito docentes do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, cientistas de áreas diferentes da Biologia e da Educação (Pergunta 8 da Figura 1).

Na primeira etapa, pretendíamos (i) apontar problemas quanto às instruções de preenchimento (Pergunta 6B da Figura 1); (ii) identificar falhas gerais de redação que pudessem levar à má interpretação das situações e das afirmações; (iii) estimar o tempo médio para preenchimento do questionário; (iv) verificar a efetividade da categorização das afirmações (em “bem informada”, “parcialmente informada” e “pouco informada”) e (v) avaliar se o tamanho do instrumento estava adequado (Pergunta 7 da Figura 1). Para tanto, os 11 integrantes do grupo receberam o questionário e responderam a ele individualmente e sem intervenção. As considerações de cada integrante foram anotadas nos próprios questionários e entregues. As críticas e sugestões pertinentes foram incorporadas em uma nova versão que foi utilizada para a segunda etapa da validação.

Para a segunda etapa da validação, foram realizadas conversas individuais sistematizadas com oito professores universitários do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Todos são também pesquisadores de áreas relacionadas aos temas abordados no *VENCCE* (Quadro 1). Nessa etapa, as afirmações e situações foram discutidas uma a uma e os ajustes conceituais, teóricos e formais foram feitos posteriormente. As conversas foram realizadas no ano de 2015.

Aplicação do *VENCCE* e avaliação da sua confiabilidade

O *VENCCE* foi aplicado no formato impresso em uma amostra de 691 estudantes de Ciências Biológicas de 14 universidades brasileiras. Dessas, 78,6% pertencem à região sudeste, 7% à nordeste, 7% à norte e 7% à sul. Das 14 universidades, 78% são públicas e 22% são particulares. Todos os respondentes foram informados sobre a natureza da pesquisa e concordaram com as informações contidas no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que receberam antes da coleta de dados. A pesquisa seguiu as instruções da Plataforma Brasil e foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (Parecer nº 1.133.412).

Após a aplicação, estimamos a confiabilidade do instrumento segundo o coeficiente Alfa de Cronbach (α) (Cronbach 1951, 2004), a fim de avaliar se o *VENCCE* é capaz de medir ou inferir o que se propõe (Pergunta 10 da Figura 1). A estimativa considera as variâncias obtidas dos itens individuais do questionário (no nosso caso, cada afirmação) e das respostas de cada indivíduo. Seu valor está no intervalo [0, 1] e a confiabilidade é maior quanto mais próximo α estiver de 1.

Como o valor de α pode ser aumentado pelo número de itens (questionários longos tendem a ter um α maior) e por redundância (ambas características do *VENCCE*, conforme exposto no Quadro 1), optamos por verificar a necessidade de adotar ou não uma etapa de purificação (Parassuraman *et al.*, 1985; Peterson, 1994; Hora *et al.*, 2010). Realizamos diferentes agrupamentos com as afirmações do *VENCCE* (Quadro 2), nos quais procuramos eliminar os itens redundantes (Gliem & Gliem, 2003), a fim de avaliar o peso de algumas afirmações para a confiabilidade do instrumento. Para montar esses grupos (denominados de G_x , em que x foi substituído por letras em ordem alfabética para facilitar a comparação entre os grupos, Quadro 2), isolamos as afirmações pareadas em grupos diferentes (eliminando as redundâncias). Separamos as afirmações do *VENCCE* em cinco subgrupos, descritos em detalhes no Quadro 2. As afirmações podem ser acessadas pelo *Material Suplementar*, que contém o *VENCCE* na íntegra. Com esses grupos, calculamos um α tomando como base todas as afirmações do *VENCCE* (G_T) e também calculamos os valores de α para os diferentes grupos de afirmações.

Colocamos algumas afirmações ao longo do *VENCCE* que não fazem menção direta às situações propostas (estamos chamando essas afirmações de “afirmações genéricas”, G_E) a fim de verificar se a forma como um aspecto da NdC é redigido (contextualizado ou não) pode interferir no valor do *VENCCE*_{index}. Analisamos essa informação por meio da comparação das médias obtidas pelo *VENCCE*_{index} das “afirmações genéricas” (grupo G_E , Quadro 2) e das médias obtidas do *VENCCE*_{index} de todas as afirmações contextualizadas ($G_T - G_E$). Verificamos a normalidade dos valores do *VENCCE*_{index} desses dois grupos pelo teste de Shapiro-Wilk e pela verificação visual da distribuição dos valores (Kanji, 2006) e, por não seguirem uma distribuição normal, prosseguimos com o teste não paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (U). Todas as análises foram realizadas em ambiente R versão 3.2.4 (R Core Team, 2014).

Quadro 2. Agrupamento das afirmações do *VENCCE* usado para a etapa de verificação do α e cálculo do *VENCCE*_{index}

Grupo	Descrição do agrupamento	Afirmações incluídas
G_T	Todas as afirmações	Todas as afirmações do questionário
G_A	1º agrupamento, sem sobreposição de temas	S1A, S1B, S1C, S1D, S1E, S1G, S1H, S1I, S1K, S1L, S2B, S2C, S2E, S2F, S2G, S2K, S2L, S3A, S3B, S3C, S3D, S3F, S3H, S3O, S3P, S3Q, S3R, S3T, S3V, S3W, S4A, S4B, S4C, S4K, S5A
G_B	2º agrupamento, sem sobreposição de temas	S1B, S1C, S1D, S1F, S1J, S1L, S1M, S2D, S2F, S2H, S2K, S3D, S3E, S3F, S3G, S3H, S3I, S3L, S3O, S3P, S3R, S3S, S3U, S3V, S3W, S3Y, S4D, S4F, S4G, S4J, S4K, S5A, S5C, S5E, S5F, S5G
G_C	3º agrupamento, sem sobreposição de temas	S1B, S1C, S1D, S1F, S1J, S1L, S2A, S2F, S2I, S2M, S3D, S3F, S3H, S3I, S3J, S3M, S3O, S3P, S3U, S3V, S3W, S3X, S4C, S4E, S4G, S4J, S4K, S4L, S5A, S5D, S5E, S5F, S5G, S5H
G_D	4º agrupamento, sem sobreposição de temas	S1B, S1C, S1D, S1F, S1J, S1L, S2A, S2F, S2J, S3D, S3F, S3H, S3I, S3K, S3N, S3O, S3P, S3U, S3V, S3W, S3X, S3Z, S4G, S4H, S4I, S4J, S4K, S4M, S4O, S4P, S5A, S5D, S5E, S5F, S5G, S5I
G_E	5º agrupamento: afirmações genéricas e sem sobreposição de temas	S1L, S2B, S2H, S2I, S2L, S3D, S3P, S3Q, S3R, S3S, S3V, S3Y, S4A, S4B, S4D, S4I, S4L, S4N, S4P

