


Estudo Longitudinal sobre Biodiversidade em Dez Anos de Exame Nacional do Ensino Médio

Paulo Sergio Garcia ^a

Fernanda Franzolin ^b

Nelio Bizzo ^c

- ^a Universidade Municipal de São Caetano do Sul, Pós-Graduação em Educação, São Paulo, SP, Brasil.
^b Universidade Federal do ABC, Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática, Santo André, SP, Brasil.
^c Universidade Federal de São Paulo, Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática em Educação, Diadema, SP, Brasil.

*Recebido para publicação 21 out. 2021. Aceito após revisão 1 mar. 2022
Editora designada: Claudia Lisete Oliveira Groenwald*

RESUMO

Contexto: A biodiversidade é importante por seus valores instrumentais, científicos e políticos, e seu conhecimento é essencial para promover sua preservação. **Objetivos:** Este estudo identificou e analisou a presença de conhecimentos relacionados à biodiversidade em Biologia e / ou itens multidisciplinares no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), ao longo de 10 anos, entre 2009 e 2018. **Design:** Estudo longitudinal, baseado em metodologia qualitativa. **Ambiente e participantes:** Especialistas em educação e ciências participaram das análises. **Coleta e análise de dados:** Os dados foram coletados no site do INEP. Análises realizadas por pesquisadores e um painel de especialistas. **Resultados:** Encontramos nítida prevalência da categoria “Ecologia e Ciências Ambientais” nos itens, o que está de acordo com a literatura. Porém, também encontramos uma desproporção na distribuição das questões em relação às categorias da matriz de referência da disciplina de Biologia. Além disso, há grande variabilidade no tema nos diferentes anos. Discutimos as consequências para o currículo e a conservação. **Conclusões:** Há um desequilíbrio que revela uma tendência dominante, atuando como elemento estruturante das questões, que silencia outras grandes áreas da Biologia e pode influenciar o currículo e as práticas dos professores do ensino médio. A alta variabilidade da ocorrência do tema biodiversidade nos testes de Biologia sugere uma relação não harmônica, que pode estar associada às demandas estatísticas da modelagem da TRI, entre a seleção das questões e a matriz de referência das categorias de Biologia, com possíveis consequências para o currículo.

Palavras-chave: Diversidade Biológica, ENEM, Desempenho Escolar, Ciências da Natureza, Ensino de Biologia.

Autor correspondente: Paulo Sergio Garcia. Email: paulo.garcia@online.uscs.edu.br

Longitudinal study on biodiversity in ten years of the National High School Examination

ABSTRACT

Background: Context: Biodiversity is important for its instrumental, scientific, and political values, and its knowledge is essential to promote its preservation. Objectives: This study identified and analyzed the presence of knowledge related to biodiversity in Biology and/or multidisciplinary items in the National High School Examination (ENEM), over 10 years, between 2009 and 2018. Design: Longitudinal study, based on qualitative methodology. Scenario and participants: Education and science experts participated in the analyses. Data collection and analysis: Data were collected on the INEP website. Analyzes performed by researchers and an expert panel. Results: We found a clear prevalence of the category “Ecology and Environmental Sciences” in the items, which is in agreement with the literature. However, we also found a disproportion in the distribution of questions concerning the categories of the reference matrix of the discipline of Biology. Furthermore, there is great variability in the theme in different years. We discussed the consequences for curriculum and conservation. Conclusions: There is an imbalance that reveals a dominant trend, acting as a structuring element of the issues, which silences other major areas of Biology and can influence the curriculum and practices of secondary school teachers. The high variability of the occurrence of the biodiversity theme in Biology tests suggests a non-harmonic relationship, which may be associated with the statistical demands of the TRI modeling, between the selection of questions and the reference matrix of the Biology categories, with possible consequences for the curriculum.

Keywords: Biological Diversity, ENEM, School Performance, Natural Sciences, Biology Teaching.

INTRODUÇÃO

A biodiversidade é importante por seus valores instrumentais, científicos, políticos e intrínsecos (Ricklefs & Relya, 2014; Alho, 2008). Devido à sua importância, o seu conhecimento é relevante para fomentar sua preservação (PalMBERG et al., 2015) e para manter o interesse dos jovens por ações de conservação da natureza, que tem mostrado tendência de elevação desde 2007 (Franzolin, Garcia & Bizzo, 2020). Dessa forma, torna-se relevante o estudo de possíveis fatores que influenciam seu ensino, como é o caso do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), que ocorre no fim da escolaridade básica no Brasil e exerce forte influência sobre o trabalho de sala de aula país afora.

De fato, o ENEM tem influenciado os currículos do Ensino Médio, um contexto em que professores acabam ensinando o que é exigido no exame para que os jovens obtenham bons resultados. Desta forma, o exame tem condicionado também as práticas dos professores em sala de aula, a elaboração de materiais didáticos e o direcionamento de políticas pedagógicas. (Stadler & Hussein, 2017). Há evidências de que professores de escolas com notas altas no ENEM utilizam os “conteúdos dos exames oficiais e usam a contextualização para enriquecê-los” (Carvalho & Rezende, 2013, p. 555). No mesmo sentido, é bem sabido que em muitas escolas brasileira os estudantes são treinados para a realização do ENEM desde o Ensino Fundamental.

Vários estudos sobre o ENEM têm procurado compreender as questões (também chamadas de itens neste presente artigo) das provas de Ciências da Natureza, em geral, e do componente curricular de Biologia, em particular.

Em um estudo sobre as questões do ENEM, entre os anos de 2005 a 2014, Malimpensa e Rink (2017) realizaram uma análise dos conteúdos de genética a partir dos objetos de conhecimento propostos pela matriz de referência do exame. Os autores mostram um grande desbalanço entre os diversos temas da área, com forte preponderância de conteúdos relacionados às categorias “moléculas, células e tecidos” e “hereditariedade e diversidade da vida”, de um lado e, de outro, a categoria “qualidade de vida nas populações humanas” foi muito pouco presente ao longo do período analisado.

Brito (2015) analisou as características das questões da disciplina de Biologia nas provas do ENEM que foram aplicadas nos anos de 2011 e de 2012, por meio, entre outros, de ferramentas estatísticas. A autora constatou que, aproximadamente, 50% dos itens que abordavam as temáticas relacionadas ao meio ambiente eram da categoria de “Ecologia e Ciências Ambientais”, presente na matriz de referência do exame.

Com o foco maior na compreensão de habilidades e de competências, Silva, Souza e Carvalho (2019) realizaram um levantamento e uma categorização das temáticas de Biologia abordadas pelo ENEM entre 2012 e 2016. Os autores também identificaram que a categoria “Ecologia e Ciências Ambientais” foi a mais presente nas edições analisadas. Cestaro, Kleinke e Alle (2020), também analisando os itens de Biologia presentes no ENEM, entre 2012 e 2016, e Testasica, Araújo, Oliveira (2020), avaliando no ENEM de 2018 e 2019, as competências e habilidades determinadas pela matriz de referência, chegaram aos mesmos resultados, revelando que houve preponderância de questões relacionadas à categoria “Ecologia e Ciências Ambientais”.

