

Construção e validação de ferramenta para investigação das relações entre conhecimento sobre evolução e tomada de decisão socialmente responsável em questões sócio-científicas

Construction and validation of a tool for investigating the relationships between knowledge about evolution and socially responsible decision making in socioscientific issues

Dália Melissa Conrado^{1,3}, Claudia Sepulveda^{2,4}, Felipe Braga Leal^{1,5}, Ítalo Nascimento de Carvalho^{1,6}, Leonídia Maria S. Cruz^{1,7}, Maíra Miele O. R. de Souza^{1,8}, Tiago P. de Almeida^{1,9}, Uelen O. Moura^{1,10}, Charbel Niño El-Hani^{1,11}

¹UFBA, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Ondina;

²UEFS, Universidade Estadual de Feira de Santana, Dep. de Educação.

³*dalia.ufba@gmail.com*, ⁴*causepulveda@ig.com.br*, ⁵*felipebleal@msn.com*,
⁶*italonc@gmail.com*, ⁷*leoser.bio@gmail.com*, ⁸*mairamiele@gmail.com*,
⁹*ssa.tiago@yahoo.com.br*, ¹⁰*uelenmoura@hotmail.com*, ¹¹*charbel@ufba.br*

Resumo

As relações entre ciência-tecnologia-sociedade, bem como o papel de valores e conhecimentos nas ações e decisões cotidianas do cidadão, têm merecido atenção na pesquisa sobre educação científica. Apesar das dificuldades no ensino-aprendizagem de evolução, o pensamento evolutivo pode ter papel fundamental na compreensão e na tomada de decisão sobre diversas questões sócio-científicas. O presente trabalho relata a construção e a validação de uma ferramenta de coleta de dados sobre a compreensão da teoria darwinista da evolução e seu uso na solução de problemas socialmente relevantes e na tomada de decisão socialmente responsável. Após elaboração de um banco de questões, a partir de características e critérios estabelecidos baseados na literatura, construímos esta ferramenta e a validamos mediante aplicação a diferentes grupos de estudantes universitários. Assim, buscamos contribuir para o desenvolvimento de ferramentas que permitam avaliar como conhecimentos científicos são utilizados pelos cidadãos em processos de tomada de decisão sobre questões sócio-científicas.

Palavras-chave: Evolução; Tomada de decisão; Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS); Ferramentas de coleta de dados.

Abstract

The relationships between science-technology-society, as well as the role of values and knowledge that affects citizens' everyday actions and decisions, have deserved attention of the community of researchers on science education. Despite the difficulties in evolution teaching-learning, evolutionary thought can play a fundamental role in understanding and decision making on several socioscientific issues. This paper reports the construction and validation of a tool for collecting data on the understanding of the Darwinian theory of evolution and its use to solve socially relevant problems and to perform socially responsible decision-making. After elaborating a pool of questions, from characteristics and criteria

established on the grounds of the literature, we built this tool and validated it by application to different groups of higher education students. We strived for contributing in this way to the development of tools that allows us to evaluate how scientific knowledge is used by citizens in decision-making processes about socioscientific issues.

Keywords: Evolution; Decision making; Science-Technology-Society (STS); Collecting data tools.

Introdução

Como a ciência não é uma atividade neutra e seu desenvolvimento está diretamente imbricado com múltiplos aspectos da sociedade, um papel central da educação científica reside em promover condições para que os estudantes compreendam as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS), em particular, no caso de discussões e decisões que abordam assuntos relativos à ciência que trazem importantes conseqüências para a vida social (aqui denominadas questões sócio-científicas, ver, p. ex., Sadler, 2004, 2005). Esta é uma das razões pelas quais o letramento científico e tecnológico tem sido considerado, nas reformas educacionais contemporâneas, uma das principais metas do ensino de ciências. O letramento científico e tecnológico envolve a capacitação dos alunos para compreender as relações CTS, bem como para fazer uso do conhecimento científico e tecnológico na solução de problemas do dia-a-dia, com responsabilidade social (Santos & Schnetzler, 1998).

Desta maneira, as abordagens CTS se tornaram fontes importantes de propostas curriculares para o ensino de ciências, podendo ser concebidas como meios de formar os alunos para o exercício da cidadania por meio da capacidade de tomar decisões socialmente responsáveis. Uma tomada de decisão socialmente responsável implica que o indivíduo toma a decisão tendo consciência de seu papel na sociedade, com compromisso de cooperação e co-responsabilidade social, na busca de melhor qualidade de vida em termos coletivos, e não apenas individuais (Zoller, 1993; Santos & Mortimer, 2002).

Apesar da existência de muitos documentos e publicações que defendem e propõem meios de implementar abordagens CTS e uma educação para a cidadania voltada para a tomada de decisões socialmente responsáveis, a realidade das salas de aula ainda foi relativamente pouco afetada por estas iniciativas. Este é um aspecto da lacuna pesquisa-prática há muito reconhecida no campo da educação (*e.g.* Gatti, 1992; Kennedy, 1997; McIntyre, 2005; Vanderlinde & van Braak, 2010), bem como do ensino de ciências (Pekarek, Krockover & Shepardson, 1996; Pena & Ribeiro Filho, 2008).