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as etapas de validação, obtivemos um questionário com cinco situações contextualizadas: (S1) uso de uma réplica para um experimento de ecofisiologia realizado em campo, (S2) estudo que levou à escolha de espécies mais adequadas para a recuperação da vegetação em áreas litorâneas, (S3) debate sobre o aquecimento global em um evento científico, (S4) existência de teorias concorrentes para explicar a distribuição de espécies e (S5) amostragem de conchas para avaliar a chance de predação (essas situações podem ser visualizadas no *Material Suplementar*). Ao longo do *VENCCE* há 81 afirmações, das quais 35 foram classificadas como “bem informada”, 11 como “parcialmente informada” e 35 como “pouco informada”. Essas categorias foram ajustadas após as duas etapas de validação, com base nas respostas dos participantes e discussão das afirmações. Com a validação e a primeira aplicação foi possível estimar o tempo médio de preenchimento em 40 minutos, variando de 23 a 52 minutos entre os respondentes.

Considerando os 691 questionários resultantes da aplicação, obtivemos em média $2,936 \pm 4,961$ afirmações assinaladas com “Não sei” por aluno. Consideramos esse valor adequado por estar abaixo dos 10% das afirmações presentes no *VENCCE*, indicando que, mesmo com a opção de marcar *Não sei*, o respondente optou por assinalar seu grau de concordância nas afirmações na maior parte das vezes. A

ausência dessa opção poderia levar o aluno a assinalar um grau de concordância inadequado com as suas concepções de NdC, enviesando conclusões futuras sobre as concepções dessa amostra.

A aplicação também nos permitiu avaliar a capacidade de medição do VENCCE, com base no valor do α (Tabela 2). Considerando todas as afirmações, obtivemos um $\alpha_{\text{Inicial}}=0,912$. Embora a confiabilidade de um questionário possa ser maior quanto mais próximo o valor de α estiver de 1, há uma discussão na literatura acerca dos valores de α que são considerados como adequados. Segundo o levantamento de Maroco e Garcia (2006), que relatou os valores adotados para o α entre diversos autores, um valor de α considerado aceitável pode variar de 0,70 a 0,95. Já Gliem e Gliem (2003) propõem uma escala de seis categorias para classificar o valor do α , da qual destacamos que para o $\alpha>0,90$ a confiabilidade é considerada excelente e para o $0,80<\alpha<0,90$ a confiabilidade é considerada boa. Para Kline (2005), quando o valor de α está próximo de 0,70, seu valor pode ser considerado como adequado e quando está acima de 0,80, a confiabilidade é considerada como muito boa. Dessa forma, a confiabilidade do VENCCE, tomando todas as suas afirmações como base (G_T), pode ser considerada adequada, tendo, portanto, conseguido diferenciar as concepções de NdC entre os participantes da nossa pesquisa e atingido o seu objetivo.

Para avaliar quais afirmações podem aumentar a confiabilidade do VENCCE de forma enviesada por conta da redundância, optamos por verificar a necessidade de seguir ou não o método de purificação. Com ele é possível avaliar como a confiabilidade do instrumento pode ser afetada (Tabela 2) e para isso realizamos alguns agrupamentos dentro do questionário (Quadro 2). Ao observar os valores do $\alpha_{\text{Purificado}}$ dos grupos G_A, G_B, G_C e G_E, notamos que todos podem ser considerados excelentes (Gliem & Gliem, 2003). Nota-se também que há uma semelhança entre eles e um incremento no valor do α_{Inicial} , conforme mostra a porcentagem. Embora esse acréscimo seja pequeno, os valores atingidos para o $\alpha_{\text{Purificado}}$ indicam a presença de afirmações que estão elevando seu valor. Dado o objetivo da etapa de purificação, a recomendação é que ao final dela os itens que aumentam o valor do α sejam eliminados do questionário (Parassuraman *et al.*, 1985) e novas aplicações sejam efetuadas para verificar se o novo valor do α estará adequado e se foi atingido um valor pretendido de confiabilidade. Entretanto, ainda que não haja uma recomendação precisa sobre a magnitude desse aumento, consideramos que os valores do $\alpha_{\text{Purificado}}$ estão adequados por ainda permanecerem nos limites sugeridos por Maroco e Garcia (2006).

Analisando o valor do $\alpha_{\text{Purificado}}$ referente ao grupo G_E, observamos que houve um decréscimo no valor do α_{Inicial} de aproximadamente 12%. Com esse decréscimo podemos refletir sobre a possível influência que as afirmações genéricas podem ter nas investigações de concepções de NdC. Um questionário que contenha apenas afirmações dessa natureza poderia apresentar um valor do α baixo, tornando a sua confiabilidade questionável. Entretanto, apenas estudos adicionais que considerem os resultados do α obtidos de questionários com questões diretas em comparação com questionários contextualizados poderiam avaliar isso de forma mais precisa.

Tabela 2. Resultados da confiabilidade do VENCCE, estimada pelo Alfa de Cronbach (α) antes e após as etapas de purificação.

Grupo	α_{Inicial}	Total de afirmações do grupo	Afirmações removidas no grupo	Afirmações removidas (%)	$\alpha_{\text{Purificado}}$	Alteração no valor do α_{Inicial} (%)
G _T	0,912	81	0	0	0	0
G _A	-	35	46	56,79	0,946	+3,73
G _B	-	36	44	54,32	0,939	+2,96
G _C	-	34	47	58,03	0,951	+4,28
G _D	-	36	45	55,56	0,949	+4,06
G _E	-	19	62	76,54	0,803	-11,95

É necessário ponderar, ainda, que os valores calculados para o α podem estar relacionados com a escala (associada ao VENCCE_{index}) escolhida para o VENCCE, isso porque ela foi validada em outros trabalhos (e.g. Manassero & Vázquez, 2001). Embora essa seja uma consideração relevante para o cálculo do α , não basta apenas adotarmos uma escala usada com frequência, pois a validade do instrumento está muito mais relacionada com as suas características particulares (Oviedo & Campo-Arias, 2005), sendo por esse motivo recomendado adotar alguma medida de confiabilidade, bem como sucessivas etapas de purificação até atingir um α que seja confiável.