Garcia (2020), em um estudo sobre o ENEM do ano de 2009, analisou as questões do componente curricular de Biologia, e/ou questões multidisciplinares, envolvendo conteúdos desta disciplina, com conhecimentos relativos à biodiversidade, mostrando a maior presença da categoria “Ecologia e Ciências Ambientais” e dos objetos de conhecimentos associados aos problemas no ambiente, como a poluição, entre outros.

Neste presente estudo identificamos e analisamos a presença de conhecimentos relacionados à biodiversidade nas questões de Biologia, e/ou multidisciplinares ao longo de 10 anos, entre os anos de 2009 até 2018.

A biodiversidade no Exame Nacional do Ensino Médio

O ENEM conta com um grande número de participantes todos os anos, tendo chegado a quase nove milhões de inscritos no ano de 2014. Em 2019, o exame teve o menor número de inscrições confirmadas dos últimos cinco anos, um pouco mais de 5 milhões.

A tabela 1 sintetiza os dados das inscrições a partir de 2009.

Tabela 1

Número de Candidatos Inscritos e Confirmados de ENEM – 2009/2020.
(Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa, 2019)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ano e Número de candidatos inscritos	4.148.025	4.626.094	5.366.949	5.791.332	7.173.910	8.722.910
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	7.792.025	8.627.371	6.731.186	5.513.000	5.095.308	5.783.357

No ano de 2021, o ENEM completará sua vigésima primeira edição. O exame sofreu várias alterações no ano de 2009 e, entre elas, o exame passou a utilizar a Teoria de Resposta ao Item (TRI), também chamada de Teoria do Traço Latente, em sua metodologia de preparação de itens e de contabilização de resultados, e uma matriz de referência de conteúdos conceituais, chamados de “objetos de conhecimento”, que estão agrupados em grandes domínios do

componente curricular de Biologia e que alguns autores (Brito, 2015; Malimpensa & Rink, 2017; Garcia, 2020) se referem a eles como “categorias”.

No caso da TRI, trata-se de uma metodologia que utiliza funções e modelos matemáticos para estimar a probabilidade de cada estudante responder acertadamente a um item em função de seu desempenho em itens assemelhados (Pasquali & Primi, 2003). Essa modelagem difere da Teoria Clássica do Teste (TCT), que associa diretamente o número de acertos à sua pontuação (Souza & Braga, 2020). A TRI visa medir variáveis que não são observáveis (traço latente), mas que influenciam as respostas, utilizando a aferição das variáveis observáveis, o conjunto de acertos.

No ENEM é utilizado o modelo logístico da TRI de três parâmetros, que considera proficiência do participante (Θ), e os parâmetros associados ao item: discriminação do item (a), dificuldade (b) e a resposta ao acaso (c). (Andrade, Tavares & Valle, 2000).

Na TRI, os acertos são importantes, todavia a metodologia pretende controlar a coerência nas respostas, corrigindo acertos aleatórios. Mais importante do que a quantidade de itens corretos é conhecer sua calibragem, o que é determinante para o cálculo da nota final. A coerência é definida pela performance do aluno, ao acertar as questões que têm nível de dificuldade menor ou igual a seu nível de proficiência e errar aquelas que apresentam dificuldade maior.

A TRI, ao exigir a calibração da dificuldade dos itens, possibilita que as questões de diferentes edições do exame sejam comparáveis, pois estão posicionadas em uma mesma métrica, com a qual a interpretação das características pedagógicas do item possibilita uma análise qualitativa das habilidades que os estudantes dominam ou não. Nesse sentido, a TRI adota a premissa de que existe uma curva característica do item (CCI), uma curva de distribuição normal numa dada população. Essa curva deve ser estabelecida empiricamente, por meio de testagem de campo, assumindo que a dificuldade dos itens é homogênea em todas as regiões do país, ou seja, não existe viés do item (DIF – Funcionamento diferencial do Item), o que pressupõe certa homogeneidade nos interesses de estudo dos jovens em todo o país.

Assim, parte-se do pressuposto de que a resposta a um item exige determinado processo psíquico que se distribui na população como uma curva normal, ou seja, que a maioria dos indivíduos possui um nível médio daquele processo, e uma parte menor possui um nível baixo, e outra parte, de magnitude semelhante, possui um nível alto. Como veremos adiante, há evidências

concretas de que esse pressuposto pode não ser aplicável a itens que se referem a contextos locais, como a biodiversidade de um país como o Brasil.

A cada edição do exame, o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas, Anízio Teixeira, seleciona um conjunto de itens, as 45 questões de cada área, com o objetivo de avaliar a proficiência do estudante (o domínio das competências, das habilidades e domínio dos objetos de conhecimento), e os posiciona na escala a partir da dificuldade (itens fáceis, médios e difíceis, com preponderância para os médios), estimando as notas mínimas e máximas.

Todas as questões do ENEM são, previamente, testadas e classificadas em uma escala de itens fáceis, médios e difíceis. Após a testagem, o INEP calcula os índices de dificuldade, discriminação e probabilidade de resposta correta ao acaso. Por fim, os itens passam a integrar o Banco Nacional de Itens (BNI).

Já as matrizes de referência são baseadas em competências e habilidades (Brasil, 2009). As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2018), em seu artigo 32, indicaram que as Matrizes do ENEM “deverão necessariamente ser elaboradas em consonância com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o disposto nos Referenciais para a Elaboração dos Itinerários Formativos”. Todavia, tal atualização ainda não ocorreu até o presente momento (outubro de 2021) e as orientações seguem as indicações anteriores.

Ao lado das competências e das habilidades existem as referências disciplinares conceituais, os objetos de conhecimento, que estão agrupados em grandes domínios, categorias. No caso de Biologia, são definidas as seguintes categorias: Ecologia e ciências ambientais; Identidade dos seres vivos; Hereditariedade e diversidade da vida; Moléculas, células e tecidos, Origem e evolução da vida e Qualidade de vida e das populações humanas.

A categoria “Ecologia e Ciências Ambientais” apresenta como “objetos de conhecimento”: Ecossistemas, fatores bióticos e abióticos, habitat e nicho ecológico, interações entre os seres vivos, biomas brasileiros, problemas ambientais e mudanças climáticas, o que dá uma ideia da amplitude de temas que fazem parte dessa categoria. (Brasil, 2009, p. 20). Desmatamento, erosão, poluição da água, do solo e do ar, conservação da biodiversidade, legislação ambiental, florestas, unidades de conservação, também são objetos de conhecimento desta mesma categoria, que é abrangente e se relaciona ao meio ambiente.

Embora uma concepção ampla de biodiversidade esteja associada a várias categorias, o termo literal biodiversidade, aparece na categoria “Ecologia e Ciências Ambientais”. Em um país megadiverso como o Brasil, a biodiversidade ocupa papel central em discussões e polêmicas, sobretudo, nas últimas décadas, pela significativa perda de habitats consequente de uma total governança inadequada. De fato, a perda da biodiversidade e a degradação dos serviços ecossistêmicos, têm ocorrido de forma intensa, mas diferente nos diversos ecossistemas espalhados pelo mundo (Bowler et al, 2020). Todavia, trata-se de um fenômeno global. No Brasil, esta perda tem também origem em uma crise da governança socioambiental, que é exasperada “pelo desmonte de todo o arcabouço legal e institucional responsável pela governança ambiental, e da desativação dos mecanismos que regulavam as relações institucionais do Estado com as populações tradicionais do país” (Joly & Queiroz, 2020), tais como as indígenas e os ribeirinhos, que estão em relacionamento direto com a natureza.

