

Testes de múltipla escolha para verificar o entendimento conceitual dos alunos sobre mudanças climáticas: explorando a interface entre Química e Geologia

Multiple-choice tests to check students' conceptual understanding about climate change: exploring the interface between Chemistry and Geology

Thalita de Souza Nascimento

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo
thalita.nascimento@usp.br

Raíssa dos Santos Ballego

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo
raissa.ballego@usp.br

Laura Hellena Arteaga Castellón Falceta

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo
laura.falceta@usp.br

Paulo Rogério Miranda Correia

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo
prmc@usp.br

Resumo

A avaliação é uma parte fundamental do processo de ensino-aprendizagem. Testes de múltipla escolha (TME) são úteis para que o professor avalie o conhecimento declarativo dos estudantes de forma rápida. Alunos ingressantes na USP (n=86) responderam 7 TME sobre mudanças climáticas, para verificar o entendimento deles sobre conceitos da Química e Geologia relacionados ao tema. O desempenho nos TME foi utilizado para produzir comentários personalizados, compatíveis com o nível de conhecimento dos estudantes. A análise hierárquica de agrupamentos (AHA) foi utilizada para identificar os TME mais fáceis e difíceis, a partir das respostas dos alunos às alternativas certas e aos distratores (alternativas incorretas). A AHA também foi útil para agrupar os alunos de acordo com o desempenho que eles apresentaram nos TME. A caracterização desses grupos de alunos permitiu localizar aqueles que precisavam de maior atenção do professor, para superar os obstáculos de aprendizagem. A elaboração de comentários específicos para cada grupo de alunos, a partir

das dúvidas conceituais identificadas por meio dos TME, se tornou possível e personalizou o atendimento oferecido pelo professor durante o processo de ensino.

Palavras chave: avaliação da aprendizagem, interdisciplinaridade, testes de múltipla escolha, ensino de química, ensino de geologia.

Abstract

Assessment is a fundamental part of the teaching-learning process. Multiple choice tests (MCT) are useful for the teacher to evaluate students' declarative knowledge quickly. Students entering at USP (n = 86) answered 7 MCT on climate change, to verify their understanding of chemical and geological concepts related to this topic. Students' performance was used to produce personalized comments, according to their knowledge level. Hierarchical cluster analysis (HCA) was used to identify the easiest and most difficult MCT, from the students' answers including the correct option and the distractors (incorrect options). HCA was also useful for grouping students according to the performance they presented in MCT. The characterization of these groups of students allowed identifying those who needed more attention of the teacher, to overcome the learning obstacles. The elaboration of specific comments for each group of students, based on the conceptual faults identified through the MCT, became possible and personalized the support offered by the teacher during the teaching process.

Key words: learning evaluation, interdisciplinarity, multiple-choice tests, chemistry teaching, geology teaching.

Introdução

A avaliação é uma parte fundamental do processo de ensino-aprendizagem. Ela é importante para produzir informações para o professor e seus estudantes, permitindo a identificação de dificuldades e a devida correção de rumos, que pode envolver a alteração dos materiais de estudo, a revisão de conceitos especialmente difíceis, a inclusão de exercícios adicionais e o aumento do tempo para trabalhos em pequenos grupos. Nesse contexto, a avaliação transcende o papel meramente classificatório e assume uma função ontológica ao produzir informações diagnósticas que informam o processo de tomada de decisão (LUCKESI, 2003).

Entre as diversas formas de realizar a avaliação, o uso de testes de múltipla escolha (TME) é uma possibilidade empregada há muito tempo, sobretudo em exames aplicados em larga escala (TOFFOLI, 2016), tais como vestibulares, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e a prova do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA). Nesses casos, é evidente o seu papel classificatório, justificando o estigma negativo no uso desse tipo de questão em outras situações educacionais. Os TME são pouco explorados no contexto das salas de aula como forma de realizar uma avaliação diagnóstica sobre a compreensão dos alunos acerca dos conteúdos trabalhados. A possibilidade de usar os TME na função ontológica da avaliação da aprendizagem motivou a realização desse trabalho.