Apesar das dificuldades enfrentadas nas conexões entre pesquisa e prática, resultados da pesquisa educacional podem contribuir de modo substancial para o modo como são considerados (ou não) aspectos ambientais, culturais, econômicos, políticos e éticos relativos à C&T no ensino de ciências. De particular importância é a investigação de atividades, sequências didáticas e currículos que promovam engajamento dos alunos em discussões sócio-científicas envolvendo ações concretas e discussões dos valores envolvidos (Santos & Mortimer, 2001). Além disso, uma mudança do ensino de ciências na direção de currículos CTS deve ser acompanhada por uma mudança na forma de avaliar a aprendizagem, de forma a valorizar a reflexão dos estudantes e seu exercício da tomada de decisões (Mortimer, 2002).

Tomar decisões é algo que naturalmente faz parte do cotidiano de indivíduos inseridos em uma sociedade. Contudo, a tomada de decisões se configura como um processo complexo, influenciado não somente pelo conhecimento – científico ou de outra natureza –, mas também por valores, interesses, fatores afetivos etc. (Bell & Lederman, 2003; Sadler, 2005). A tomada de decisões socialmente responsáveis se mostra, então, ainda mais complexa. Desenvolver

uma ação social responsável requer que o indivíduo tome decisões em prol do benefício da coletividade, e não somente individual, e, o que é ainda mais importante, que ele venha a agir conforme a decisão tomada, assumindo a responsabilidade pela ação realizada (Zoller, 1993). Caso a tarefa complexa de educar indivíduos capazes de tomar decisões socialmente responsáveis possa ser levada a cabo no contexto do ensino de ciências, este terá papel fundamental na capacitação do indivíduo para que contribua para mudanças sociais, assumindo a responsabilidade pela ação desenvolvida e considerando aspectos valorativos, éticos e culturais envolvidos na situação na qual a decisão está sendo tomada.

Por todas estas razões, a capacidade de tomada de decisão é fundamental na formação para a cidadania. Ainda que o conhecimento não seja condição suficiente para a formação de um indivíduo que tome decisões e aja de modo socialmente responsável, estudos sobre abordagens CTS têm mostrado que a compreensão de conhecimentos científicos e tecnológicos é importante quando há necessidade do cidadão comum solucionar problemas e tomar decisões no seu cotidiano (Sadler, 2004; Praia, Gil-Pérez & Vilches, 2007; Pinheiro, Silveira & Bazzo, 2007). No caso de questões sócio-científicas, podemos ir ainda além e dizer que a compreensão de conhecimentos científicos e tecnológicos é uma condição necessária.

Mortimer (2002), discutindo uma agenda para a pesquisa em educação em ciências, aponta para a relevância de investigar em que extensão as pessoas empregam conceitos científicos para tomar decisões na vida cotidiana. Inspirados por sua proposta, iniciamos o desenvolvimento de um projeto de pesquisa com esta intenção, focado sobre o conhecimento acerca da evolução, em particular, da teoria darwinista da evolução, a mais aceita pela comunidade científica contemporânea como explicação do processo evolutivo, ainda que numa versão distinta daquela que encontramos no trabalho original de Darwin e, possivelmente, em pleno processo de transformação em relação à síntese evolutiva construída a partir dos anos 1930 e 1940 (Meyer & El-Hani, 2000, 2005; Pigliucci & Müller, 2010). O conhecimento evolutivo é indispensável para a compreensão de diversos fenômenos biológicos, vários dos quais extrapolam os limites da comunidade científica, deixando de ter interesse unicamente teórico e acadêmico e passando a ter também interesse prático para a sociedade em geral. Afinal, conhecimentos evolutivos fornecem bases para o entendimento e a solução de diversos problemas, relacionados, por exemplo, à saúde humana, à agricultura, à conservação ambiental e à análise de diversidade humana (Futuyma, 2002). Sintomaticamente, o ensino da teoria darwinista da evolução tem sido considerado fundamental não só para a compreensão de muitos dos modelos explicativos da biologia, mas também para a educação para a cidadania, em particular, para a tomada de decisões em situações sócio-científicas (Sadler, 2005). Entre os processos biológicos que têm impacto social e cuja compreensão depende do pensamento evolutivo, temos, por exemplo, a resistência bacteriana a antibióticos; as pandemias provocadas por vírus emergentes (Futuyma, 2002; Meyer & El-Hani, 2005); o melhoramento genético de plantas e animais utilizados pelos seres humanos (Bull & Wichman, 2001; Futuyma, 2002); ou até mesmo o desenvolvimento de novas tecnologias computacionais (Bull & Wichman, 2001; Meyer & El-Hani, 2005).

O estudo aqui relatado enfocou, em particular, os campos da saúde, agricultura e conservação. O surgimento de linhagens de agentes infecciosos resistentes, bem como ações que podem retardar ou prevenir sua evolução e, assim, os limites e possibilidades de controle de epidemias, são exemplos de tópicos relacionados à saúde humana que os conhecimentos evolutivos ajudam a compreender. No que diz respeito à agricultura, o entendimento da teoria evolutiva é indispensável para compreender, por exemplo, o surgimento de pragas agrícolas resistentes a pesticidas, a necessidade da manutenção de variabilidade genética nos cultivos, a fim de evitar problemas de infestação de pragas resistentes, bem como a adoção de refúgios

para recrutamento de herbívoros com genes vulneráveis a inseticidas. Na conservação ambiental, o impacto da fragmentação de habitat sobre a diversidade biológica, suas conseqüências genéticas e ecológicas para espécies ameaçadas de extinção, a hibridização de espécies, as relações de animais domésticos e selvagens, são alguns assuntos que demandam conhecimento evolutivo.