Ao final do VENCCE deixamos um espaço disponível para que os alunos nos escrevessem caso achassem necessário. Registramos que 81 alunos (11,72% do número total) deixaram alguma mensagem nesse espaço, das quais 51 (7,38%) demonstraram interesse pelos resultados da pesquisa e 47 (6,80%)

relataram o fato de o questionário ser longo para ser respondido no tempo de aula disponibilizado pelo professor (houve, portanto, registros contendo os dois apontamentos). Ao considerar esse dado e os valores do $\alpha_{\text{Purificado}}$ que encontramos, podemos inferir que, para o *VENCCE*, mesmo um número menor de afirmações seria adequado para medir o que queremos. Poderíamos ter previsto essa ocorrência ao calcular um valor do α_{Inicial} logo após a etapa da validação, visando obter um valor alto de α já em uma primeira aplicação. Porém, alcançamos um α adequado logo na primeira aplicação, possivelmente por conta dos cuidados durante a validação e da escala do questionário (associada ao *VENCCE_{index}*). Entretanto, para a construção de questionários, é mais indicado assegurar o valor do α pretendido antes de uma aplicação em larga escala. Isso pode ser feito, por exemplo, ao adotar outras etapas de validação.

O ajuste da escala com base no valor do α é uma recomendação recorrente na literatura de metodologia para elaboração e validação de questionários (e.g. Parassuraman *et al.*, 1985; Oviedo & Campo-Arias, 2005). Entretanto, essa prática não substitui a análise qualitativa do instrumento. Reduzir o número de itens e eliminar aqueles que podem enviesar o valor de α é importante para um uso mais criterioso dos resultados obtidos de questionários, entretanto devemos considerar que podemos perder informações com a prática mecânica dessa metodologia. No *VENCCE*, repetir alguns temas ao longo do questionário (Quadro 1) foi uma escolha consciente, que visou a obtenção de dados mais confiáveis sobre as concepções de NdC dos estudantes da nossa amostra. A repetição de alguns temas pretendeu avaliar a consistência das respostas frente aos temas que consideramos mais relevantes dado os nossos objetivos de pesquisa. Ponderamos, então, que o uso dos índices de confiabilidade, bem como de metodologias de purificação, precisam ser feitos em conjunto com a avaliação do pesquisador sobre a relevância de determinados itens para o questionário.

O papel da contextualização, característica particular do *VENCCE*, foi avaliado por meio da comparação das médias do *VENCCE_{index}* das afirmações contextualizadas e das afirmações genéricas. Houve diferença estatística entre as médias dos dois grupos de afirmações ($U=93,675$ e $p<0,001$) indicando que os alunos apresentaram uma visão mais bem informada frente às afirmações genéricas (Tabela 3). Tal resultado indica a necessidade de reavaliar as características das questões presentes em questionários com questões fechadas sobre NdC. Embora as médias dos dois grupos sejam positivas, conforme a escala do *VENCCE_{index}*, a diferença encontrada entre elas é significativa. O valor da média para as afirmações genéricas pode indicar que os alunos sabem se posicionar frente a certos aspectos da NdC, entretanto, ao avaliar a média das afirmações contextualizadas, podemos inferir que em muitas situações eles não sabem avaliar o significado prático desses conceitos. Em outras palavras, o aluno pode declarar que não há um método único na ciência, mas ele não sabe identificar variações de métodos científicos, conforme os dados e discussão trazidos via Tabela 4.

Tabela 3. Comparação entre as médias do *VENCCE_{index}* de concepções de NdC conforme o tipo de afirmação.

	<i>Afirmções genéricas (G_E)</i>	<i>Afirmções contextualizadas (G_T - G_E)</i>
Média do <i>VENCCE_{index}</i>	0,220±0,102	0,151±0,165

Sobre os conceitos usualmente investigados em trabalhos de levantamento de concepções de NdC, Irzik e Nola (2011) pontuam que em geral há uma tendência para investigar conceitos que não incorporam a prática científica em si, havendo frequentemente uma preocupação para investigar temas mais gerais e filosóficos da ciência. Nesse contexto, há características que também fazem parte da ciência e que ficam à margem das investigações, como a coleta de dados, a classificação, as formas de análise, a investigação científica e a experimentação. Tal fato é relevante, pois os trabalhos que investigam concepções de NdC em geral trazem recomendações sobre os aspectos da NdC que devem ser ensinados, fomentando a utilização de listas de concepções de NdC. Embora essas listas representem um avanço para o Ensino de Ciências, elas podem propagar uma imagem idealizada da ciência (Allchin, 2011) se tomadas ao pé da letra. Nossos resultados são pertinentes para essa discussão ao revelar a dificuldade dos alunos em posicionarem-se frente aos contextos da prática científica, dado que as afirmações genéricas do *VENCCE*, em geral, avaliaram justamente as características mais amplas da ciência. A avaliação das respostas fornecidas pelos alunos em três afirmações presentes na Situação 2 do *VENCCE* (Tabela 4) pode elucidar o papel da contextualização para avaliar as concepções de NdC.

Tabela 4. Alunos com grau de concordância próximo de uma visão bem informada*, considerando três das afirmações presentes na Situação 2 do VENCCE.

<i>Afirmção</i>	<i>Categoria</i>	<i>Texto da afirmação</i>	<i>Porcentagem de alunos cujo grau de concordância foi próximo de uma visão bem informada (%)*</i>
S2A	“bem informada” e contextualizada	<i>Descreve uma prática científica, pois a busca das pesquisadoras por uma solução foi baseada em evidências.</i>	73,42
S2I	“pouco informada” e genérica	<i>Durante a pesquisa, um cientista deve seguir o método científico que já está estabelecido.</i>	58,68
S2J	“pouco informada” e contextualizada	<i>O episódio não representa uma prática científica, pois a conclusão do estudo foi baseada em dados resultantes de uma amostragem.</i>	36,54

*Se a afirmação é “bem informada”, um aluno com uma visão bem informada deverá assinalar um grau de concordância alto (acima de 7 na escala de 1 a 9 fornecida no questionário). Se a afirmação for “pouco informada”, um aluno com uma visão bem informada deverá assinalar um grau de concordância baixo (abaixo de 3 na escala de 1 a 9 fornecida no questionário).