Apesar de limitar a explicitação do raciocínio dos alunos, os TME são úteis para fazer avaliações diagnósticas ao longo do processo de ensino-aprendizagem, visto que eles podem ser corrigidos rapidamente. Isso permite ao professor fazer uma avaliação geral dos alunos e verificar a necessidade (ou não) de alterar o seu planejamento de aulas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial dos TME em gerar informações sobre o entendimento dos estudantes sobre as mudanças climáticas, destacando-se a interface conceitual existente

entre a Química e a Geologia. O desempenho dos alunos nos TME foi utilizado pelo professor para produzir comentários personalizados, compatíveis com o nível de conhecimento de cada estudante.

Procedimentos

Contexto da pesquisa

Oitenta e seis alunos da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP) participaram da coleta de dados realizada durante a disciplina ACH 0131 Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade (CN), no 1º semestre de 2016. Essa disciplina tem como objetivo contribuir com o processo de alfabetização científica (BYBEE e FUCHS, 2006; CORREIA et al., 2010; SANTOS, 2009; McCLUNE e JARMAN, 2010) dos alunos ingressantes na EACH/USP. O termo alfabetização científica pode ser entendido como a “capacidade de ler, compreender e expressar opinião sobre assuntos de caráter científico” (MILLER, 1983, p. 30). No contexto da disciplina CN, o objetivo de promover a alfabetização científica é proporcionar uma visão ampla dos impactos causados pelo desenvolvimento científico e tecnológico em nossa sociedade (CORREIA et al., 2010).

A disciplina se organiza em três blocos com ênfase nos seguintes conteúdos: história da ciência e astronomia, mudanças climáticas e bioética/biologia molecular. Ao final de cada bloco foi realizada uma avaliação. Os resultados apresentados nesse trabalho referem-se à avaliação realizada após o bloco temático que tratou das mudanças climáticas. Os conhecimentos de caráter científico são fundamentais para os cidadãos tomarem decisões conscientes sobre temas como as mudanças climáticas. É fundamental entender como a alfabetização científica se relaciona com a educação para a sustentabilidade, visto que o conhecimento científico é necessário para a compreensão plena dos complexos problemas ambientais a serem enfrentados nas próximas décadas (CARTER, 2008; CORREIA et al., 2010; KEMPTON, 1991; READ et al., 1994; UNGAR, 2000).

Materiais

Os instrumentos de avaliação foram elaborados com base nos materiais de estudo indicados pelo professor. A avaliação foi composta por 7 TME. Eles apresentaram a mesma estrutura geral (Figura 1), solicitando aos alunos para julgar 3 afirmações (I, II e III) que poderiam estar corretas (amarelo) ou incorretas (verde). Cada TME tinha uma única resposta certa (amarela), 4 distratores (respostas erradas, em verde) e uma alternativa adicional (“alternativa f”) para evitar respostas aleatórias (vermelho), permitindo aos estudantes optar por não responder à questão.

As afirmações nos testes abordavam conceitos científicos (afirmação III, Figura 1) e não científicos (afirmações I e II, Figura 1). Essas últimas enfatizavam desdobramentos sociais, econômicos e políticos decorrentes das mudanças climáticas. O foco desse trabalho se concentrou na análise das afirmações que abordavam conceitos científicos, relacionados às disciplinas de Química e Geologia. A Tabela 1 apresenta a relação de afirmações com conteúdo científico que foram consideradas nessa pesquisa, destacando o TME nas quais elas estavam presentes e a vinculação dos seus conteúdos à disciplina de Química ou Geologia.

[1]

Considere as seguintes afirmações:

- I. Cidades americanas assumiram o compromisso de reduzir suas emissões de gases do efeito estufa, como se elas participassem do Protocolo de Kyoto.
- II. A poluição da água é um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.
- III. Aquecimento global é sinônimo de efeito estufa.