Não obstante a importância do pensamento darwinista, os resultados disponíveis acerca de seu ensino e aprendizagem são relativamente desanimadores. Desde a década de 1980, tem sido constatada a persistência de dificuldades por parte dos alunos para resolver problemas e interpretar fenômenos biológicos em termos darwinistas, mesmo após instrução formal sobre o tema (*e.g.* Clough & Wood-Robinson, 1985; Bishop & Anderson, 1990; Bizzo, 1994; Jensen & Finley, 1996). Entre os fatores citados como capazes de explicar a prevalência de tais dificuldades, temos: a incompreensão de conceitos centrais que estruturam a teoria darwinista da evolução (*e.g.* Ferrari & Chi, 1998); a rejeição aos aspectos metafísicos da teoria, em virtude dos conflitos com concepções de natureza importantes na visão de mundo de estudantes, como aquelas pautadas nas religiões cristãs (*e.g.* Brem, Ranney & Schindel, 2003; Sepulveda & El-Hani, 2004, 2006); e a frequência de visões inadequadas sobre a natureza da ciência entre estudantes e professores (*e.g.* Smith, Siegel & McInerney, 1995; Rutledge & Warden, 2000).

Um dos grandes interesses de pesquisa no campo do ensino de evolução recai, assim, sobre a investigação de inovações educacionais visando melhorias no ensino e aprendizagem de evolução. Neste trabalho, enfocamos outro aspecto, o uso da teoria darwinista da evolução como base de conhecimento na solução de problemas de relevância social e na tomada de decisão para ação social responsável em relação a questões sócio-científicas. O primeiro passo para a condução de investigações sobre este aspecto consistiu na construção e validação de uma nova ferramenta de coleta de dados, visto que não encontramos na literatura ferramentas disponíveis que pudessem ser usadas para a investigação que intentamos, sobre as relações entre conhecimentos sobre evolução e tomada de decisão. O presente trabalho relata, portanto, a construção e a validação de uma ferramenta de coleta de dados sobre a compreensão da teoria darwinista da evolução e seu uso na solução de problemas socialmente relevantes e na tomada de decisão socialmente responsável. Esta ferramenta utiliza situações vinculadas a questões sócio-científicas relativas à agricultura, conservação ambiental e saúde pública, para investigar a tomada de decisão dos estudantes, o modo como avaliam as conseqüências das decisões tomadas, e as relações de ambos os aspectos com o conhecimento evolutivo.

Construção de ferramenta acerca das relações entre conhecimento sobre evolução e tomada de decisão socialmente responsável em questões sócio-científicas

Foi construído inicialmente um banco de questões sobre três temas: manejo agrário (MAG), medidas de conservação ambiental (MCA) e resistência bacteriana a antibióticos (RBA). Para a construção deste banco, foi realizado um levantamento bibliográfico de reportagens jornalísticas e artigos científicos relacionados à aplicação de teorias e métodos da biologia evolutiva na resolução de problemas de relevância sócio-científica, bem como artigos (principalmente de revisão) sobre MAG, MCA e RBA. Além disso, alguns livros sobre biologia evolutiva e genética de conservação (Futuyma, 2002; Frankham et al., 2008) e o site Understanding Evolution (<http://evolution.berkeley.edu/>) foram utilizados como base de informações relevantes para aplicação do raciocínio evolutivo no cotidiano.

As questões se dividem em dois grupos: o primeiro, de “questões conceituais”, inclui questões que buscam avaliar unicamente o conhecimento do respondente sobre o tema e

permitem examinar a mobilização do pensamento evolutivo em relação a cada um dos assuntos considerados; o segundo, de “questões de tomada de decisão”, é composto por questões nas quais um problema é apresentado e são oferecidas duas soluções para ele. Apenas uma das soluções se refere a uma escolha considerada socialmente responsável, com base na análise do corpo de conhecimento teórico que embasou a construção das questões. É solicitado que o respondente opte por uma das soluções, justifique sua decisão e, em alguns casos, discorra sobre as possíveis conseqüências de sua escolha. Ao analisar as justificativas fornecidas e as avaliações feitas sobre as conseqüências das decisões, espera-se detectar se houve influência do pensamento evolutivo e como este se relacionou a uma possível escolha socialmente responsável ou não.

As questões de tomada de decisão, por sua vez, são divididas em três subgrupos. No primeiro, estão aquelas em que o respondente deve se colocar na posição de um cidadão comum, enfrentando uma situação que afetará primariamente a si mesmo, mas que secundariamente trará conseqüências para a sociedade. No segundo subgrupo, as questões buscam situar o respondente na condição de uma pessoa que toma uma decisão cujas conseqüências afetam terceiros (como um médico ou empresário, por exemplo). Já o terceiro subgrupo é composto por questões em que o papel social a ser assumido pelo respondente é o de um gestor público, como um prefeito ou deputado, cuja ação afetará diretamente a sociedade como um todo. Em cada subgrupo, há ao menos uma questão sobre cada tema. Essa diversidade de situações permite avaliar diferentes habilidades e tipos de raciocínio, numa diversidade de papéis sociais. Isso permite acessar como, em diferentes contextos, os indivíduos podem tomar diferentes decisões (Eggert & Bogeholz, 2010).

