

## GENÉTICA NO ENEM: a presença das imagens e a caracterização das questões com base na matriz de referência para o exame

*Priscilla Guimarães Zanella Diniz  
Marcelo Diniz Monteiro de Barros  
Tania Cremonini de Araújo-Jorge*

### Resumo

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), instituído em 1998, ganhou notoriedade em 2005 como mecanismo de acesso ao Programa Universidade para Todos (ProUni) e consagrou-se a partir de 2009 como aparato de acesso ao Sistema de Seleção Unificado (SISU). O presente trabalho analisa, segundo os eixos cognitivos presentes na matriz de referência, 147 questões de Genética do ENEM aplicadas entre 1998 e 2023, almejando compreender o Exame. Além disso, dá destaque às questões que contém imagens em sua estrutura ou em suas alternativas, uma vez que se percebe uma grande relação entre o ensino de Genética e a utilização da linguagem visual. As imagens foram analisadas e categorizadas. Foi possível perceber, no âmbito da Genética, que a contextualização e a interdisciplinaridade se fazem presentes nas questões e desempenham papéis fundamentais no ensino de Ciências. Além disso, verificou-se a presença de muitas imagens próprias da linguagem científica da área da Genética e afins.

**Palavras-chave:** ENEM; ensino de genética; imagens no ensino de genética.

## GENETICS IN ENEM (INEP): the presence of images and the characterization of questions based on the reference matrix for the exam.

### Abstract

The National High School Examination (ENEM), established in 1998, gained notoriety in 2005 as a mechanism for accessing the University for All Program (ProUni) and became established in 2009 as a mechanism for accessing the Unified Selection System (SISU). The present research analyzes, according to the cognitive axes present in the exam reference matrix, 147 ENEM Genetics questions applied between 1998 and 2023, aiming to understand the Exam. Besides, it highlights issues that contain images in their structure or alternatives, since a strong relationship can be seen between the teaching of Genetics and the use of images. These images were analyzed and categorized. It was possible to perceive, in the context of genetics, that contextualization and interdisciplinarity are present in the questions and play fundamental roles in science teaching. Furthermore, it was found the presence of many images typical of the scientific language in the area of Genetics.

**Keywords:** ENEM; genetics teaching; images in genetics teaching.

## GENÉTICA EN EL ENEM:

### La presencia de imágenes y la caracterización de las preguntas en base a la matriz de referencia del examen

#### Resumen

El Examen Nacional de Escuela Media (ENEM), creado en 1998, ganó notoriedad en 2005 como mecanismo de acceso al Programa Universidad para Todos (ProUni) y se constituyó en 2009 como medio de acceso al Sistema Unificado de Selección (SISU). El presente trabajo analiza, según los ejes cognitivos presentes en la matriz de referencia, 147 preguntas de Genética del ENEM aplicadas entre 1998 y 2023, con el objetivo de comprender el Examen. Además, destaca temas que contienen imágenes en su estructura o en sus alternativas, ya que se puede observar una fuerte relación entre la enseñanza de la Genética y el uso del lenguaje visual. Las imágenes fueron analizadas y categorizadas. Fue posible percibir, en el ámbito de la Genética, que la contextualización y la interdisciplinariedad están presentes en las cuestiones y juegan roles fundamentales en la enseñanza de las Ciencias. Además, hubo presencia de muchas imágenes propias del lenguaje científico en el área de la Genética y afines.

**Palabras clave:** ENEM; enseñanza de genética; imágenes en la enseñanza de la genética.

#### O EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO

O projeto de formação do trabalhador, não mais visto como qualificado para uma função, mas como mobilizador de competências – algumas delas muito especializadas, vinculadas a determinadas funções transitórias –, facilita a articulação entre demandas construtivistas e demandas instrumentais. As demandas construtivistas, voltadas para competências complexas, centradas no processo de aprendizagem do aluno e com foco na construção do conhecimento, tornam-se agora compatíveis com as demandas instrumentais, voltadas para competências centradas no desempenho e para o controle do processo de ensino--aprendizagem, visando à eficiência da instrução (Lopes, 2008).

Criado em 1998, o ENEM vem somar-se ao projeto do Ministério da Educação de reorganização do Ensino Médio brasileiro a partir da aprovação da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, em 1996. Esta lei estabelece um novo conceito de educação, novas responsabilidades para os sistemas de ensino e novos princípios para os diversos níveis e modalidades de ensino (Brasil, 1996). Nesta reorganização legal da educação brasileira, a avaliação desponta como questão fundamental. O ENEM, torna-se, então, um instrumento balizador e indutor da reforma da educação básica que vem sendo implantada no país (Castro, 2000).