Embora a maior parte dos alunos tenha assinalado um grau de concordância alto com afirmação S2A, reconhecendo que a ciência está baseada em evidências, e mais da metade reconheceu que não há um método científico que já está estabelecido (afirmação S2I), grande parte dos alunos não reconheceu a amostragem como uma prática científica (afirmação S2J), mesmo que essa prática também busque por evidências (conforme descrito na situação) e seja um outro método utilizado na ciência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de novos instrumentos reflete a necessidade de avaliações adequadas (quantificadas estatisticamente e examinadas qualitativamente) que possam ser aplicadas em larga escala e que sejam capazes de refletir um melhor entendimento sobre as concepções de NdC reais dos alunos (Abd-El-Khalick, 2014), entretanto nem sempre os critérios adotados para a construção dos instrumentos são explicitados na literatura. Procuramos expor as práticas que adotamos ao longo da elaboração do VENCCE de forma transparente. Dessas, destacamos duas que podem contribuir para outras pesquisas de forma significativa: (a) as etapas de validação, nas quais procuramos incluir um número expressivo de pesquisadores para reduzir as possíveis fontes de vieses e (b) a adoção de índices, tanto para mensurar as respostas do instrumento quanto para aferir a sua confiabilidade.

O uso de índices de confiabilidade e a adoção da etapa de purificação para os questionários na área de Ensino de Ciências ainda não é comum. Esperamos que ao expor a nossa experiência seja possível para outros pesquisadores considerarem o uso de métodos de confiabilidade ao longo de suas pesquisas, com as devidas adaptações. Destacamos, por exemplo, que a etapa de purificação não substitui uma análise qualitativa do instrumento. Reduzir o número de itens e eliminar aqueles que podem enviesar os valores de confiabilidade do instrumento é importante para um uso mais criterioso dos resultados obtidos de questionários, entretanto devemos considerar que podemos perder informações com a prática irrefletida dessa metodologia. No VENCCE, repetir alguns temas ao longo do questionário foi uma escolha consciente, que visou a obtenção de dados mais confiáveis sobre as concepções de NdC dos estudantes da nossa amostra. A repetição de alguns temas pretendeu avaliar a consistência das respostas frente aos temas que consideramos mais relevantes dado os nossos objetivos de pesquisa. Ponderamos, então, que o uso dos índices de confiabilidade, bem como de metodologias de purificação, precisam ser feitos em conjunto com a avaliação do pesquisador sobre a relevância de determinados itens para o questionário.

O presente trabalho contribui ainda para a ampla discussão da literatura sobre o formato dos questionários de concepções de NdC (e.g. Abd-El-Khalick, 2014) e sobre os resultados que eles têm obtido (e.g. Lederman & Lederman, 2014). Aikenhead e Ryan (1992), ao apresentarem o questionário VOSTS, pontuaram que tal instrumento é diferente dos demais por apresentar questões que foram derivadas empiricamente. Para eles, essa é uma estratégia de redução das possíveis ambiguidades geradas pelas diferenças de linguagem do pesquisador e do pesquisado, sobretudo quando a escala usada para acessar as respostas é baseada na escala Likert. Relatamos o nosso cuidado quanto à redução de ambiguidades durante as fases de validação, entretanto, reconhecemos que uma maior confiabilidade acerca das

concepções de NdC poderá ser obtida com a comparação de respostas obtidas de outras fontes, como, por exemplo, de questões abertas aplicadas para a mesma amostra.

Ainda sobre o formato dos instrumentos e sobre a confiabilidade de seus resultados, Abd-El-Khalick (2014), numa revisão sobre os instrumentos que avaliam concepções de NdC, apontou que há um número restrito de instrumentos para investigar essas concepções e que isso torna a comparação entre os estudos mais robusta. Porém, ainda segundo Abd-El-Khalick (2014), o contexto da amostra importa para a avaliação das concepções de NdC. Concordamos com o autor e por esse motivo ressaltamos que as diferenças entre os instrumentos precisam ser explicitadas e consideradas entre os estudos. O desenvolvimento de novos instrumentos reflete a necessidade de avaliações adequadas (quantificadas estatisticamente e examinadas qualitativamente) que possam ser aplicadas em larga escala e que sejam capazes de refletir um melhor entendimento sobre as concepções de NdC reais dos alunos. Assim, explicitar os passos e as decisões adotadas ao longo da elaboração dos instrumentos de pesquisa é relevante por permitir a análise crítica dos levantamentos de concepções de NdC e o diálogo entre os trabalhos.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Coordenação de Apoio de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro; aos docentes e ao nosso grupo de pesquisa (Laboratório de Pesquisa em Ensino de Biologia por Investigação – Bioln), por contribuírem durante a etapa de validação do instrumento de pesquisa; aos vários professores e estudantes que contribuíram com a coleta de dados e aos pareceristas da *IENCI*, pelas contribuições ao presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Abd-El-Khalick, F. (2012). 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*, 34(3), 353-374. [DOI:10.1080/09500693.2011.629013](https://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013)
- Abd-El-Khalick, F. (2014). The Evolving Landscape Related to Assessment of Nature of Science. In Abell, S. K., Lederman, N. G. (Orgs.), *Handbook of research on science education*, vol II, (pp.621-650). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701. [DOI:10.1080/09500690050044044](https://doi.org/10.1080/09500690050044044)
- Aflalo, E. (2014). Advancing the perceptions of the nature of science (NOS): integrating teaching the NOS in a science content course. *Research in Science & Technological Education*, 32(3), 298-317. [DOI:10.1080/02635143.2014.944492](https://doi.org/10.1080/02635143.2014.944492)
- Aikenhead, G. S. (1973). The measurement of High School students' knowledge about science and scientists. *Science Education*, 57(4), 539-549. [DOI:10.1002/sce.3730570417](https://doi.org/10.1002/sce.3730570417)
- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The Development of a New Instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491. [DOI:10.1002/sce.3730760503](https://doi.org/10.1002/sce.3730760503)
- Ajaja, P. O. (2012). Senior Secondary School Science Teachers in Delta and Edo States Conceptualization about the Nature of Science. *International Education Studies*, 5(3), 67-85. [DOI:10.5539/ies.v5n3p67](https://doi.org/10.5539/ies.v5n3p67)
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542. [DOI:10.1002/sce.20432](https://doi.org/10.1002/sce.20432)
- Allchin, D. (2013). *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources*. Saint Paul, USA: SHIPS Education Press.
- Allchin, D. (2015). Correcting the 'Self-correcting' Mythos of Science. *Filosofia e História da Biologia*, 10(1), 19-35.
- Alters, B. J. (1997). Whose Nature of Science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55. [DOI:10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199701\)34:1<39::AID-TEA4>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199701)34:1<39::AID-TEA4>3.0.CO;2-P)