No campo da educação, o estudo da biodiversidade é fundamental para permitir que os jovens atuem, entre outras questões, na preservação da natureza. De fato, Zelezny (1999), em uma meta-análise, mostrou que os jovens têm maior interesse na preservação do meio ambiente do que os adultos, em especial no período de escolaridade anterior aos 18 anos. Além disso, observou que o contexto mais adequado para mudança de atitudes é a sala de aula, em situações formais de ensino. Portanto, o estudo da biodiversidade nas escolas durante a educação básica é essencial para melhorar atitudes, visando desenvolver ações concretas para a conservação e a sustentabilidade.

Com efeito, como indicou Swaminathan (1992), a educação escolar básica tem sido fundamental para que os estudantes possam desenvolver interesses, atitudes e conhecimentos no que diz respeito à consciência ecológica. Para Ghisolfi (2000), a escola é um espaço que pode possibilitar aos alunos o domínio de conhecimentos para o entendimento da biodiversidade com base, entre outros, em aspectos técnicos, científicos, políticos, sociais, entre outros.

Desta forma, os jovens podem se engajar em debates sobre a crise da biodiversidade (Joly & Queiroz, 2020), entre outras questões, causas da extinção local de espécies e perda de seus habitats, pressionado os serviços ecossistêmicos que são fundamentais para a sobrevivência das populações (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020).

Trata-se de uma crise que ganha intensidade no Brasil, em virtude de uma governança socioambiental que desmantelou a estrutura legal responsável

pela proteção do meio ambiente, e desativou mecanismos que gerenciavam as relações entre o Estado e as populações indígenas, por exemplo (Joly & Queiroz, 2020). O estudo da biodiversidade local não pode ser dissociado dos demais problemas sociais, ficando apenas sobre conceitos abordados de forma não contextualizada. (Tollefson, 2020).

De fato, Pujol (2003), entre outros, insiste que necessitamos encontrar novas formas de nos relacionar com a natureza, a partir de campos que envolvam as questões econômicas, políticas, sociais e ecológicas. Trata-se de uma perspectiva sistêmica a fim de provocar profundas alterações na educação, em geral, e no ensino de ciências, em particular. Tal visão se distancia de uma ênfase centrada em aspectos puramente informativos, fragmentados e descontextualizados, personificados no ambiente escolar, e busca uma formação mais ampla.

A escola tem compromissos com a formação de cidadãos para que eles reflitam sobre os diversos problemas ambientais de sua realidade próxima e tenham o direito de tomar decisões e agir por meio de sua participação direta. Ela é a instituição social mais apropriada para o desenvolvimento de métodos e ações educacionais concretas para o conhecimento da biodiversidade e conservação.

Para desenvolver tais compreensões, é necessária uma ação pedagógica a partir de discussões multidimensionais da ciência, para que os conhecimentos científicos sejam compreendidos a partir da história, da natureza e de suas relações com a sociedade. Os conteúdos devem ser instrumentos para o entendimento crítico das problemáticas da biodiversidade como fundamento do exercício da cidadania.

METODOLOGIA

Neste estudo identificamos e analisamos a presença de conhecimentos relacionados à biodiversidade nas questões de Biologia, e/ou multidisciplinares envolvendo conteúdos desta disciplina no Exame Nacional do Ensino Médio, ao longo de 10 anos, entre os anos de 2009 até 2018.

Trata-se de um estudo qualitativo baseado na pesquisa documental. Neste tipo de estudo, a utilização de documentos possibilita extrair informações para ampliar a compreensão de fenômenos, cujo entendimento necessita de contextualização histórica e sociocultural (Cellard, 2008).

Para o mesmo autor:

o documento escrito constitui uma fonte extremamente preciosa para todo pesquisador nas ciências sociais. Ele é, evidentemente, insubstituível em qualquer reconstituição referente a um passado relativamente distante, pois não é raro que ele represente a quase totalidade dos vestígios da atividade humana em determinadas épocas. (Cellard, 2008, p. 295).

A pesquisa documental se ocupa de materiais, fontes primárias, que não receberam nenhum tipo de tratamento analítico. A fim de facilitar a verificação dos resultados adiante expostos, nos referiremos sempre à versão azul do ENEM em todas as dez edições analisadas, pois foi a cor da prova sorteada para ser analisada.

A análise constou de quatro etapas. Na primeira, os pesquisadores identificaram, nas provas de Ciências da Natureza, em um universo amostral de 450 itens, as questões que pertenciam ao componente curricular Biologia e/ou que eram multidisciplinares envolvendo conhecimentos desta disciplina. Paralelamente, eles identificaram os itens cujos conhecimentos estavam relacionados à biodiversidade, dentro e qualquer de uma das seis categorias temáticas de Biologia na matriz de referência. Esta primeira etapa indicou a presença de 78 itens com alguma tangência em relação à biodiversidade na disciplina considerada.

Para a seleção das questões, foi adotada a concepção ampliada de biodiversidade, ligada à multidimensionalidade do conceito de diversidade biológica, que tem sido definido em três níveis (Futuyma, 2002; Rawat & Agarwal, 2015). Um deles, talvez o mais óbvio, tem sido apontado como sendo referido à diversidade de espécies (Gaston, 2000; Futuyma, 2002). O outro se refere à diversidade genética, base sobre a qual as populações podem se manter sem acumular carga genética considerável, a ponto de acumular alelos recessivos letais ou deletérios em homozigose por aumento do coeficiente de endogamia, tecnicamente definido como uma relação entre a frequência observada de heterozigotos no deme e a frequência esperada de heterozigotos sob Hardy-Weinberg (Templenton, 2011, p. 57-58). O terceiro nível da biodiversidade se refere ao nível ecológico, e pode ser mencionado tanto no que se refere à variedade de comunidades bióticas (Rawat & Agarwal, 2015), como à diversidade dos processos funcionais que mantêm os sistemas complexos (Odum & Barrett, 2008, p. 37-8).

Na segunda fase, um grupo de profissionais validou as questões selecionadas. Foi utilizada a metodologia de avaliação por pares, técnica de Validação de Face (Bowling, 1997), realizada por um painel de especialistas

convidados, com a participação de uma professora, mestre em educação, com especialidade na interação das crianças com a natureza, dois biólogos mestrandos da área de educação, e três professores da disciplina de Biologia do Ensino Médio da cidade de São Caetano do Sul, estado de São Paulo. Estes profissionais analisaram os itens de forma coletiva e concordaram com a seleção anterior em aproximadamente 80%.

A terceira etapa constou da busca de um consenso entre o painel de especialistas e os pesquisadores, avaliando cada questão selecionada pelo painel. A tangência do texto da questão com a temática da diversidade biológica foi discutida detidamente em cada um dos itens. Essa etapa da pesquisa foi bastante demorada, e chegou-se consensualmente a um total de 78 questões nas dez edições do exame.