A criação de programas de apoio financeiro, a exemplo do ProUni, as ações afirmativas e as cotas para estudantes oriundos de escolas públicas nas IES (Instituições de Ensino Superior) públicas geraram novas expectativas para os grupos sociais que alcançaram maior escolaridade que a geração de seus pais. No contexto dessas políticas, a reformulação do ENEM, em 2009, também é concebida como um instrumento de democratização do acesso à Educação Superior (Nierotka, Trevisol, 2019).

Como exame de admissão à IES e, ao mesmo tempo, indutor de mudanças nos currículos de Ensino Médio, o ENEM sofreu alterações significativas. A prova anterior, com 63 itens, foi substituída por uma prova com 180 questões distribuídas em quatro áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias; Matemática e suas Tecnologias; e Ciências da Natureza e suas Tecnologias, além da Redação. Com essas mudanças, o

ENEM passou a atender diferentes públicos, como: estudantes do terceiro ano do Ensino Médio regular e da modalidade Educação de Jovens e Adultos (EJA) que desejavam ingressar em uma IES; estudantes universitários que necessitavam da nota do Enem para a obtenção de algum auxílio ou bolsa; ou adultos que se encontravam fora da escola e que desejavam ingressar em uma IES (Weller, 2021).

Em relação aos seus objetivos, o ENEM (Inep, 1999), em seu documento básico declara que:

Será realizado anualmente, com o objetivo fundamental de avaliar o desempenho do aluno ao término da escolaridade básica, para aferir o desenvolvimento de competências fundamentais ao exercício pleno da cidadania. As tendências internacionais [...] acentuam a importância da formação geral na educação básica [...] para uma atuação autônoma do sujeito na vida social, com destaque à sua inserção no mercado de trabalho, que se torna mais e mais competitivo (Inep, 1999).

Os desempenhos dos sujeitos individuais e/ou das organizações servem como medida da produtividade e da exposição pública da qualidade. Conferir visibilidade ao conhecimento e, portanto, garantir sua medida, permanece sendo a lógica que configura os processos de avaliação, tal como em processos instrumentais instituídos em outras épocas no meio educacional (Díaz Barriga, 1992). Tal foco na medida de desempenho pode ser percebido na avaliação das competências e das habilidades.

O ENEM busca avaliar cinco competências gerais dos estudantes, com o intuito de promover uma formação integral e contribuir para a formação de cidadãos conscientes e engajados. Dentre as principais competências avaliadas no ENEM (Inep, 2020), destacam-se as competências que fazem parte do eixo cognitivo comum a todas áreas de conhecimento: domínio de linguagens, que engloba a capacidade de comunicação oral e escrita, essenciais para expressar ideias e compreender informações; a compreensão de fenômenos, que busca relacionar conhecimentos de várias áreas, permitindo a análise crítica dos processos naturais e sociais; a resolução de problemas, que incentiva a capacidade de identificar e propor soluções para situações complexas; a argumentação, estimulando a habilidade de construir e defender argumentos embasados em informações e conhecimentos adquiridos – que, nas avaliações configura-se na contextualização da questão; e a elaboração de propostas, que visa uma intervenção solidária na realidade. Esta última visa conferir valor social aos conteúdos trabalhados ao longo da educação. Essas competências promovem o desenvolvimento de habilidades fundamentais para a formação de cidadãos ativos, críticos e participativos, capazes de compreender o mundo em sua complexidade e contribuir para uma sociedade mais justa e sustentável.

Em termos conceituais, o ENEM atribui forte importância aos componentes intelectuais próprios da fase desenvolvimental dos estudantes do Ensino Médio e os articula com a promoção da cidadania, relacionando-os de forma substancial (Gomes, 2005). Nesse exame, o maior desafio é de o aluno ser capaz de interpretar as informações, saber organizá-las, coordená-las adequadamente e projetar possibilidades, envolvendo o tom da novidade, de modo que os esquemas prévios já aprendidos não determinem totalmente a resolução do problema (Fini, 2005).

O desenho metodológico da avaliação está organizado em três eixos: a contextualização, a situação-problema e a interdisciplinaridade (Cavalcante *et al.* 2006). As provas do ENEM são, atualmente, realizadas em dois dias. O primeiro dia conta com a realização de 45 questões da área de Linguagens, 45 questões da área de Ciências Humanas e uma redação. Já o segundo dia

contempla 45 questões de Matemática e 45 questões de Ciências da Natureza. Esta última área inclui as disciplinas Biologia, Física e Química (Brasília, 2005).