- Alves, R. (2013). *Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e a suas regras* (18a ed.). São Paulo: Edições Loyola.
- Bardin, L. (2009). *Análise de Conteúdo*. Lisboa, Portugal: Edições 70.
- Bayir, E., Cakici, Y., & Ertas, O. (2014). Exploring Natural and Social Scientists' Views of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1286-1312. [DOI:10.1080/09500693.2013.860496](https://doi.org/10.1080/09500693.2013.860496)
- Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understanding of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352–377. [DOI:10.1002/sce.10063](https://doi.org/10.1002/sce.10063)
- Blackburn, S. (1997). *Dicionário Oxford de filosofia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- Borda, E. J., Burgess, D. J., Plog, C. J., Dekalb, N. C., & Luce, M. M. (2009). Concept maps as tools for assessing students' epistemologies of science. *Electronic Journal of Science Education*, 13(2), 160-185.
- Chauí, M. (2005). *Convite à filosofia* (13a ed.). São Paulo: Ática.
- Chalmers, A. F. (1981) *O que é ciência, afinal?* (2a ed.) São Paulo: Editora Brasiliense.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6a ed.). New York: Routledge.
- Cofré, H., Vergara, C., Lederman, N. G., Lederman, J. S., Santibáñez, D., Jiménez, J., & Yancovic, M. (2014). Improving Chilean In-service Elementary Teachers' Understanding of Nature of Science Using Self-contained NOS and ContentEmbedded Mini-Courses. *Journal of Science Teacher Education*, 25(7), 759-783. [DOI:10.1007/s10972-014-9399-7](https://doi.org/10.1007/s10972-014-9399-7)
- Collins, S., Osborne, J., Ratcliffe, M., Millar, R., Duschl, R. (2003). What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. [DOI:10.1002/tea.10105](https://doi.org/10.1002/tea.10105)
- Cronbach, J. L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334. [DOI:10.1007/BF02310555](https://doi.org/10.1007/BF02310555)
- Cronbach, J. L. (2004). My current t procedures. *Educational and Psychological Measurement*, 64(3), 391-418.
- DiGiuseppe, M. (2014). Representing Nature of Science in a Science Textbook: Exploring author-editor-publisher interactions. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1061-1082. [DOI:10.1080/09500693.2013.840405](https://doi.org/10.1080/09500693.2013.840405)
- Dogan, N., & Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083-1112. [DOI:10.1002/tea.20243/](https://doi.org/10.1002/tea.20243/)
- Duschl, R. (1985). Science education and philosophy of science: twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, 85(7), 541-555. [DOI:10.1111/j.1949-8594.1985.tb09662.x](https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1985.tb09662.x)
- Ferreira, J. M. H. (2009). Contribuições da história das (pseudo) ciências para a abordagem da Natureza da Ciência: um estudo de caso. In *VII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências – SC*. Florianópolis, SC.
- Feyerabend, P. (1989). *Contra o método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves.
- Gewandszajder, F. (1989). *O que é o método científico*. São Paulo: Pioneira.
- Gil, A. C. (1999). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Editora Atlas S. A.

- Gil-Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153. [DOI:10.1590/S1516-7313200100020000](https://doi.org/10.1590/S1516-7313200100020000)
- Gliem, J. A., & Gliem, R. R. (2003). Calculating, interpreting and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. In *Midwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*. Ohio, USA.
- Hacieminoglu, E., Ertepinar, H., & Yilmaz-Tuzun, O. (2012). Pre-Service Science Teachers Perceptions And Practices Related To History Of Science Instructions. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 3(3), 53-59.
- Harres, J. B. S. (1999). Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(3), 197-211.
- Hesse, M. B. (1954). *Science and the Human Imagination*. Londres: SCM Press.
- Hora, H. R. M., Monteiro, G. T. R., & Arica, J. (2010). Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. *Produto & Produção*, 11(2), 85-103.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the Nature of Science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. [DOI:10.1007/s11191-010-9293-4](https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4)
- Jenkins, E. W. (1997). Scientific and technological literacy for citizenship: What can we learn from the research and other evidence. In Sjoberg, S., & Kallerud, E. (Orgs.). *Science, technology and citizenship: The public understanding of science and technology in science education and research policy*, (pp. 29-50). Oslo: Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education.
- Kanji, G. K. (2006). *100 Statistical Tests* (3a ed.). Londres: Sage Publications.
- Khishfe, S., Alshaya, F. S., BouJaoude, S., Mansour, N., & Alrudiyan, K. I. (2017). Students' understandings of nature of science and their arguments in the context of four socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 39(3), 299-334. [DOI:10.1080/09500693.2017.1280741](https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1280741)
- Kline, R. B. (2005). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. (2a ed.). New York, London: The Guilford Press.
- Kneller, G. F. (1980). *A ciência como atividade humana*. São Paulo: Zahar; Edusp.
- Koulaidis, V., & Ogborn, J. (1995). Science teachers' philosophical assumptions: How well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3), 273-283. [DOI:10.1080/0950069950170301](https://doi.org/10.1080/0950069950170301)
- Kuhn, T. (1978). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva.
- Latour, B. (2001). *A esperança de Pandora: ensaio sobre a realidade dos estudos científicos*. Bauru: EDUSC.
- Lawton, J. H. (1999). Are there general laws in ecology? *Oikos*, 84(2), 177-192.
- Leach, J., Millar, R., Ryder, J., & Sére, M. G. (2000). Epistemological understanding in science learning: The consistency of representations across contexts. *Learning and Instruction*, 10(6), 497-527. [DOI:10.1016/S0959-4752\(00\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00013-X)
- Lecky, P. (1969). Self-Consistency: A Theory of Personality. Garden City: Doubleday. In Alves, R. (2003). *Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e a suas regras*. (18a. ed.) São Paulo: Edições Loyola.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359. [DOI:10.1002/tea.3660290404](https://doi.org/10.1002/tea.3660290404)
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present and Future. In Abell, S. K., & Lederman, N. G. (Orgs.). *Handbook of research on science education* (pp.831-880). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521. [DOI:10.1002/tea.10034](https://doi.org/10.1002/tea.10034)
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In Abell, S. K., & Lederman, N. G. (Orgs.). *Handbook of research on science education* (pp. 600-620). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., & O'malley. (1990). Student's perceptions of tentativeness in science: development, use and sources of change. *Science Education*, 74(2), 225-239. [DOI:10.1002/sce.3730740207](https://doi.org/10.1002/sce.3730740207)
- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M., & Ebenezer, J. (2006). Student understanding of science and scientific inquiry (SUSSI): Revision and further validation of an assessment instrument. In *The annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, CA.
- Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55. [DOI:10.12691/ajphr-3-3-7](https://doi.org/10.12691/ajphr-3-3-7)
- Manassero, M. A., & Vázquez, A. A. (2001). Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(20),15-27.
- Maroco, J., & Garcia-Marques, T. (2006). Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas. *Laboratório de Psicologia*, 4(1), 65-90.
- Matthews, M. R. (1992). History, philosophy and science teaching: the present rapprochement. *Science & Education*, 1(1), 11-48.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Mayr, E. (2004). *What makes biology unique? Considerations on the autonomy of a scientific discipline*, Cambridge: Cambridge University Press.
- McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science Education*, 17(2), 249-263. [DOI:10.1007/BF00430208](https://doi.org/10.1007/BF00430208)
- McComas, W. F., Clough, M., & Almazora, H. (1998). The Nature of Science in Science Education: an introduction. *Science & Education*, 7(6), 511- 532. [DOI:10.1023/A:1008642510402](https://doi.org/10.1023/A:1008642510402)
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In McComas, W. F. (Org.). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, (pp. 41–52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- McIntosh, R. P. (1987). Pluralism in ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18, 321-341.
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424. [DOI:10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199707\)81:4<405::AID-SCE3>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4<405::AID-SCE3>3.0.CO;2-G)
- Moss, D. M., Abrams, E. D., Robb, J. (2001). Examining Student Conceptions of the Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 23(8), 771-790. [DOI:10.1080/09500690010016030](https://doi.org/10.1080/09500690010016030)
- Murray, B. G. (1992). Research methods in physics and biology. *Oikos*, 64(3), 594–596
- Murray, B. G. (2001). Are ecological and evolutionary theories scientific? *Biological Reviews*, 76(2), 255-289. [DOI:10.1017/S146479310100567X](https://doi.org/10.1017/S146479310100567X)
- Myrdal, G. (1969). *Objectivity in Social Research*. Nova York: Random House.
- Nagel, E. (1974). *La estructura de la ciencia*. Buenos Aires: Paidós.