Na quarta etapa, as questões selecionadas foram associadas pelos pesquisadores às respectivas categorias temáticas e aos objetos de conhecimento do componente curricular de Biologia da matriz de referência do ENEM (Brasil, 2009). Com essa categorização foi possível realizar análises comparativas ao longo das dez edições do exame. As questões selecionadas, identificadas nas tabelas 2 e 5, estão associadas com as respectivas categorias temáticas de Biologia, a cada edição do exame.

Todas as etapas realizadas neste estudo, desde a coleta de dados, as análises feitas pelos pesquisadores e pelo painel de especialistas, ocorreram antes do contexto da pandemia do Covid/19 e, portanto, de forma presencial.

RESULTADOS

Dentro do universo dos dados foram identificados 168 itens (37,3%) que pertenciam ao componente curricular Biologia e/ou que envolviam os conhecimentos da disciplina junto a outras (os chamados itens multidisciplinares).

A tabela 2 apresenta as edições, de 2009 até 2018, do ENEM e o número das questões identificadas.

Tabela 2

Questões Pertencentes ao Componente Curricular Biologia e/ou Multidisciplinares Envolvendo a Disciplina (PROVA AZUL)

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2	46	47	46	50	47	46	53	91	94
3	49	48	47	53	49	47	56	92	96
4	51	49	48	55	53	54	57	94	98
7	53	51	51	56	54	56	61	96	100
8	57	53	52	59	60	59	62	98	101
9	59	57	56	60	61	61	65	100	106
10	60	59	57	62	63	66	69	109	107
11	61	61	62	63	69	67	71	111	110
13	62	64	63	70	71	69	73	116	111
16	64	65	65	73	73	72	75	117	113
21	66	68	68	78	74	74	79	123	117
23	71	69	71	80	75	80	80	125	119
24	75	71	75	84	78	81	83	128	127
25	76	76	80	88	79	83	87	135	133
28	86	79	81	-	81	84	90	-	135
33	87	80	85	-	85	87	-	-	-
34	88	82	87	-	89	89	-	-	-
41	90	85	-	-	-	-	-	-	-
42	-	87	-	-	-	-	-	-	-
-	-	88	-	-	-	-	-	-	-
-	-	89	-	-	-	-	-	-	-
-	-	90	-	-	-	-	-	-	-
19	18	22	17	14	17	17	15	14	15

As provas de Ciências da Natureza apresentaram a média de 16,8 (DP=2,5) questões referentes ao componente curricular Biologia. Foram identificados 168 itens, com variação importante nas diversas edições, entre 14 e 22 itens, como na edição de 2011.

Desses 168 itens, foram identificados 78 associados à uma concepção ampliada de biodiversidade, entre os anos de 2009 e 2018. A tabela 3 apresenta as edições do ENEM, com o número das questões identificadas.

Tabela 3*Número das Questões Identificadas e Total*

ENEM	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
	8	61	47	48	53	53	47	57	98	98	
	9	64	51	51	59	54	56	61	109	101	
	10	66	64	56	60	60	59	62	111	106	
	13	75	76	57	62	61	61	71	123	107	
Número da questão na prova azul	23	76	82	62	63	63	72	73	-	111	
	28	87	87	65	70	69	80	75	-	119	
	33	-	88	68	80	71	81	79	-	133	
	42	-	-	75	84	81	83	83	-	-	
	-	-	-	81	-	-	84	90	-	-	
	-	-	-	85	-	-	89	-	-	-	
	-	-	-	87	-	-	-	-	-	-	
Total de itens	8	6	7	11	8	8	10	9	4	7	78

A média de 7,8 (DP=1,98) é resultado de variação importante ao longo dos anos, entre 4 (29%) na prova de 2017, no extremo inferior, e 11 (69%) no superior, na prova de 2012.

A tabela 4 apresenta o total de itens da disciplina de Biologia e o percentual de questões com conhecimentos relacionados à biodiversidade neste montante.

Tabela 4

Itens do Componente Curricular de Biologia e o Percentual de Questões de Biodiversidade neste Montante

Itens	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Total de itens de Biologia e/ou multidisciplinar	19	18	22	16	14	17	17	15	14	15	168
Itens de biodiversidade no total de Biologia (%)	42,1	33,3	31,8	64,7	57,1	47,1	58,8	60	28,7	46,7	46

Em 10 anos, em um total de 168 questões relacionadas a conteúdos biológicos, em média 46,4% dos itens estavam associados a uma concepção ampliada de biodiversidade. Essa média é resultado de grande variação, entre 28,6%, na prova de 2017 e 64,7% na prova de 2012.

A distribuição das questões, versando sobre a biodiversidade pelas categorias da matriz de referência do ENEM teve variação ainda maior. A distribuição está disposta na tabela 5.

Tabela 5

Distribuição das Questões por Tema

Ano	Categoria	Questão da prova Azul
2009	Ecologia e Ciências Ambientais	8, 10, 13, 23, 28, 42
	Identidade de Seres Vivos	9 e 33
	Origem e Evolução da Vida	33
2010	Ecologia e Ciências Ambientais	61, 75, 87
	Identidade de Seres Vivos	66
	Origem e Evolução da Vida	64

	Qualidade da Vida das Populações Humanas	76
2011	Ecologia e Ciências Ambientais	47, 51, 76, 82, 88
	Identidade de Seres Vivos	87
	Qualidade da Vida das Populações Humanas	64
2012	Ecologia E Ciências Ambientais	51, 56, 57, 62, 65, 68, 81, 87
	Moléculas, Células e Tecidos	48
	Hereditariedade e Diversidade da Vida	75, 85
2013	Ecologia e Ciências Ambientais	59, 63, 80, 84
	Identidade de Seres Vivos	53
	Origem e Evolução da Vida	60
	Moléculas, Células e Tecidos	62, 70
2014	Ecologia e Ciências Ambientais	54, 60, 61, 63, 71, 81
	Identidade de Seres Vivos	53
	Moléculas, Células e Tecidos	69
2015	Ecologia e Ciências Ambientais	47, 56, 59, 61, 80, 81, 84, 89
	Identidade De Seres Vivos	83
	Qualidade de Vida das Populações Humanas	72
	Hereditariedade e Diversidade da Vida	56
2016	Ecologia e Ciências Ambientais	57, 61, 62, 71, 73, 79
	Identidade de Seres Vivos	57, 75
	Origem e Evolução da Vida	70, 90

	Hereditariedade e Diversidade da Vida	83, 90
2017	Ecologia e Ciências Ambientais	109, 111, 123
	Identidade de Seres Vivos	98, 123
2018	Ecologia e Ciências Ambientais	98, 133
	Identidade de Seres Vivos	101, 106, 111, 133
	Qualidade da Vida das Populações Humanas	119
	Hereditariedade e Diversidade da Vida	107

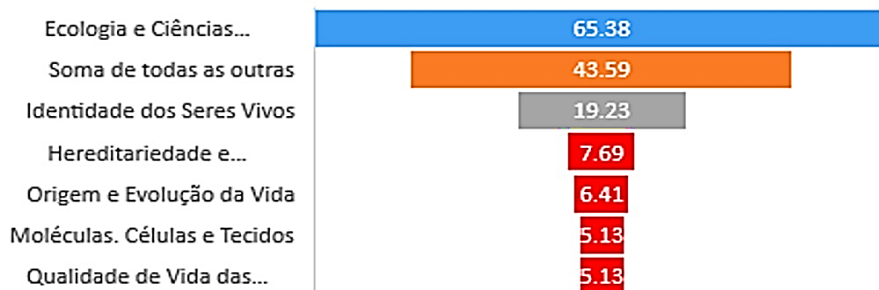
Todas as categorias temáticas do componente curricular de Biologia, presentes na matriz de referência do ENEM, apresentaram pelo menos uma questão relacionada com a biodiversidade nas provas do ENEM pesquisadas. O total indicado na tabela (n=85) de questões indica que algumas estavam relacionadas a mais de uma categoria temática, como é o caso da questão 33, na edição de 2009, da questão 56, na aplicação de 2015, e os itens 57 e 90, no ano de 2016, entre outras.