Cada questão é acompanhada de um pequeno texto, que expõe uma situação-problema e também oferece informações úteis para o respondente compreender o cenário abordado. No entanto, não são fornecidos apoios que possam induzir ao raciocínio evolutivo ou tornar óbvia a decisão socialmente responsável.

Em sua totalidade, o banco de questões é composto por quatro questões conceituais e doze questões referentes à tomada de decisão. A seguir, temos exemplos de uma questão conceitual e de uma questão de tomada de decisão:

Exemplo de questão conceitual: Características vantajosas para um animal em cativeiro podem não ser vantajosas em seu ambiente nativo. Peixes que apresentam determinadas características em um rio, por exemplo, podem ter mais sucesso em se reproduzir e deixar descendentes. Porém, peixes da mesma espécie criados em cativeiro podem ter características diferentes daqueles que vivem no rio, sendo que suas características permitem que eles deixem mais descendentes no cativeiro. A estratégia de criação em cativeiro pode ser importante para restaurar a população em ambiente natural, sendo que os peixes passam a primeira parte de suas vidas nos tanques e, quando atingem certo tamanho, são liberados no rio. Explique por que peixes criados em cativeiro podem ter características diferentes de peixes da mesma espécie que vivem em rios.

Exemplo de questão de tomada de decisão: Imagine que você participa de uma cooperativa de cultivo de algodão e precisa decidir sobre alguma estratégia para reduzir o número de lagartas e percevejos que têm atingido as plantações e prejudicado todos os membros da cooperativa. Numa reunião para decidir o que fazer, alguns agricultores defendem a aplicação de um pesticida de alta eficácia em larga escala para eliminar a maioria das lagartas e dos percevejos. Outros agricultores propõem usar pesticidas em apenas uma área da plantação, deixando áreas sem pesticida para preservar lagartas e percevejos vulneráveis. Como membro da cooperativa, qual das duas opções você defenderia? Justifique sua decisão. Explique as conseqüências de sua decisão.

Com base nesse banco, são construídos questionários constituídos por quatro questões sorteadas aleatoriamente. A escolha do número de questões do instrumento foi motivada pelo requisito de que o tamanho fosse relativamente pequeno, não demandando um tempo muito grande para que fosse respondido. Cada questionário apresenta uma questão que avalia o conhecimento (conceitual) e três questões que envolvem tomada de decisão. Os três temas (RBA, MAG, MCA) são contemplados em todos os questionários, assim como os três

subgrupos de questões descritos acima, de modo que o respondente assumia os três papéis sociais distintos. Podem ser construídos, assim, 56 questionários diferentes com combinações únicas de questões, a partir do banco de questões.

Validação da ferramenta de coleta de dados

Inicialmente, pensamos em construir questionários separados para cada um dos temas (RBA, MCA e MAG). Seria usado um sistema de apoios (*scaffolds*), no qual, para cada questão, seria oferecida alguma informação relevante para que o respondente mobilizasse uma visão evolutiva sobre os problemas abordados, com a quantidade de apoios aumentando à medida que as questões se sucedessem no questionário. Desse modo, as questões sobre cada tema foram primeiramente dispostas numa mesma ferramenta, com textos de apoio entre elas.

De forma a testar se o modo como estávamos estruturando as questões permitia sua compreensão pelos estudantes e, além disso, resultava num questionário passível de ser respondido num intervalo de tempo em que o engajamento dos estudantes na tentativa de responder as questões fosse mantido, aplicamos um questionário piloto contendo as questões sobre RBA a 20 estudantes ingressantes de um curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Bahia, que haviam, portanto, concluído há pouco o ensino médio. Para este teste, preparamos duas versões do questionário, sendo cada versão respondida por 10 estudantes. Numa delas, foram retiradas algumas palavras centrais dos enunciados das questões, visando avaliar se os respondentes conseguiam entender a redação das mesmas, com base em sua capacidade de preencher as lacunas, além das respostas fornecidas por eles. Foi também aplicada uma versão do mesmo questionário sem as lacunas, permitindo comparar os resultados obtidos com ambos os questionários e avaliar, assim, se havia problemas significativos no modo como construímos as questões. Ao analisarmos os questionários, ficou claro que os estudantes não tiveram dificuldade de preencher as lacunas nos enunciados das questões. Aqueles que responderam o questionário com lacunas tiveram desempenho muito semelhante ao daqueles que responderam a versão sem lacunas, indicando que os enunciados das questões poderiam ser facilmente entendidos.

Este teste piloto também mostrou, contudo, que os respondentes consideravam o questionário, formatado em 10 páginas, cansativo e repetitivo. A estratégia de fornecer apoios não funcionou como planejado, tornando as questões excessivamente triviais. Assim, reduzimos a quantidade de texto, tanto das questões, quanto dos cenários, e eliminamos repetições desnecessárias, para evitar cansar o participante, o que comprometeria a qualidade das respostas obtidas e reduziria a eficiência do questionário. Também foram retirados trechos do texto que induziam o respondente a optar por uma das alternativas nas questões de tomada de decisão. Além disso, padronizamos as descrições de ambas as alternativas, para que passassem a ter quantidades semelhantes de texto, evitando que o respondente tendesse a optar por aquela que fornecesse mais informações, como o teste piloto mostrou ser possível.