É correto o que se afirma apenas em

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.
- f) Prefiro não responder.

Figura 1: Exemplo de TME aplicado na prova da disciplina CN. Afirmações corretas e alternativa certa em amarelo. Afirmações incorretas e distratores em verde. Alternativa para evitar respostas aleatórias em vermelho.

Tabela 1: Afirmações com ênfase em conteúdos científicos que foram consideradas nessa pesquisa.

TME	Afirmações	Conteúdo		Disciplina	
		Correto	Incorreto	Química	Geologia
1	Aquecimento global é sinônimo de efeito estufa.		X	X	
2	O efeito estufa deve-se a radiação ultravioleta que é proveniente do Sol.		X	X	
3	As mudanças climáticas têm relação com o aumento da incidência de tsunamis.		X		X
4	O Proálcool é um exemplo de projeto que reduz as emissões de carbono.	X		X	
5	O Protocolo de Kyoto é um compromisso internacional para reduzir a emissão de gases que degradam a camada de ozônio.		X	X	
	Os oceanos são importantes para a regulação do clima na Terra.	X			X
6	As mudanças climáticas têm relação com o aumento da incidência de furacões.	X			X
7	Um carro movido a etanol não emite gás carbônico.		X	X	
	O efeito estufa é importante para a manutenção da vida na Terra.	X			X

Análise de dados

As respostas dos alunos a cada TME foi pontuada da seguinte forma: +1 ponto quando a alternativa correta era assinalada, -0,5 ponto quando os distratores eram assinalados e 0 pontos quando a alternativa “f” era assinalada.

A análise estatística descritiva foi utilizada para obter as frequências para as alternativas (a-f) para cada TME, visando à obtenção de um panorama geral das respostas dos alunos. A partir desses dados, os distratores foram classificados de acordo com as seguintes categorias: **D1** (distrator mais assinalado pelos alunos), **D2** (segundo distrator mais assinalado pelos alunos), **D3** (terceiro distrator mais assinalado pelos alunos) e **D4** (distrator menos assinalado pelos alunos). As respostas dos alunos para cada TME foram descritas por meio de 6 variáveis: alternativa correta, D1, D2, D3, D4 e alternativa f.

A análise hierárquica de agrupamentos (AHA) foi utilizada para verificar a existência de TME com níveis similares de dificuldade. Para isso, uma matriz **T** (7x6) foi organizada para reunir as respostas dos alunos para cada um dos TME, considerando as 6 variáveis indicadas anteriormente. A identificação de padrões utilizando um método estatístico multivariado se justifica nesse caso, por conta do caráter exploratório da análise (não sabemos se há grupos de TME similares) e pela quantidade de variáveis a serem consideradas (a elaboração de gráficos bi ou tridimensionais nos levaria a um processo exaustivo de análise). Entre vários métodos disponíveis, optamos pela AHA por conta da sua simplicidade (LIDEN, 2009). Os grupos de TME identificados foram numerados com algarismos romanos (I-IV).

A análise dos principais erros conceituais cometidos pelos alunos, considerando as afirmações apresentadas na Tabela 1, foi realizada para identificar a existência de alunos que cometeram mais erros (e que precisam receber maior atenção por parte do professor). Para isso, cada resposta errada (D1-D4) recebeu 1 ponto.

Resultados e discussão

A Figura 2 apresenta a frequência para acertos, D1 e D2 para os 4 grupos de testes que foram identificados a partir da análise de agrupamentos hierárquicos (Grupos I-IV). Tais grupos revelaram que a avaliação foi composta por TME fáceis e difíceis. Nos testes fáceis (Grupos III e I) a frequência de acertos foi maior em relação à frequência total da avaliação, enquanto as frequências de D1 e D2 foram menores. Já nos testes difíceis (Grupos IV e II) a frequência de acertos foi menor e para D1 e D2 foram maiores em relação a frequência total na avaliação.