Com essa reestruturação do Exame, a matriz de referência do ENEM passa a ter competências e habilidades específicas para cada área do conhecimento.

A matriz de referência para a área de Ciências da Natureza apresenta competências e habilidades essenciais para o domínio de conhecimentos relacionados à Física, Química e Biologia. Dentre as principais competências avaliadas estão: a compreensão de fenômenos naturais e suas manifestações, a aplicação de conceitos científicos na análise de problemas cotidianos, a interpretação de dados e informações apresentados em diferentes formatos (textos, gráficos, tabelas, etc.), a identificação de relações entre diferentes áreas das Ciências da Natureza e a compreensão dos princípios e das leis que regem o funcionamento do mundo físico e biológico. Além disso, as habilidades relacionadas à observação, investigação, experimentação, análise crítica e formulação de hipóteses são fundamentais para a resolução de problemas e para a compreensão dos processos científicos. Essas competências e habilidades refletem a importância de uma formação científica sólida, proporcionando aos estudantes as ferramentas necessárias para compreender e atuar de forma crítica e consciente no mundo em que vivem (Inep, 2020).

## AS IMAGENS E AS AVALIAÇÕES

O uso de imagens em sistemas de avaliação ou processos seletivos é bastante frequente, tanto em disciplinas isoladas, quanto em provas interdisciplinares. Esse aspecto é bastante notório em livros didáticos, paradidáticos para crianças e adolescentes, exames de línguas estrangeiras, além de avaliações de concursos e processos seletivos no Brasil. Isso se deve ao fato de, com esse recurso, exigir-se do aluno/candidato uma leitura relacionada entre o objeto de análise e a linguagem que é representada. A imagem, por sua vez, confere uma visualização da situação-problema, capaz de facilitar um melhor entendimento da questão a partir da relação entre signos verbais e não-verbais (Santos; Sargentini, 2010).

Imagens são importantes recursos para a comunicação de ideias científicas. No entanto, além da indiscutível importância como recursos para a visualização, contribuindo para a inteligibilidade de diversos textos científicos, as imagens também desempenham um papel fundamental na constituição das ideias científicas e na sua conceitualização (Martins, Gouvêa, Piccinini, 2005).

Filho e Tomazello (2002) afirmam que as imagens têm um enorme potencial para transmitir determinados conceitos e relações, muitas vezes de forma mais eficaz que a linguagem verbal. Além disso, segundo Martins e Gouvêa (2001), na Educação em Ciências, a leitura da imagem contribui não só para a visualização de alguns conceitos, mas também para a compreensão de uma variedade de textos que estão relacionados ao discurso científico. Essas autoras enfatizam que a utilização de imagens no processo de ensino estimula a concentração dos alunos em relação ao conteúdo estudado, aumenta a receptividade dos mesmos, favorece o desenvolvimento pedagógico e ativa o raciocínio, já que são mais facilmente lembradas do que a linguagem escrita e oral sendo, portanto, facilitadoras do processo de aprendizagem.

Segundo Otero (2003), a Biologia é quase completamente imagem e o mundo é trazido para dentro da sala de aula através dela. O uso de imagens como alternativa metodológica traduz noções e visões com pontos de vistas distintos dentro de contextos sobre a biotecnologia e suas aplicações, melhorando a aprendizagem, vinculando os fenômenos científicos ao dia a dia do aluno.

Diniz, Dickman e Ferreira (2019), no trabalho com questões de Biologia do ENEM, compreendidas no período de 1998 a 2011, encontraram cerca de 38% das questões com algum tipo de figura para ilustrar o enunciado. Em relação às propostas de redação presentes em todas as edições do ENEM, foram observadas a presença de figura na maior parte das provas.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar as provas do ENEM, de 1998 a 2022, caracterizando as questões que envolvem os conteúdos de Genética contemplados na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e suas imagens, quando presentes nas questões.

## METODOLOGIA

Inicialmente foram destacadas todas as questões das provas do ENEM, compreendidas entre 1998 e 2022, que tinham conteúdos relacionados à Genética e à Hereditariedade (áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias).

As questões foram analisadas levando em conta cinco eixos cognitivos norteadores: as linguagens utilizadas, a interdisciplinaridade, a presença de situações-problema, a contextualização e a elaboração de propostas na resolução das questões relacionadas ao âmbito social, características relacionadas, respectivamente, aos eixos cognitivos 1 a 5, presentes na Matriz de Referência ENEM (Inep, 2020). A análise dessas características permite avaliar a relevância das questões para o desenvolvimento das competências fundamentais ao exercício pleno da cidadania. Essas questões foram, também, relacionadas à matriz de habilidades e competências da área de Ciências da Natureza do ENEM.