A mudança mais importante, contudo, foi o abandono da estrutura de questionários com um único tema e a adoção de questionários mistos, estruturados com questões envolvendo os três temas abordados. A mistura das questões foi realizada porque percebemos no teste piloto que os temas MAG, MCA e RBA operavam como variáveis de confusão, uma vez que certos respondentes pareciam ter respondido às questões com mais facilidade por conta de seu melhor conhecimento sobre o tema. Com questionários combinando os três temas, a influência da familiaridade do estudante com um dos temas tende a afetar menos sua facilidade de responder às questões.

Após as reformulações feitas em função deste primeiro teste piloto, realizamos um segundo teste visando à validação do questionário, cujos resultados serão discutidos abaixo.

Primeiro, as questões do banco foram aplicadas, em diferentes questionários, a dez estudantes de cursos de pós-graduação da mesma Universidade Federal brasileira, da área de Ecologia, nos níveis de mestrado e doutorado. Conseguimos o retorno de oito questionários (80%). Este teste foi realizado para verificar se as questões apresentavam problemas de construção que as tornassem excessivamente exigentes no que tange ao domínio dos conteúdos específicos abordados. Assim, se estudantes de pós-graduação de uma área da biologia relativamente próxima à biologia evolutiva, que se encontram melhor preparados para lidar com os assuntos envolvidos, tivessem dificuldades para responder às questões, em particular no que diz respeito ao domínio dos conteúdos em si, as questões teriam problemas de construção que impediriam seu uso com estudantes que estivessem cursando ou tivessem concluído há pouco o ensino médio, para os quais a ferramenta foi desenhada.

Em seguida, as questões foram aplicadas, reunidas em diferentes questionários, a dez estudantes de graduação do primeiro semestre de um curso de Ciências Biológicas da mesma Universidade Federal e a dez estudantes que estavam ingressando, nesta universidade, em cursos de graduação não relacionados às Ciências Biológicas (Engenharia Civil e Bacharelado Interdisciplinar em Humanidades). Tivemos um retorno de todos os questionários aplicados a estudantes de Ciências Biológicas e de seis questionários (60%) dos estudantes de outros cursos. Este teste foi realizado para verificar se as questões eram capazes de diferenciar entre respondentes com níveis distintos de domínio do pensamento evolutivo. Neste caso, a expectativa por trás do teste era a de que os estudantes do curso de Ciências Biológicas mostrassem um maior uso do raciocínio evolutivo do que estudantes de outros cursos, inclusive nas questões de tomada de decisão, por apresentarem maior afinidade com o assunto. Além disso, esperávamos também que a qualidade do uso do pensamento evolutivo fosse maior nestes estudantes, relativamente aos ingressantes de outros cursos, mas menor do que aquela observada nos estudantes de pós-graduação.

Análise dos dados do segundo teste piloto

Os testes realizados foram analisados de forma quantitativa e qualitativa. Para a análise qualitativa, foram criadas respostas padronizadas para cada questão (inicialmente essas respostas foram elaboradas por um pesquisador e depois discutidas entre todos os pesquisadores e estudantes envolvidos), que deveriam incluir um raciocínio evolutivo de boa qualidade e, nas questões de tomada de decisão, seu uso como base para uma tomada de decisão socialmente responsável. Estas respostas forneciam, assim, parâmetros de comparação com as respostas fornecidas pelos participantes da pesquisa. Este é um elemento importante da ferramenta de coleta de dados, pois torna possível padronizar melhor seu uso por diferentes pesquisadores e, assim, viabiliza a realização de estudos comparativos.

Além das respostas padronizadas, foram também criadas categorias *a priori* para a análise das questões. No caso das questões conceituais, consideramos as seguintes categorias: C1 - Uso do raciocínio evolutivo; C1-A: Uso adequado do raciocínio evolutivo, com os termos científicos sendo usados com propriedade (esta subcategoria é a que mais se aproxima da resposta padronizada, mencionada acima); C1-B: Uso do raciocínio evolutivo, mas sem um emprego apropriado dos termos científicos; C2 - Uso inadequado do raciocínio evolutivo; C3 - Ausência de uso do raciocínio evolutivo; C4 - Não respondeu.

Para as questões de tomada de decisão, as seguintes categorias foram usadas: G1 - Tomada de decisão socialmente responsável e uso adequado do raciocínio evolutivo; G1-A: Uso apropriado dos termos científicos; G1-B: Uso de linguagem cotidiana apenas, sem emprego dos termos científicos com propriedade; G2 - Tomada de decisão socialmente responsável com uso inadequado do raciocínio evolutivo; G3 - Tomada de decisão socialmente responsável sem uso do raciocínio evolutivo; G4 - Tomada de decisão não

socialmente responsável com uso adequado do raciocínio evolutivo; G5 - Tomada de decisão não socialmente responsável com uso inadequado do raciocínio evolutivo; G6 - Tomada de decisão não socialmente responsável sem uso do raciocínio evolutivo; G7 – Sem Tomada de Decisão/Sem resposta.