Conteúdos de Química e Geologia estavam presentes nos TME fáceis (Grupos I e III) e difíceis (II e IV). Isso mostra que as dificuldades de interpretação das afirmações não estavam relacionadas apenas a uma disciplina, mas sim ao conteúdo científico envolvido na compreensão das mudanças climáticas como um todo.

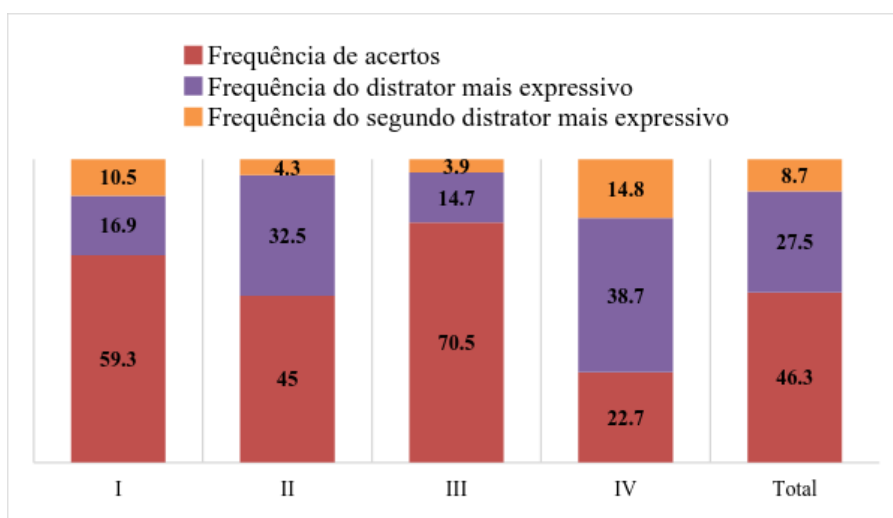


Figura 2: Gráfico de frequências para acertos e distratores (D1 e D2) para TME fáceis (Grupos I e III) e difíceis (Grupos II e IV).

Considerando que os erros cometidos nos testes impedem o entendimento completo e preciso das mudanças climáticas, a partir do ponto de vista da ciência, jugou-se necessário identificá-los. Dessa forma, foi feita uma nova análise considerando o desempenho dos alunos nos testes. Cada erro cometido na avaliação recebeu o valor 1, sendo que a pontuação máxima de erros era 7. A Figura 3 apresenta a distribuição dos alunos em função dos erros cometidos (pontuação). Identificou-se a existência de alunos que cometeram 4 erros conceituais (4,6%). Por outro lado, a maioria (87,2%) dos alunos cometeram nenhum, 1 ou 2 erros conceituais.

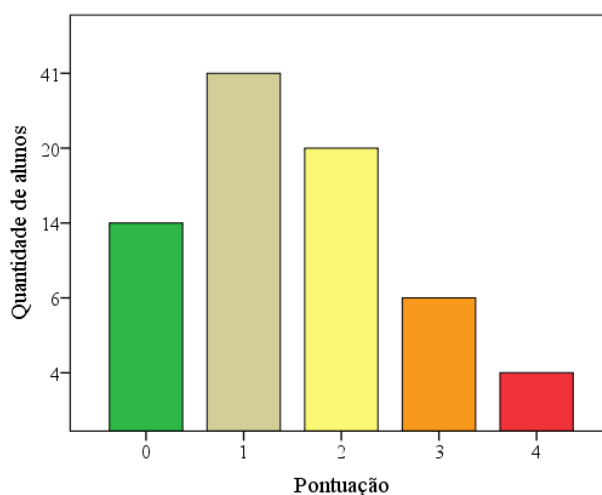


Figura 3: Quantidade de TME respondidos de forma errada pelos participantes dessa pesquisa (n = 86).

Analisando as afirmações elaboradas dos TME, foi possível identificar os assuntos onde os estudantes tiveram maiores dificuldades. Isso também permitiu a elaboração de comentários personalizados para cada um dos possíveis erros conceituais (Tabela 2).

Tabela 2: Afirmações com comentários consolidados do professor.