Apenas a categoria “Ecologia e Ciências Ambientais” teve identificadas questões relacionadas à concepção ampliada de biodiversidade em todas as edições do exame e também em maior número, com 8, nas edições de 2012 e 2015. Mesmo no ano com o menor número, em 2017, três delas pertenciam a esta categoria temática. Esta foi a categoria mais destacada em quase todas as edições da prova, com uma única exceção, no ano de 2018, quando a categoria temática “Identidade dos Seres Vivos” teve maior número de questões (tabela 5).

A figura 1 permite reconhecer a variabilidade das questões em 10 anos de análises e a maior representatividade das questões da categoria temática “Ecologia e Ciências Ambientais”.

Figura 1

Conteúdo de Biodiversidade em 10 anos de ENEM - %.



De fato, a ocorrência cumulativa de questões relacionadas à biodiversidade inseridas na categoria temática “Ecologia e Ciências Ambientais” totaliza mais do que todas as outras juntas, em 10 anos de análises.

Observa-se também, na figura 1, que outras categorias, tais como “Origem e Evolução da Vida”, “Moléculas, Células e Tecidos” e “Qualidade de Vida das Populações”, estiveram bem menos presentes nas provas do ENEM em 10 anos.

A média de 14,17 ocorrências por categoria temática ao longo de dez anos indicada na tabela 05 tem grande desvio-padrão (DP=18,52). O resultado indica que mais da metade (n=51, ou 65%) das questões que versavam sobre biodiversidade pertenciam à uma única categoria temática (“Ecologia e Ciências Ambientais”), ao passo que algumas categorias perfizeram menos de um décimo desse valor, como é o caso de Qualidade de Vida das Populações, com meia ocorrência a cada aplicação da prova.

Os itens da categoria temática “Identidade de Seres Vivos”, que abordaram o conceito de biodiversidade perfizeram pouco menos de 20% das questões relacionadas aos conhecimentos biológicos. As demais categorias temáticas tiveram contribuição menor do que a metade da segunda colocada. “Moléculas, Células e Tecidos” e “Qualidade de Vida das Populações Humanas” tiveram representações ao redor de 5%.

Exemplos de itens selecionados na análise podem ser vistos no ANEXO, que traz três questões do exame de 2009. A questão 6 trata do ciclo biogeoquímico do Carbono e explora o conhecimento dos estudantes sobre a liberação na atmosfera de compostos carbonados provenientes de combustíveis

fósseis. A relação com o tema da diversidade biológica é evidente, diante das consequências climáticas decorrentes da liberação de compostos ligados ao efeito estufa.

Logo a seguir, a questão 10 da mesma prova traz o tema da fotossíntese, verificando se o estudante conhece aspectos básicos da proveniência da energia utilizada no processo. Essas duas questões abordam temas gerais que seriam respondidos por estudantes de qualquer país, pois o assunto é básico na Biologia. Além disso, percebe-se o chamado efeito de “reverse induced performance”, uma vez que a leitura do enunciado, além de consumir muito tempo, pode induzir à escolha da alternativa incorreta (Bizzo et al, 2013).

Outro exemplo selecionado é a questão 23, que traz um texto relativamente longo sobre manejo de resíduos sólidos ligados a pilhas e baterias e pede que seja selecionada a melhor alternativa para ligar com o tema da bioacumulação de metais pesados nas cadeias alimentares. O tema tinha dimensão nacional à época, quando se discutia a mudança da política ambiental no país. Novamente, a poluição e a degradação ambiental são temas intimamente ligados à temática da biodiversidade.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este presente estudo traz elementos adicionais para a compreensão da ocorrência de conhecimentos relacionados à biodiversidade nas questões das provas do ENEM no componente curricular de Biologia. São evidências que permitem delinear um quadro mais amplo e nítido da maneira como a biodiversidade é apresentada no exame, elemento de reconhecida influência no desenvolvimento curricular e nas práticas pedagógicas dos professores da educação básica, sobretudo, do Ensino Médio.

Duas constatações merecem destaque dos dados analisados. A primeira, o fato da confirmação da hipótese de que a categoria “Ecologia e Ciências Ambientais” é aquela que concentra um maior número de questões com conhecimentos relacionados à biodiversidade, como se suspeitava (Brito, 2015; Garcia, 2020). Isso confirma a desproporção na distribuição das questões relacionadas à biodiversidade (tabela 5), presentes no ENEM, em relação às categorias existentes na matriz de referência do componente curricular de Biologia. Isso permite questionar se o caráter multidimensional de biodiversidade está, de fato, sendo implementado, ou se uma abordagem mais restrita prevalece.

Em uma análise anterior, no ENEM de 2011 e 2012, Brito (2015) mostrou que não havia uma distribuição equilibrada dos conteúdos biológicos previstos pelas categorias temáticas da disciplina. Para a autora, este achado era preocupante, pois se trata de um exame importante no cenário nacional e se esperava uma divisão mais equilibrada dos assuntos, sem privilégios para determinados conjuntos de conhecimentos. Para Brito e Gebara (2015, p. 5), a diferença entre o conteúdo da matriz de referência e “o conteúdo que está efetivamente presente nas provas revela a presença de tendências dominantes, tais como a Ecologia, que assumem novas concepções e atuam como elementos estruturantes dos itens”. As autoras criticaram, no ENEM, essa prevalência de alguns temas em oposição a outros.

Nossos resultados indicam um cenário ainda mais preocupante, pois permite entender de maneira mais detalhada como essa “tendência dominante” da Ecologia é, de um lado, realmente prevalente em um arco ampliado de tempo, mas, indo além, de outro lado, como ela se manifesta em relação à biodiversidade.

O fato de a biodiversidade ser abordada de maneira altamente desproporcional na categoria “Ecologia e Ciências Ambientais”, e muito pouco em outras, em especial em “Identidade dos Seres Vivos” e “Qualidade de Vida das Populações”, revela uma abordagem genérica relacionada de maneira formal com os temas da Ecologia, mas sem focalizar casos específicos da diversidade de seres vivos, em especial aquele em risco, ou de populações privadas de serviços ecossistêmicos. Não surpreende, portanto, que o maior desequilíbrio de distribuição de todas as análises realizadas tenha recaído justamente no enfoque da biodiversidade pelas categorias temáticas dos itens relacionados aos conhecimentos biológicos.