Outra análise realizada foi de natureza quantitativa e partiu da identificação de conteúdos relacionados à teoria darwinista da evolução que poderiam ser usados nas respostas às questões relativas a cada um dos temas abordados. Buscamos avaliar, então, o uso de tais conteúdos nas respostas dos estudantes, a partir da quantidade de termos e conceitos utilizados nas respostas das questões. Os seguintes conteúdos/termos foram considerados: Seleção Natural; Evolução; Variação populacional; Mudança na população; Adaptação; Resistência bacteriana; Uso inadequado ou adequado do antibiótico/pesticida; Mutação; Sucesso reprodutivo; Herança; Resistência da praga; Sobrevivência limitada; Recursos limitados; Potencial biótico; Populações estáveis.

Todas as análises foram feitas independentemente por três avaliadores, de forma a aumentar a confiabilidade da análise, sendo calculadas as taxas de concordância das análises independentes. A concordância entre os avaliadores foi, para a primeira análise, de 75% e, para a segunda análise, de 86%. A concordância na primeira análise precisaria ser aprimorada, para um uso confiável do instrumento, mas nossa expectativa é que isso ocorra à medida que a equipe de investigação ganhar maior familiaridade com o uso da ferramenta. Nas respostas em que houve discordância quanto à classificação, os avaliadores discutiram entre si de forma a esclarecer diferentes interpretações e obter uma classificação comum. Caso não fosse possível encontrar tal consenso, a resposta deveria ser eliminada da amostra, o que não ocorreu no presente teste.

Resultados e discussão do segundo teste piloto

As respostas dos estudantes de cursos de pós-graduação indicaram uma forte influência do pensamento evolutivo, dado que 87% das questões de avaliação de conhecimento foram respondidas por este grupo com o uso do raciocínio evolutivo de forma correta, não havendo casos em que este uso tenha sido inadequado (Tabela 1). Já nas questões de tomada de decisão, a proporção de respostas com uso correto do raciocínio evolutivo foi menor (49,9%) entre estes estudantes, tendo sido observado, contudo, que todos os respondentes que utilizaram o raciocínio evolutivo corretamente (41,6%) optaram pelas alternativas de tomada de decisão socialmente responsável (Tabela 2). Quanto aos conteúdos relacionados à teoria darwinista, foram utilizados nove dos dez conteúdos listados, num total de 55 citações (Tabela 3).

Tabela 1 – Categorização das respostas das questões conceituais (%).

Grupo	C1-A	C1-B	C2	C3
Graduação em outros cursos	0	0	50	50
Graduação em Ciências Biológicas	20	10	30	40
Pós-Graduação em C. Biológicas	87,5	0	0	12,5

Legenda:

C1-A - Uso adequado do raciocínio evolutivo com uso adequado dos termos científicos

C1-B - Uso adequado do raciocínio Evolutivo com uso de linguagem cotidiana

C2 - Uso inadequado do raciocínio evolutivo

C3 - Ausência de uso do raciocínio evolutivo

Assim, os pós-graduandos não tiveram dificuldades de mobilizar o conhecimento evolutivo ao responder o questionário, empregando com frequência e propriedade o raciocínio evolutivo em suas respostas, inclusive para a tomada de decisão socialmente responsável. Este

é, precisamente, o resultado esperado, apontando que as questões não têm problemas de construção que dificultam a resposta por alguém com certo domínio do conhecimento evolutivo. Este é, portanto, um dos resultados que permitem que a ferramenta seja considerada validada.

Os alunos ingressantes do curso de graduação em Ciências Biológicas, por sua vez, utilizaram mais o raciocínio evolutivo em suas respostas do que os alunos de graduação que estavam começando outros cursos. Esta diferença não foi, contudo, muito grande: enquanto 60% das questões de avaliação de conhecimento respondidas pelo grupo de estudantes de biologia traziam sinais claros da aplicação do raciocínio evolutivo, 50% das questões respondidas pelo grupo de estudantes de outros cursos também apresentaram esses sinais. A diferença mais marcante residiu na qualidade do uso do conhecimento evolutivo, uma vez que, entre os estudantes de outras áreas, nenhum aluno utilizou o raciocínio evolutivo de maneira correta (Tabela 1).

Já nas questões de tomada de decisão, uma pequena parcela dos estudantes de Ciências Biológicas utilizou o raciocínio evolutivo (16,7%), sendo nula a aplicação deste raciocínio entre estudantes de outros cursos. Porém, em ambos os casos, houve um alto índice de escolhas da alternativa de tomada de decisão socialmente responsável (Tabela 2).

Tabela 2 – Categorização das respostas das questões de tomada de decisão (%).

Grupo	G1-A	G1-B	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Graduação em outros cursos	0	0	0	44,4	0	0	38,9	16,7
Graduação em C. Biológicas	0	6,7	10	66,7	0	0	16,7	0
Pós-Graduação em C. Biológicas	33,3	8,3	8,3	29,2	0	0	12,5	8,3

Legenda:

G1-A - Tomada de decisão socialmente responsável, e uso adequado de raciocínio evolutivo e termos científicos

G1-B - Tomada de decisão socialmente responsável, com uso adequado do raciocínio evolutivo e uso de linguagem cotidiana

G2 - Tomada de decisão socialmente responsável com uso inadequado do raciocínio evolutivo

G3 - Tomada de decisão socialmente responsável sem uso do raciocínio evolutivo

G6 - Tomada de decisão não socialmente responsável sem uso do raciocínio evolutivo

G7 - Sem tomada de decisão/Sem resposta

Os estudantes de Ciências Biológicas também utilizaram mais conteúdos relacionados à teoria darwinista em suas respostas (6 conceitos), em comparação com os estudantes de outros cursos (4 conceitos), totalizando 30 citações (Tabela 3).