TME	Afirmações	Comentários do professor
1	Aquecimento global é sinônimo de efeito estufa.	Se você considerou correta essa afirmação, você precisa rever os conceitos de aquecimento global e efeito estufa.
2	O efeito estufa deve-se a radiação ultravioleta que é proveniente do Sol.	Se você considerou correta essa afirmação, você desconsiderou que é a radiação infravermelha que causa o efeito estufa. Revise esse conceito.
3	As mudanças climáticas têm relação com o aumento da incidência de tsunamis.	Se você considerou correta essa afirmação, você precisa revisar a diferença entre dinâmica interna e externa da Terra.
4	O Proálcool é um exemplo de projeto que reduz as emissões de carbono.	Se você considerou incorreta essa afirmação, você precisa rever o ciclo do carbono na natureza, com destaque para a fotossíntese.
5	O Protocolo de Kyoto é um compromisso internacional para reduzir a emissão de gases que degradam a camada de ozônio. Os oceanos são importantes para a regulação do clima na Terra.	Se você considerou correta essa afirmação, você confundiu dois problemas ambientais que ocorrem na atmosfera: a degradação da camada de ozônio e as mudanças climáticas. Se você considerou incorreta essa afirmação, você precisa rever conceitos geológicos sobre regulação do clima.
6	As mudanças climáticas têm relação com o aumento da incidência de furacões.	Se você considerou incorreta essa, você precisa revisar a relação entre mudanças climáticas e eventos geológicos relacionados com a dinâmica externa da Terra.
7	Um carro movido a etanol não emite gás carbônico. O efeito estufa é importante para a manutenção da vida na Terra.	Se você considerou correta essa afirmação, você precisa rever conceitos de química relacionados com a reação de combustão como forma de obtenção de energia. Se você considerou incorreta essa afirmação, você precisa rever a influência dos processos geológicos para a vida na Terra.

Os TME permitiram a identificação de um grupo de estudantes que precisavam de maior atenção do professor (Grupo 4, em vermelho, na Figura 3), pois eles cometeram uma quantidade elevada de erros conceituais. Analisando as afirmações dos TME, observou-se que o conhecimento destes alunos era ainda muito ingênuo em relação aos demais. Para estes alunos, os comentários do professor deveriam ser mais específicos após a avaliação diagnóstica, sugerindo materiais de apoio como textos e vídeos que pudessem potencializar a aprendizagem destes estudantes. Um exemplo ilustrativo desse tipo de comentário é apresentado a seguir.

Na suas respostas, você considerou que:

- *O aquecimento global é sinônimo de efeito estufa.*
- *O efeito estufa se deve à radiação ultravioleta que é proveniente do Sol.*
- *Um carro movido a etanol não emite gás carbônico.*

Nas suas respostas, você desconsiderou que:

- *Os oceanos são importantes para a regulação do clima na Terra.*

Por esses motivos, o professor apresenta os seguintes comentários:

Nota-se que você ainda tem muitas dúvidas em relação a Química envolvida no processo de mudanças climáticas. Você pode melhorar o seu desempenho relendo os textos disponibilizados ao longo da disciplina. Tire suas dúvidas comigo, pois isso é extremamente importante para sua aprendizagem.

Nota-se, no caso do exemplo ilustrativo, que os principais erros conceituais do estudante se relacionam com conteúdos da Química. Por esse motivo, o comentário do professor direcionou o estudante preferencialmente para esses conteúdos. Os comentários apresentados na Tabela 2 podem ser utilizados para elaborar comentários específicos a partir das dúvidas conceituais de cada um dos alunos. Ela contém recomendações do professor para as dúvidas conceituais relacionadas com todas as afirmações que foram consideradas nos TME aplicados na avaliação. A função diagnóstica pode ser considerada e o processo de ensino foi devidamente informado a partir dos acertos e dos erros capturados rapidamente por meio dos TME.