Esse achado revela uma importante característica qualitativa dessa “tendência dominante” apontada na literatura, pois faz pender os currículos efetivamente praticados nas escolas da educação básica para temas genéricos, tratado, por exemplo, de interações ecológicas nas quais há “produtores” genéricos, como “grama” e “capim”, em lugar de castanheiras da Amazônia ou de araucárias na região Sul. Da mesma forma, a abordagem de “consumidores” é genérica, como “grilos”, “sapos” e “cobras”, em lugar de espécies reais, em especial as endêmicas e ameaçadas de extinção. Muito ao contrário:

os currículos de Biologia no Brasil tendem a favorecer grandes exemplares carismáticos da megafauna exótica (p. ex. ursos polares, elefantes, girafas, pinguins, etc.) nativos de outras regiões em lugar de incentivar o estudo de animais do local,

mas menos populares, como os insetos encontrados nos quintais das casas dos próprios estudantes. (Oliveira & Cook, 2019, p. 13).

De fato, diversas análises de livros dirigidos a estudantes revelaram a pobre abordagem da biota local em comparação com as biotas exóticas e genéricas e não apenas no Brasil. Quando 251 estudantes franceses foram perguntados para apontar cinco espécies que deveriam receber atenção especial, as respostas recaíram em animais exóticos e carismáticos, como o urso panda (73,2% das respostas) e o urso polar (71,1% das respostas) ao passo que apenas 13,3% das espécies citadas pertenciam à biota local (Ballouard, Brischoux & Bonnet, 2011).

A pobre abordagem da biodiversidade já está bem documentada no Brasil, em especial nos livros didáticos distribuídos nas escolas públicas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Por exemplo, Silva (2016) analisou 10 coleções de livro didáticos do PNLD 2014 e constatou que o uso de imagens de fauna exótica é frequente, apesar das recomendações expressas de diferentes agentes. A maioria (70%) dos livros não apresentava nenhuma sugestão de atividade prática em relação ao estudo da fauna, e apenas uma coleção (10%) focalizava casos específicos de risco de extinção.

Muitos professores, para não falar dos chamados “cursinhos” de preparação para o ENEM, podem investir mais tempo nos conhecimentos da categoria mais visada, da maneira genérica usualmente abordada, buscando o sucesso dos alunos no exame. De fato, como diversos autores já indicaram, o ENEM exerce grande influência sobre os currículos e sobre as práticas de ensino dos professores de Ensino Médio (Carvalho & Rezende, 2013; Stadler & Hussein, 2017, entre outros). Muitos professores atuam preparando os alunos para o exame, já que por meio dele o jovem pode ter acesso ao ensino superior, e a escola obter destaque nos rankings criados pela mídia.

É preciso estudar de maneira mais aprofundada a razão pela qual as categorias previstas na matriz de referência do componente curricular de Biologia do ENEM não aparecem nas provas de maneira equilibrada da mesma forma como pretensa multidimensionalidade da biodiversidade se faz presente no exame. Ficou demonstrado que, entre 2009 e 2018, há uma tendência dominante que a diversidade biológica se assenta na dimensão ecológica do conhecimento biológico de maneira genérica, e atua como base na estruturação dos itens. Não seria esperado, e nem mesmo desejável, que existisse absoluto equilíbrio nas categorias ou nos objetos de conhecimento nos quais as questões estão baseadas a cada exame. No entanto, ao longo de dez anos, seria

importante que não houvesse uma dominância absoluta de uma, em relação a todas as demais, dentro da seara biológica.

Esta desproporção na distribuição das questões associadas aos conhecimentos da categoria “Ecologia e Ciências Ambientais” pode levantar, pelo menos, duas hipóteses, que necessitariam ser exploradas com maiores detalhes. A primeira, o fato de a maioria dos livros didáticos trazer os conhecimentos desta categoria em suas últimas unidades para serem estudadas no ensino médio, como pode ser visto nas análises realizadas por Bezzon e Diniz (2020), Ferreira e Machado (2016) e também Testasicca, Araújo e Oliveira (2020), em que esta unidade temática está no terceiro volume da coleção. A segunda, que pode estar associada com a anterior, a questão de o tema, em algumas escolas, ser estudado no terceiro ano do Ensino Médio, como visto em muitos planejamentos de professores de escolas estaduais de Ensino Médio da região do Grande ABC Paulista (Observatório de Educação do Grande ABC, 2020). Ambas as circunstâncias podem estar relacionadas a propiciar que o jovem estude os conhecimentos desta área, de forma mais avizinhada da realização do ENEM.

A segunda constatação apresenta dois fatos novos. O primeiro indica que, ao longo de 10 anos, o tema biodiversidade, em uma concepção ampliada, tem estado bem presente nas provas dos ENEM. Tal situação, que confere destaque ao tema, pode estar associada à grande visibilidade das polêmicas sobre o meio ambiente na mídia nas últimas décadas. De fato, desde 1992, quando foi realizada a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, intitulada Rio-92 ou Eco-92, passando pela Agenda 21 e a Convenção da Biodiversidade, vários debates e documentos têm procurado discutir o meio ambiente, buscando soluções a fim de integrar a sociedade ao desenvolvimento sustentável (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020).

O segundo fato, que pode ser considerado inquietante, indica que a presença do tema biodiversidade tem tido alta variabilidade nas provas do ENEM, em 10 de anos análises. Algumas vezes, ele esteve presente em menos de 30% dos itens de Biologia da prova (como em 2017), outras vezes em, aproximadamente, 65% das questões (em 2012). Tais oscilações indicam claramente um desbalanço na seleção dos itens que compõem a prova entre as categorias da matriz de referência do componente curricular de Biologia. A abordagem da biodiversidade está pobremente associada com “Qualidade de Vida das Populações” e com “Identidade dos Seres Vivos”, indicando uma abordagem genérica da questão ambiental, possivelmente superficial e anódina,

ou seja, silenciadora da gravidade dos impactos ambientais das ações humanas no território brasileiro.

Essa generalidade dos itens e o posicionamento deles na escala de proficiência podem estar mais relacionados com a adequação da nota mínima e máxima da prova, e não em uma relação harmônica das questões com as categorias da matriz de referência do componente curricular de Biologia. Em outras palavras, possivelmente a arquitetura da prova, devido à modelagem decorrente do uso da TRI, acaba prevalecendo sobre o conteúdo conceitual, gerando uma distorção na distribuição e relevância das áreas do conhecimento, com inevitáveis repercussões, inclusive no próprio currículo. Itens com abordagem genérica sobre o meio ambiente, em detrimento do estudo detido na biodiversidade local, podem ser mais necessários para a mecânica da técnica utilizada na contabilização de acertos e modelagem dos resultados. Questões de dificuldade média para alunos de todo o país seriam favorecidas, não por seu valor educacional, mas apenas para satisfazer as condições da TRI. As diferentes categorias da matriz do exame não teriam as mesmas condições de fornecer itens com essas características.