- Neumann, I., Neumann, K., & Nehm, R. (2011). Evaluating Instrument Quality in science Education: Rasch-based analyses of a Nature of Science test. *International Journal of Science Education*, 33(10), 1373-1405. [DOI:10.1080/09500693.2010.511297](https://doi.org/10.1080/09500693.2010.511297)
- Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, 11, 530-540. [DOI:10.1080/0950069890110505](https://doi.org/10.1080/0950069890110505)
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. [DOI:10.1002/tea.10105](https://doi.org/10.1002/tea.10105)
- Oviedo, H. C., Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580.
- Paraskevopoulou, E., & Koliopoulos, D. (2011). Teaching the Nature of Science through the Millikan - Ehrenhaft dispute. *Science & Education*, 20(10), 943- 960.
- Parassuraman, V., Zeithami, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, 49(4), 41-50. [DOI: 10.2307/1251430](https://doi.org/10.2307/1251430)
- Pereira, N. H. A. (2015). *A ecologia como modelo para investigar concepções sobre a natureza da ciência (SP)*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/411134/tde15032016141816/>
- Peterson, R. A. (1994). A meta-analysis of Cronbach's coefficient alfa. *Journal of Consumer Research*, 21(2), 381-391 [DOI:10.1086/209405](https://doi.org/10.1086/209405)
- Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278. [DOI:10.1002/sce.3730770302](https://doi.org/10.1002/sce.3730770302)
- Popper, K. (1968). *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge.
- Porlán, R. (1994). Las concepciones epistemológicas de los profesores: el caso de los estudiantes de magisterio. *Investigación en la Escuela*, 22, 67-84.
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <http://www.R-project.org/>.
- Robinson, J. T. (1965). Science teaching and the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(1), 37-50. [DOI:10.1002/tea.3660030107](https://doi.org/10.1002/tea.3660030107)
- Rosenberg, A. (2008). Biology. In Psillos, S., Curd, M. (Orgs.). *The Routledge companion to philosophy of science*. (pp. 511–519). London: Routledge.
- Ryan, A. G., & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconception about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580. [DOI:10.1002/sce.3730760602](https://doi.org/10.1002/sce.3730760602)
- Schneider. (2013). The ecological literature, an idea-free distribution. *Ecology Letters*, 16(12), 1421-1423. [DOI:10.1111/ele.12196](https://doi.org/10.1111/ele.12196)
- Seroglou, F., & Koumaras, P. (2001). The contribution of the history of physics in physics education: a review. *Science & Education*, 10(1-2), 153-172. [DOI:10.1023/A:1008702000098](https://doi.org/10.1023/A:1008702000098)
- Shader-Frechette, K., & McCoy, E. D. (1994). Applied ecology and the logic of case studies. *Philosophy of Science*, 61(2), 228-249. [DOI:10.1086/289797](https://doi.org/10.1086/289797)
- Shrader-Frechette, K., Earl, D. McCoy. (1993). *Method in ecology: strategies for conservation*. Cambridge: Cambridge University Press.

Sober, E. (1997). Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of biology. *Philosophy of Science*, 64, 458-467. [DOI:10.1086/392622](https://doi.org/10.1086/392622)

Solomon, J., Duveen, J., Scot, L., & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421. [DOI:10.1002/tea.3660290408](https://doi.org/10.1002/tea.3660290408)

Tozzini, D. L. (2014). *Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn: conceitos e racionalidade científica*. São Paulo: Atlas.

Vázquez, A., Manassero, M. A. (1999). Response and scoring models for the “Views on Science Technology-Society” instrument. *International Journal of Science Education*, 21(3), 231-247. [DOI:10.1080/095006999290679](https://doi.org/10.1080/095006999290679)

Waters-Adams, S., & Nias, J. (2003). Using action research as a methodological tool: Understanding teachers’ understanding of science. *Educational Action Research*, 11(2), 283–300. [DOI:10.1080/09650790300200210](https://doi.org/10.1080/09650790300200210)

Recebido em: 20.10.2016

Aceito em: 31.05.2017

MATERIAL SUPLEMENTAR

Situações e afirmações do questionário VENCCE. Na última coluna consta a categorização das afirmações em “bem informada” (B), “parcialmente informada” (P) ou “pouco informada” (I).