Os comentários do professor são muito mais úteis do que os comentários genéricos normalmente utilizados em sala de aula. Tais comentários consideram apenas a média de acertos e erros da turma, restringindo a ação do professor a comentários como “*Todos foram mal nos testes e precisam estudar mais*”. No caso desta pesquisa, a turma de alunos obteve uma média de 50% de acertos nos TME (Figura 2). Por outro lado, foi possível identificar alunos que precisavam de maior atenção do professor, pois acertaram menos do que a média. A tabela de comentários do professor foi útil para potencializar a compreensão de todos os alunos da classe acerca de conteúdos básicos da Química e Geologia, melhorando a compreensão deles sobre as mudanças climáticas.

Conclusão

Apesar de frequentemente associados a avaliação classificatória, os TME se mostraram úteis para o desenvolvimento de um processo avaliativo com função diagnóstica. Eles permitem coletar dados rapidamente em sala de aula e, após o processamento das provas, o professor é capaz de identificar grupos de estudantes que apresentam desempenho similares (acima, abaixo e na média da turma).

A identificação de erros conceituais associados à Química e Geologia se mostrou útil para a elaboração de comentários específicos que auxiliem os alunos a superarem os obstáculos conceituais relacionados com as mudanças climáticas. Tais comentários são úteis para direcionar a atenção dos estudantes para conceitos que precisam ser revistos, a fim de avançar na compreensão do tema em estudo.

A abordagem apresentada nessa pesquisa pode ser utilizada por professores de acordo com os conteúdos trabalhados nas suas aulas. Sua aplicação em ambientes virtuais de aprendizagem é viável e será considerada como uma das etapas futuras dessa pesquisa. O objetivo é a automatização da aplicação da avaliação dos TME e da distribuição dos comentários do professor, de forma que essa avaliação diagnóstica possa ser implementada mesmo quando os alunos façam parte de uma classe numerosa.

Agradecimento

P.R.M.C. agradece à FAPESP por financiar as pesquisas desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisa Mapas Conceituais (2012/22693-2; 2016/24553-7). T.S.N., R.S.B. e L.H.C.F. agradecem à USP pelas bolsas concedidas no âmbito do Programa Unificado de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo.

Referências

- BYBEE, R. W.; FUCHS, B. Preparing the 21st century workforce: A new reform in science and technology education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, n. 4, p. 349-352, 2006.
- CARTER, L. Sociocultural influences on science education: innovation for contemporary times. **Science Education**, v. 92, n. 1, p. 165-181, 2008.
- CORREIA, P. R. M.; VALLE, B. X.; DAZZANI, M.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability: Theoretical considerations and preliminary findings from a Brazilian experience. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 7, p. 678-685, 2010.
- KEMPTON, W. Lay perspectives on global climate changes. **Global Environmental Change**, v. 1, n. 3, p. 183-208, 1991.
- LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v. 1, n. 4, p. 18-36, 2009.
- LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. São Paulo: Cortez, p. 168-180, 2003.
- McCLUNE, B.; JARMAN, R. Critical reading of science-based news reports: Establishing a knowledge, skills and attitudes framework. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 6, p. 727-752, 2010.
- MILLER, J. D. **Scientific literacy: a conceptual and empirical review**. Daedalus, n. 112, p. 29-48, 1983.
- READ, D.; BOSTROM, A.; MORGAN, M. G.; FISCHHOFF, B.; SMUTS, T. What do people know about global climate change? 2. Survey studies of educated laypeople. **Risk Analysis**, v. 14, n. 6, p. 971-982, 1994.
- SANTOS, W. L. P. Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, v. 93, n. 2, p. 361-382, 2009.
- TOFFOLI, Sônia Ferreira Lopes et al. Avaliação com itens abertos: validade, confiabilidade, comparabilidade e justiça. **Educação e Pesquisa**. V. 42, n. 2, p. 343-358, 2016.
- UNGAR, S. Knowledge, ignorance and the popular culture: climate change versus the ozone layer. **Public Understanding of Science**, v. 9, n. 3, p. 297-312, 2000.