A premência por questões de dificuldades média para alunos de todo o país poderia fazer com que a categoria privilegiada apresente contextos ligados a aspectos gerais da “Ecologia e Ciências Ambientais”, em detrimento do estudo da biodiversidade local e mesmo tropical do contexto brasileiro.

Com isso, essas questões poderiam ter efeito inverso para a causa da conservação, ao chamar a atenção para generalidades sobre o meio ambiente em vez de focalizar questões específicas que, via de regra, demandam compreensão mais aprofundada do contexto tropical. Como o ENEM é reconhecidamente uma forma de passagem para o ensino superior, isso poderia ser um dos fatores a explicar o fato dos alunos das regiões sul e sudeste terem menor interesse no estudo da biodiversidade local. (Fernanda, Garcia & Bizzo, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não faz parte da tradição da pesquisa educacional brasileira estudos longitudinais sobre temas presentes em exames em larga-escala, como o Exame Nacional do Ensino Médio. Este trabalho se diferencia de outros, indo nesta direção. Os pesquisadores mostraram, por meio da análise das questões, os conhecimentos de biodiversidade que estavam presentes no ENEM, revelando quais categorias têm sido mais utilizadas, entre os anos de 2009 e 2018.

Dos dados empíricos encontrados neste presente estudo, duas constatações contribuíram para ampliar o entendimento dos itens relacionados à biodiversidade presentes nas provas do componente curricular de Biologia do ENEM dos anos de 2009 até 2018.

A categoria “Ecologia e Ciências Ambientais” foi a mais prevalente nas questões, o que se alinhou com os dados já existentes na literatura da área. Todavia, esta constatação foi ampliada, em virtude de o intervalo de tempo analisado ser de uma década, e, ao mesmo tempo, mais detalhada, apontando uma desproporção na distribuição das questões em relação às categorias da matriz de referência da disciplina de Biologia, um desequilíbrio que revela uma tendência dominante, atuando como elemento estruturante das questões, que silencia outras grandes áreas desta disciplina e pode influenciar o currículo e as práticas de ensino dos professores da Educação Básica, em geral, e do Ensino Médio, em particular.

A alta variabilidade da ocorrência do tema biodiversidade nas provas de Biologia sugere uma relação não harmônica, que pode estar associada às demandas estatísticas de modelagem da TRI, entre a seleção das questões e as categorias da matriz de referência do componente curricular de Biologia, com possíveis consequências para o currículo.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Projeto Regular, Processo número 2019/14210-3. Projeto Temático, Processo número 2016/05843-4.

AUTHORS’ CONTRIBUTIONS STATEMENTS

Este estudo é parte de um Projeto Regular Fapesp interligado com um Projeto Temático. Os três autores participaram da idealização do estudo em termos teóricos e metodológicos. Eles atuaram também nas análises e nas discussões. O primeiro autor (P.S.G) liderou o estudo e o artigo, realizando as coletas de dados e as apreciações iniciais do trabalho, junto com o Grupo de Pesquisas em Avaliação Educacional e Desempenho (GPAED).

DATA AVAILABILITY STATEMENT

Os dados que suportam os resultados deste estudo serão disponibilizados pelo autor correspondente, P.S.G, mediante solicitação adequadamente justificada.

REFERÊNCIAS

- Alho, C. J. R. (2008). The value of biodiversity. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4), Suppl., 1115–1118. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500018>
- Andrade, D. F., Tavares, H. R., & Valle, R. C. (2000). *Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações*. SINAPE.
- Ballouard, J. M., Brischoux, F., & Bonnet, X. (2011). Children Prioritise Virtual Exotic Biodiversity over Local Biodiversity. *PLoS ONE* 6(8), e23152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023152>
- Bezzon, R. Z. & Diniz, R. E. S. (2020). O conceito de ecossistema em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio: abordagem e possíveis implicações. *Educação em Revista*, 36, e195948. <https://doi.org/10.1590/0102-4698195948>
- Bizzo, N.; Santos-Gouw, A. M., Garcia, P. S., Monteiro, P. H. N., Tolentino-Neto, L. C. B. (2014). In-Context Items in a Nation Wide Examination: Which Knowledge and Skills are Actually Assessed?. In: *Proceedings of the ESERA 2013 Conference Science, Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*, Larnaca (Chipre). ESERA.
- Bowling, A. (1997). *Measuring health: a review of quality of life measurement scales*. Open University Press.
- Bowler, D. E. *et al.* (2020). Mapping human pressures on biodiversity across the planet uncovers anthropogenic threat complexes. *People and Nature*, 2(2), 380-94.
- Brasil. (2009). *Matriz de Referência ENEM*. https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf
- Brasil. (2018). Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Diário Oficial da União*. Ministério da Educação/Conselho Nacional de

Educação/Câmara de Educação Básica. www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51281622

- Brito, B. R. (2015). *As concepções alternativas em exames de larga escala: uma análise das questões de biologia do ENEM* (150 f.). Dissertação de mestrado, Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/304784
- Brito, B. R. & Gebara, M. J. F. (2015). Concepções alternativas em Biologia: uma análise do Exame Nacional do Ensino Médio. In: *Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências ENPEC*. (pp. 1–8). www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/listaresumos.htm
- Carvalho, R. C. & Rezende, F. (2013). Políticas curriculares e qualidade do ensino de ciências no discurso de nível médio. *Ciência & Educação*, 19(3), 555–571. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000300005>
- Cellard, A. (2008). A análise documental. In: Poupard, J., Deslauriers, J. P., Groulx, L. H., Laperrière, A., Mayer, R., & Pires, Á. *A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos* (pp. 295–316). Vozes.
- Cestaro, D. M., Kleinke, M. U., & Alle, L. P. (2020). Uma análise do desempenho dos participantes e do conteúdo abordado em itens de genética e biologia evolutiva do exame nacional do ensino médio (ENEM): implicações curriculares. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(3), 503–536.
www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/2108
- Ferreira, D. C., & Machado, C. J. (2016). O Conteúdo de Ecologia nos Livros Didáticos do Ensino Médio Aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2012. *Ensino & Pesquisa*, 14(1), 25-35.
<http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/view/504/524>
- Franzolin, F., Garcia, P. S. & Bizzo, N. (2020). Amazon conservation and students' interests for biodiversity: The need to boost science education in Brazil. *Science Advances*, 6, eabb0110-10.
- Futuyma, D. (2002). *Biologia Evolutiva*. FUNPEC.