Situação 1. *Uma pesquisadora queria avaliar se a escolha do ambiente para repouso dos indivíduos de uma espécie de sapo está relacionada com a regulação hídrica. Ela decidiu comparar se os indivíduos que se expõem ao sol perdem mais água em comparação com os que ficam abrigados sob a folhagem. Utilizou então uma réplica feita de ágar (substância que retém água) que tinha a massa e as dimensões de um adulto médio da população da espécie estudada. Em seguida, pesou os exemplares dessa réplica e colocou alguns sob a folhagem e outros expostos ao sol, registrando a temperatura nestes ambientes. Após um certo tempo de exposição, ela registrou as temperaturas das réplicas e dos ambientes e realizou a pesagem novamente, a fim de verificar se houve variação de massa devido à perda de água. Como as réplicas abrigadas sob a folhagem tiveram uma menor redução de massa, ela concluiu que a escolha do ambiente pelos indivíduos da espécie de sapo está relacionada com a regulação hídrica.*

S1A	Descreve uma prática científica, pois a conclusão da pesquisadora foi baseada em evidências.	B
S1B	A conclusão da pesquisadora só poderá ser generalizada se seus dados forem confirmados por outros dados, diferentes dos que ela coletou.	B
S1C	A conclusão da pesquisadora não é válida, pois, assim como em outros casos na ciência, os mesmos dados podem levar a explicações alternativas.	P
S1D	A conclusão da pesquisadora terá validade se ela tiver tomado cuidado com a sistematização da coleta de dados durante o experimento.	B
S1E	Não pode ser considerado um experimento, pois não foi realizado em laboratório.	I
S1F	Pode ser considerado um experimento, pois houve controle de uma variável.	B
S1G	Pode ser considerado uma prática científica, pois houve uma preocupação ética em não utilizar seres vivos no estudo.	P
S1H	Não tem validade científica, pois trata-se de um exemplo em que a pesquisadora já previa o resultado antes da coleta de dados.	I
S1I	Por utilizar uma réplica, o estudo perdeu sua validade científica.	I
S1J	Pode ser considerado uma prática científica, mesmo não tendo utilizado seres vivos no estudo.	I
S1K	A pesquisadora testou uma hipótese, usando a réplica de um organismo e um local específico.	B
S1L	Para a formulação e teste de um método, um cientista usa a criatividade e a imaginação.	B
S1M	As evidências sempre correspondem aos dados coletados em um experimento.	I

MATERIAL SUPLEMENTAR

Situações e afirmações do questionário VENCCE. Na última coluna consta a categorização das afirmações em “bem informada” (B), “parcialmente informada” (P) ou “pouco informada” (I).

Situação 2. *Duas pesquisadoras decidiram investigar em campo quais as espécies mais adequadas para recuperar a vegetação em solos arenosos. Isto porque notaram a degradação da vegetação próxima à praia e as constantes tentativas de recuperação da área que não deram certo. Durante as observações em campo, elas perceberam a presença de espécies com raízes pouco profundas e pensaram que isso poderia dificultar o acesso à água do lençol freático. Decidiram então verificar se essas espécies possuíam alguma característica que aumentasse sua eficiência no uso da água. Resolveram calcular o conteúdo de água foliar e medir a altura (para estimar a profundidade da raiz) de vários indivíduos das espécies. Posteriormente, elas relacionaram as duas medidas em um gráfico e concluíram que em solos arenosos (onde a água não fica retida) as plantas armazenam mais água nas folhas, como forma de compensar a ausência de raízes profundas. A conclusão das pesquisadoras levou à escolha de espécies mais adequadas para recuperar a vegetação da área litorânea em estudo.*

S2A	Descreve uma prática científica, pois a busca das pesquisadoras por uma solução foi baseada em evidências.	B
S2B	A prática científica deve buscar soluções para problemas que interferem na vida humana.	P
S2C	Como cientistas, elas têm liberdade para decidir como obter os dados.	B
S2D	O estudo será aceito na comunidade científica, pois os dados coletados são mais relevantes do que as teorias existentes que poderiam explicá-los.	I
S2E	O estudo terá validade se os erros associados à amostragem forem tratados estatisticamente, pois esta é uma condição para que os dados sejam considerados científicos.	I
S2F	Não é uma prática científica, pois elas procuraram uma solução para um problema que pode interferir na vida humana.	I
S2G	A conclusão será aceita pela comunidade científica, pois apresentou os resultados em forma de gráfico.	I
S2H	Em várias etapas da prática científica um cientista tem liberdade pra tomar decisões e fazer escolhas.	B
S2I	Durante a pesquisa, um cientista deve seguir o método científico que já está estabelecido.	I
S2J	O episódio não representa uma prática científica, pois a conclusão do estudo foi baseada em dados resultantes de uma amostragem.	I
S2K	A conclusão não tem validade científica, pois está sustentada por uma correlação de dois fatores.	I
S2L	Os dados de uma amostragem são tão importantes quanto os dados obtidos de um experimento.	B
S2M	Os dados obtidos de uma amostragem não são considerados evidências científicas.	I

MATERIAL SUPLEMENTAR

Situações e afirmações do questionário VENCCE. Na última coluna consta a categorização das afirmações em “bem informada” (B), “parcialmente informada” (P) ou “pouco informada” (I).