Tabela 3 – Total de conteúdos relacionados à teoria darwinista da evolução utilizados em cada grupo.

Conteúdo / Aluno	Ingressantes de cursos de áreas não biológicas	Ingressantes de curso de graduação em Ciências Biológicas	Pós-graduandos
Seleção natural	1	4	9
Resistência	6	10	16
Variação populacional	0	8	13
Mudança populacional	0	0	1
Sobrevivência Limitada	0	0	3
Uso inadequado de antibióticos/ pesticidas	0	1	2
Evolução	1	0	1
Sucesso Reprodutivo	0	4	5
Mutação	0	3	5
Adaptação	1	0	0
Total	9	30	55

Em relação às expectativas subjacentes a este teste, os estudantes do curso de Ciências Biológicas fizeram maior uso do raciocínio evolutivo e, sobretudo, o fizeram com maior qualidade do que os estudantes de outros cursos. Estes eram os resultados esperados, indicando que a ferramenta é capaz de diferenciar entre respondentes com níveis distintos de domínio do pensamento evolutivo, um dos elementos necessários para sua validação.

Embora os resultados indiquem que as questões se mostram capazes de sondar a habilidade dos indivíduos de tomar decisões socialmente responsáveis, o achado de que a escolha por tais decisões ocorreu na ausência de uso do pensamento evolutivo requer algumas considerações. Em princípio, esses resultados podem apontar, não obstante a natureza diminuta da amostra, na direção da falsificação da hipótese de que o conhecimento evolutivo é necessário para a tomada de decisão socialmente responsável nas questões sócio-científicas consideradas. Não causa espanto, de fato, de que escolhas socialmente responsáveis possam ser feitas baseadas em outras razões que não o emprego de raciocínio evolutivo, em particular, nos casos em que as situações modeladas são de mais ampla divulgação, inclusive no que diz respeito às conseqüências de determinadas decisões para a coletividade. Este é o caso, por exemplo, da resistência bacteriana a antibióticos, em que idéias sobre o emprego adequado de tais medicamentos são divulgadas na mídia e fazem parte da opinião pública, tornando possível a decisão socialmente responsável sem mobilização do conhecimento evolutivo.

Contudo, também devemos considerar que os pós-graduandos utilizaram o pensamento evolutivo com frequência maior do que os graduandos nas questões de tomada de decisão, incluindo aquelas sobre RBA, o que sugere que a ferramenta está, de fato, sendo capaz de diferenciar entre graus distintos de domínio do conhecimento evolutivo: embora possa não ser necessário o uso do conhecimento evolutivo para tomada de decisão socialmente responsável, ao menos em alguns casos, um maior domínio deste conhecimento aumenta as chances de seu uso. Ou seja, terminamos por nos inclinar para a interpretação de que temos nesses achados indicações interessantes sobre possíveis resultados de um estudo com contingentes maiores de respondentes, que estamos conduzindo no presente momento.

Embora não seja o caso de realizar toda a coleta de dados com a ferramenta acompanhada de entrevistas, o que minaria o objetivo de produzir uma maneira de coletar grandes quantidades de dados sobre o uso do conhecimento evolutivo e sua relação com a tomada de decisão, parece interessante usar entrevistas semi-estruturadas junto aos questionários, quando a amostra tornar isso possível, ou numa subamostra dos respondentes dos questionários. Assim, a interação com o entrevistador pode esclarecer pontos quanto ao uso do raciocínio evolutivo, que não possam ser acessados nas respostas ao questionário.

Conclusões

São escassos na literatura artigos que descrevam o desenvolvimento de ferramentas que permitam avaliar como conhecimentos científicos são utilizados em processos de tomada de decisão. Este artigo preenche, portanto, uma lacuna quanto à proposição e validação de ferramentas desta natureza. Esperamos, assim, não somente disponibilizar na literatura um instrumento que permita investigar as relações entre o conhecimento sobre um conteúdo científico de grande importância, a evolução, e tomada de decisão socialmente responsável, mas também fomentar o desenvolvimento de ferramentas semelhantes para a investigação desse tema, colocado por Mortimer (2002), em nosso entendimento corretamente, como um dos eixos de uma agenda para a pesquisa em educação científica no novo milênio.

Os resultados obtidos no processo de validação da ferramenta não só indicaram sua confiabilidade, como foram também úteis para obtermos uma noção preliminar sobre a relação entre o uso da teoria darwinista da evolução e a tomada de decisões para ação social

responsável diante de problemas de relevância social. Os resultados, sobretudo com os pós-graduandos, indicam que, quanto maior o conhecimento dos respondentes acerca da evolução, maior sua influência sobre seu processo de tomada de decisões. Porém, nota-se também que a escolha por ações socialmente responsáveis não ocorre exclusivamente por aqueles que possuem mais conhecimentos evolutivos. Uma vez que os temas abordados no questionário recebem cada vez mais atenção na mídia ou mesmo se referem a experiências provavelmente vivenciadas pelos respondentes, a escolha por essas ações pode ter se tornado parte do senso comum, mostrando-se, assim, relativamente triviais, o que faria com que a aquisição de conhecimentos científicos apurados deixasse de ser um passo necessário na tomada de decisões socialmente responsáveis. Contudo, podemos considerar que, diante de situações mais triviais, os respondentes podem não se mobilizar para usar modos mais sofisticados de raciocínio para resolver questões sócio-científicas. Assim, em investigações futuras, pretendemos usar questionários elaborados com base no banco de questões que construímos, lado a lado com entrevistas semi-estruturadas, com vistas a realizar estudos mais aprofundados, que poderão apoiar ou não as indicações provisórias e bastante preliminares fornecidas pelos testes visando à validação da ferramenta.