- Gaston, K. (2000). Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405, 220–227.
<https://doi.org/10.1038/35012228>
- Garcia, P. S. (2020). O que os jovens do Estado de São Paulo conhecem sobre a biodiversidade: primeiras aproximações por meio do Exame Nacional do Ensino Médio. *Contribuciones A Las Ciencias Sociales*, 10, 1-13.
- Ghisolfi, R. M. (2000). Ensino de ciências e cidadania. In: Aragão, R. M. R. & Schnetzler, P. R. (Orgs.). *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens* (pp. 154–181). CAPES/UNIMEP.
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa. (2019). *Dados do ENEM de 2019*. Inep. <https://enem.gov.br>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES Secretariat.
https://ipbes.net/sites/default/files/inline/files/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf
- Joly, C. & Queiroz, H. L. (2020). Pandemia, biodiversidade, mudanças globais e bem-estar humano. *Estudos Avançados* 34(100), 67–82.
<https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.006>
- Malimpensa, G. C. & Rink, J. (2017). Conteúdos de Genética nas provas do ENEM: análise de dez anos de exame (2005-2014). In: *Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências ENPEC* (pp. 1-9). www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1825-1.pdf
- Observatório de Educação do Grande ABC. (2020). *Relatório do segundo trimestre de 2020*. Universidade Municipal de São Caetano do Sul.
- Odum, E. & Barrett, G. W. (2008). *Fundamentos de Ecologia*. Cengage.
- Oliveira, A. W. & Cook, K. L. (Eds.). (2019). *Evolution education and the rise of the creationist movement in Brazil*. Lexington.
- Palmberg, I., Berg, I., Jeronen, E., Kähkönen, S., Norrgard-Sillanpää, P., Persson, C., Vilkonis, R., & Yli-Panula, E. (2015). Nordic–Baltic Student Teachers’ Identification of and Interest in Plant and Animal Species: The Importance of Species Identification and Biodiversity

for Sustainable Development. *Journal of Science Teacher Education*, 26(6), 549–571. <https://doi.org/10.1007/s10972-015-9438-z>

- Pasquali, L. & Primi, R. Fundamentos da Teoria da Resposta ao Item – TRI. (2003). *Avaliação Psicológica*, 2(2), 99–110. http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712003000200002&lng=pt
- Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Sínteses.
- Rawat, U. S. & Agarwal, N. K. (2015). Biodiversity: concept, threats and conservation. *Environment Conservation Journal*, 16(3), 19–28. <https://doi.org/10.36953/ECJ.2015.16303>
- Ricklefs, R. E. & Relya, R. (2014). *Ecology: the Economy of Nature*. Freeman.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2020). *Global Biodiversity Outlook 5*. www.cbd.int/gbo/gbo5/publication/gbo-5-en.pdf
- Silva, F. X da. (2016). *A diversidade faunística nos livros didáticos do programa nacional para o 7º ano do Ensino Fundamental* (66 f.). Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/22455>
- Silva, L. A. S., Sousa, T. T., & Carvalho, C. V. M. (2019). Categorização das temáticas de biologia no ENEM no período de 2012 a 2016. In: *Anais do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências ENPEC*. (pp. 1–9). abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1031-1.pdf
- Sousa, L. A. & Braga, A. E. (2020). Teoria clássica dos testes e teoria de resposta ao item em avaliação educacional. *Revista de Instrumentos, Modelos e Políticas em Avaliação Educacional*, 1(1), e020002. <https://doi.org/10.51281/impa.e020002>
- Stadler, J. P. & Hussein, F. R. G. S. (2017). O perfil das questões de ciências naturais do novo ENEM: interdisciplinaridade ou contextualização? *Ciência & Educação*, 23(2), 391–402. <https://doi.org/10.1590/1516-731320170020007>
- Swaminathan, M. S. (1992). Expansão da capacidade humana de conservar a biodiversidade. In: World Resources Institute - WRI, União

Internacional para Conservação da Natureza - UICN, & Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA. *Estratégia global da diversidade* (pp. 147-167). Fundação o Boticário de Proteção à Natureza.

Templenton, A. (2011). *Genética de populações e teoria microevolutiva*. Sociedade Brasileira de Genética.

Testasicca, M. C. de S., Araújo, T. M., & Oliveira, A. R. de. (2020). Approach to the theme “pollution” in ENEM questions and in textbooks: a comparative study around competences and skills. *Research, Society and Development*, 9(11), e81691110432. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10432>.

Tollefson, J. (2020). Why deforestation and extinctions make pandemics more likely. *Nature*, 584, 175–176. <https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-020-02341-1/d41586-020-02341-1.pdf>

Zelezny, L. C. (1999). Educational Interventions That Improve Environment Behaviors: a meta-analysis. *The Journal of Environmental Education*, 31(1), 5–14. <https://doi.org/10.1080/00958969909598627>

ANEXO

Exemplos de questões relacionadas ao tema biodiversidade selecionadas na prova de 2009 (Versão AZUL)

Questão 6

O ciclo biogeoquímico do carbono compreende diversos compartimentos, entre os quais a Terra, a atmosfera e os oceanos, e diversos processos que permitem a transferência de compostos entre esses reservatórios. Os estoques de carbono armazenados na forma de recursos não renováveis, por exemplo, o petróleo, são limitados, sendo de grande relevância que se perceba a importância da substituição de combustíveis fósseis por combustíveis de fontes renováveis.

A utilização de combustíveis fósseis interfere no ciclo do carbono, pois provoca

- a- Aumento da porcentagem de carbono contido na Terra.
- b- Redução na taxa de fotossíntese dos vegetais superiores.
- c- aumento da produção de carboidratos de origem vegetal.
- d- aumento na quantidade de carbono presente na atmosfera.
- e- redução da quantidade global de carbono armazenado nos oceanos.

Questão 10

A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO₂), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa

conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO₂ para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que

- a- o CO₂ e a água são moléculas de alto teor energético.
- b- os carboidratos convertem energia solar em energia química.
- c- a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.
- d- o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.
- e- a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO₂ atmosférico.

Questão 23

Cerca de 1% do lixo urbano é constituído por resíduos sólidos contendo elementos tóxicos. Entre esses elementos estão metais pesados como o cádmio, o chumbo e o mercúrio, componentes de pilhas e baterias, que são perigosos à saúde humana e ao meio ambiente. Quando descartadas em lixos comuns, pilhas e baterias vão para aterros sanitários ou lixões a céu aberto, e o vazamento desses componentes contamina o solo, os rios e o lençol freático, atingindo a flora e a fauna. Por serem bioacumulativos e não biodegradáveis, esses metais chegam de forma acumulada aos seres humanos, por meio da cadeia alimentar. A legislação vigente (Resolução CONAMA nº 257/1999) regulamenta o destino de pilhas e baterias após seu esgotamento energético e determina aos fabricantes e/ou importadores a quantidade máxima permitida

desses metais em cada tipo de pilha/bateria, porém o problema ainda persiste.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 11 jul. 2009

(adaptado).

Uma medida que poderia contribuir para acabar definitivamente como problema da poluição ambiental por metais pesados relatado no texto seria

- a- deixar de consumir aparelhos elétricos que utilizem pilha ou bateria como fonte de energia.
- b- usar apenas pilhas ou baterias recarregáveis e de vida útil longa e evitar ingerir alimentos contaminados, especialmente peixes.
- c- devolver pilhas e baterias, após o esgotamento da energia armazenada, à rede de assistência técnica especializada para repasse a fabricantes e/ou importadores.
- d- criar nas cidades, especialmente naquelas com mais de 100 mil habitantes, pontos estratégicos de coleta de baterias e pilhas, para posterior repasse a fabricantes e/ou importadores.
- e- exigir que fabricantes invistam em pesquisa para a substituição desses metais tóxicos por substâncias menos nocivas ao homem e ao ambiente, e que não sejam bioacumulativas.