Situação 3. *Em um congresso, um grupo de cientistas debateu a questão do aquecimento global, tendo como base trabalhos científicos publicados anteriormente. Ao final do debate, um grupo considerou que o aquecimento dos últimos anos foi intensificado pelas ações do ser humano em decorrência do aumento de emissões de gases estufa. Para outro grupo, esta conclusão poderia estar equivocada, pois o aquecimento terrestre é decorrente de um fenômeno atmosférico natural (efeito estufa) e independe das ações humanas. Houve ainda um terceiro grupo, que considerou que o impacto humano em escala global é nulo e que a Terra pode, na verdade, esfriar.*

S3A	Caracteriza uma discussão, que é um evento comum na prática científica.	B
S3B	Neste caso, assim como na ciência em geral, apenas um dos grupos deve estar correto.	I
S3C	Não se caracteriza como uma prática científica, pois há pontos discordantes entre os cientistas.	I
S3D	O uso de argumentos para defender uma posição deve fazer parte da prática científica.	B
S3E	Reduz a credibilidade da ciência, uma vez que não fornece uma verdade para a população e os tomadores de decisão.	I
S3F	Revela a necessidade da revisão de pontos de vista pelos cientistas.	B
S3G	Os grupos podem estar corretos dependendo da escala temporal de estudo.	B
S3H	Abre a possibilidade de colaboração entre cientistas com pontos de vista semelhantes para fortalecer um dos posicionamentos.	B
S3I	Um dos grupos poderia convencer o outro, caso suas evidências fossem mais consistentes.	P
S3J	Apenas um dos grupos está correto, pois na ciência não há mais de uma perspectiva teórica vigente sobre um determinado assunto.	I
S3K	Os grupos só poderiam chegar a um consenso se utilizassem o mesmo contexto teórico para resolver o impasse.	I
S3L	O impasse só poderá ser resolvido com experimentação.	I
S3M	O impasse poderá ser resolvido independente do contexto político e econômico.	B
S3N	O impasse poderá permanecer sem solução, pois a ciência pode estar sujeita a interesses políticos e econômicos.	B
S3O	O impasse deverá ser resolvido, pois a ciência é neutra.	I
S3P	Impasses acontecem porque existe uma grande variação de personalidades humanas e, portanto, não há um único perfil de cientista.	B
S3Q	Para ser aceito na comunidade científica, um posicionamento não precisa ser publicado em revista científica.	I
S3R	Para ser aceito na comunidade científica, um posicionamento precisa ser divulgado em meios de comunicação acessíveis para a sociedade.	I
S3S	Os posicionamentos científicos publicados em revistas de maior credibilidade tendem a ser os mais aceitos entre os cientistas.	B
S3T	O uso de uma analogia, como a contida no termo “efeito estufa”, descaracteriza um termo como científico.	I
S3U	O uso da interdisciplinaridade descaracteriza o aquecimento global como um tema de interesse científico.	I
S3V	Um cientista pode invalidar um posicionamento ao manipular os dados que favoreçam um posicionamento.	B
S3W	Os temas de pesquisa de um cientista independem das fontes de financiamento.	I
S3X	Os posicionamentos publicados em revistas de alta credibilidade não são contestados.	I
S3Y	A ciência busca formular hipóteses testáveis, mas não precisa confrontá-las com o mundo real.	P
S3Z	Dois dos posicionamentos não podem ser considerados científicos, pois o erro não é uma possibilidade na ciência.	I

MATERIAL SUPLEMENTAR

Situações e afirmações do questionário VENCCE. Na última coluna consta a categorização das afirmações em "bem informada" (B), "parcialmente informada" (P) ou "pouco informada" (I).

Situação 4. *Existem duas teorias concorrentes para explicar os padrões de distribuição e abundância de espécies. A Teoria de Nicho (formulada por Grinnell em 1917 e redefinida por Hutchinson em 1957) enuncia que uma espécie só pode viver sob certas condições e com acesso a certos recursos. Em contrapartida, a Teoria Neutra da Biodiversidade (proposta por Hubbell em 2001) defende que as espécies são ecologicamente equivalentes, sendo que a distribuição e abundância das espécies ocorre de forma aleatória e não devido às aptidões específicas.*

S4A	O objetivo da ciência é formular teorias.	B
S4B	Teoria é um conjunto de suposições e generalizações usadas para construir explicações.	B
S4C	As teorias derivam de dados obtidos de experimentos.	I
S4D	A Ecologia pode ser considerada uma ciência pois possui teorias.	P
S4E	As teorias guiam as observações.	B
S4F	As teorias são formuladas pela síntese de várias ideias.	B
S4G	Se um cientista formula uma teoria, esta só poderá ser aceita após ser testada.	P
S4H	Uma teoria só pode ser testada usando um experimento.	I
S4I	Após terminar um projeto, um cientista poderá generalizar os seus dados específicos para conceitos gerais, usando teorias.	B
S4J	Para a formulação de uma teoria, o cientista usa a criatividade e a imaginação.	B
S4K	Ao escolher entre teorias concorrentes, os cientistas consideram as evidências que já estão estabelecidas.	B
S4L	Uma teoria não precisa ser comprovada, pois é apenas uma teoria.	I
S4M	Na ciência, teoria e hipótese são termos equivalentes.	I
S4N	A situação indica que o conhecimento científico é temporário.	B
S4O	Um cientista usa teorias em várias etapas de um trabalho científico.	B
S4P	Quando um cientista relaciona seus dados de campo com teorias, ele não está contribuindo para o progresso científico.	I
S4Q	Um cientista deve conhecer as teorias relacionadas ao seu sistema de estudo antes de ir para o campo coletar dados.	P
S4R	Após a coleta de dados, um cientista adequa seus dados a uma teoria de sua preferência.	P
S4S	As teorias são originadas pela integração de leis e hipóteses e permitem fazer previsões sobre o mundo.	B

MATERIAL SUPLEMENTAR

Situações e afirmações do questionário VENCCE. Na última coluna consta a categorização das afirmações em “bem informada” (B), “parcialmente informada” (P) ou “pouco informada” (I).

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.*

S5A	Descreve uma prática científica, já que foi feita uma coleta sistematizada.	B
S5B	Não pode ser considerado uma prática científica, pois nenhum experimento foi feito.	I
S5C	A conclusão só poderá ser generalizada se a coleta de dados for repetida em diferentes localidades.	P
S5D	A conclusão só poderá ser generalizada se a coleta de dados for realizada com uma amostra muito grande.	P
S5E	Para que os cientistas cheguem a uma conclusão eles deverão levar em consideração a possibilidade de a predação ser devida ao acaso.	B
S5F	Os resultados do estudo só serão aceitos pela comunidade científica se forem apresentados em forma de gráficos.	I
S5G	Os resultados do estudo serão aceitos pela comunidade científica mesmo que os cuidados com a coleta dos dados não forem tomados.	I
S5H	Os resultados do estudo serão aceitos pela comunidade científica se os dados receberem algum tratamento estatístico.	B
S5I	A escolha do tratamento estatístico pode interferir na conclusão do estudo.	B
S5J	Descreve uma prática científica, pois os cientistas formularam uma hipótese testável que foi confrontada com observações.	B