Referências

- BELL, R. L. & LEDERMAN, N. G. Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues. **Science Education**, v.87, p.352-377, 2003.
- BISHOP, B. A. & ANDERSON, C. W. Student conception of natural selection and its role in evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 5, pp. 415-427, 1990.
- BIZZO, N. M. V. From Down House Landlord to Brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 5, pp. 517-556, 1994.
- BREM, S. K.; RANNEY, M. & SCHINDEL, J. Perceived consequences of evolution: College students perceive negative personal and social impact in evolutionary theory. **Science Education**, v. 87, pp. 181-206, 2003.
- BULL, J. J. & WICHMAN, H. A. Applied evolution. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, pp. 183-217, 2001.
- CLOUGH, E.E. & WOOD-ROBINSON, C. How secondary students interpret instances of biological adaptation. **Journal of Biological Education**, v. 19, n. 2, pp. 125-130, 1985.
- EGGERT, S. & BOGEHOLZ, S. Students' Use of Decision-Making Strategies with Regard to Socioscientific Issues: An Application of the Rasch Partial Credit Model. **Science Education**, v. 94, n. 2, pp. 230-258, 2010.
- FERRARI, M. & CHI, M. T. H. The nature of naïve explanations of natural selection. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 10, pp. 1231-1256, 1998.
- FRANKHAM, R; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **Fundamentos de genética da conservação**. Ribeirão Preto: SBG, 2008.
- FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 1993.
- FUTUYMA, D. J. **Evolução, Ciência e Sociedade**. São Paulo: SBG, 2002.
- GATTI, B. A. A formação dos docentes: o confronto necessário professor x academia. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 81, pp. 70-74, 1992.

JENSEN, M. S. & FINLEY, F. N. Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and Instructional Strategies. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n. 8, pp. 879-900, 1996.

KENNEDY, M. M. The connection between research and practice. **Educational Researcher**, v. 26, pp. 4-12, 1997.

MCINTYRE, D. Bridging the gap between research and practice. **Cambridge Journal of Education**, v. 35, pp. 357-382, 2005.

MEYER, D. & EL-HANI, C. N. Evolução. *In*: EL-HANI, C. N. & VIDEIRA, A. A. P. **O Que é Vida?** Para Entender a Biologia do Século XXI. Rio de Janeiro: Relume Dumará. pp. 153-185. 2000.

_____. **Evolução: O Sentido da Biologia**. São Paulo: UNESP. 2005.

MORTIMER, E. F. M. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 1, pp. 36-59, 2002.

PEKAREK, R.; KROCKOVER, G.; SHEPARDSON, D. The research/practice gap in science education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, pp. 111-113, 1996.

PENA, F. L. A. & RIBEIRO FILHO, A. Relação entre pesquisa em ensino de física e a prática docente: Dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**, v. 25, pp. 424-438, 2008.

PIGLIUCCI, M. & MÜLLER, G. B. **Evolution: The Extended Synthesis**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2010.

PINHEIRO, N. A.; SILVEIRA, R. M.; BAZZO, W. A. A relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, pp. 71-84, 2007.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência e Educação**. Bauru, v. 13, n. 2, pp. 141-156, 2007.

RUTLEDGE, M. L. & WARDEN, M. A. Evolutionary theory, the nature of science & high school biology teachers: Critical relationships. **The American Biology Teacher**, v. 62, n. 1, pp. 23-31, 2000.

SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. Wiley Periodicals, **Journal of Research in Science teaching**, v. 41, n. 5, pp. 513-536, 2004.

SADLER, T. D. Evolutionary theory as a guide to socioscientific decision-making. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 02, pp. 68-72, 2005.

SANTOS, W. L. P. & MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 1, pp. 95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P. & SCHNETZLER, R. P. Ciência e educação para a cidadania. *In*: CHASSOT, A.; OLIVEIRA, R. J. (Orgs.) **Ciência, ética e cultura na educação**. São Leopoldo: Unisinos, 1998, pp.255-70.

SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Quando visões de mundo se encontram: Religião e ciência na trajetória de formação de alunos protestantes de uma Licenciatura em Ciências Biológicas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 2, pp. 137-175, 2004.

_____. Apropriação do discurso científico por alunos protestantes de Biologia: Uma análise à luz da teoria da linguagem de Bakhtin. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 1, pp. 29-51, 2006.

SMITH, M. U.; SIEGEL, H.; McINERNEY, J. D. Foundational issues in evolution education. **Science & Education**, v. 4, pp. 23-46, 1995.

VANDERLINDE, R & VAN BRAAK, J. The gap between educational research and practice: views of teachers, school leaders, intermediaries and researchers. **British Educational Research Journal**, v. 36, n. 2, pp. 299-316, 2010.

ZOLLER, U. Expanding the meaning of STS and the movement across the globe. **In:** YAGER, R. E. (Ed.). **The science, technology, society movement**. Washington, DC: National Science Teachers Association, 1993. pp.125-134.