Posteriormente, foram selecionadas, destas questões, as que tinham algum tipo de imagem em sua estrutura. A respeito da imagem, foram utilizadas algumas categorias de Perales e Jimenez (2002) a saber: Grau de iconicidade (fotografia, desenho figurativo, desenho figurativo com signos, desenho esquemático, desenho esquemático com signos, signos normalizados), Funcionalidade (sintática, operativa, inoperante) e Conteúdo Científico (modelo cientificamente correto, modelo passível de indução de erro, sem conteúdo).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas as provas do ENEM do ano de 1998 a 2022. Como em alguns anos, o ENEM, além da aplicação regular, teve segunda aplicação, reaplicação para estudantes PPL (submetidos a penas privativas de liberdade), terceira aplicação e aplicação digital (mesma prova da aplicação regular, exceto em 2020), optou-se por analisar todas essas, totalizando 41 provas.

Até o ano de 2008, a prova do ENEM tinha 63 questões interdisciplinares, sem discriminação das áreas envolvidas e uma redação que eram realizadas em um único dia. Foram feitas análises para quantificar o número de questões vinculadas às Ciências da Natureza e suas Tecnologias. A partir do ano de 2009, a quantidade de questões de cada área já era predeterminada e a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias passaram a possuir 45 questões.

Desde a sua primeira versão, apenas no ano de 2000 não existiram questões vinculadas aos conteúdos de Genética nas avaliações do ENEM. Foram encontradas 147 questões relacionadas ao conteúdo de Genética no ENEM, das quais 42 possuíam imagens em seu contexto. Essas 147 questões foram analisadas segundo os critérios estabelecidos na metodologia.

No eixo cognitivo I – dominar as linguagens, destacamos que 10 questões de Genética exigiam domínio da linguagem matemática. A Genética possui várias subáreas, em virtude disso,

há necessidade de que o aluno possua um conhecimento básico sobre determinadas áreas como, por exemplo, em Biologia Celular, Citogenética e Matemática (Araújo *et al.* 2018). A utilização da Matemática nos experimentos de Mendel contribuiu de forma significativa para a construção das leis da hereditariedade. No entanto, quando esse conhecimento chega ao Ensino Médio e ao Ensino Superior, muitos alunos sentem dificuldades, principalmente por envolver problemas que necessitam de conteúdos que abrangem a Estatística e a Probabilidade, podendo gerar uma certa confusão no momento da resolução de problemas (Cid, Neto, 2005, Barni, 2010). Segundo Sampaio e Silva (2012), para que se possa aprender Genética, o aluno deve ter conhecimentos em Matemática, pois ela será utilizada em cálculos genéticos como a probabilidade de alguns eventos que venham a acontecer, o crescimento de populações, as porcentagens, entre outros.

A figura 1 representa uma questão que é exemplo desse raciocínio genético em que o aluno precisa dos conhecimentos de equação do 2º grau, probabilidade e porcentagem para desenvolvê-lo.

Figura 1: Questão 121 do ENEM 2020

**Questão 121**

Uma população encontra-se em equilíbrio genético quanto ao sistema ABO, em que 25% dos indivíduos pertencem ao grupo O e 16%, ao grupo A homocigotos. Considerando que:  $p$  = frequência de  $I^A$ ;  $q$  = frequência de  $I^B$ ; e  $r$  = frequência de  $i$ , espera-se encontrar:

Grupo	Genótipos	Frequências
A	$I^A I^A$ e $I^A i$	$p^2 + 2pr$
B	$I^B I^B$ e $I^B i$	$q^2 + 2qr$
AB	$I^A I^B$	$2pq$
O	$ii$	$r^2$

A porcentagem de doadores compatíveis para alguém do grupo B nessa população deve ser de

- A 11%.
- B 19%.
- C 26%.
- D 36%.
- E 60%.

Fonte: ENEM, 2020.

Além desse tipo de questões, elencamos, nessa categoria, as questões que utilizavam a interpretação de gráficos em seu contexto (Figura 2). Mancini, Marques e Cintra (2017), estudaram a ocorrência de itens do ENEM de 2009 a 2016 e analisando 1260 itens encontraram em 88 deles a ocorrência de informações gráficas. Em cada um dos anos estudados, em média, 7% dos itens demandaram habilidades na leitura e na interpretação de gráficos. A alfabetização gráfica é um conhecimento essencial na formação dos alunos, pois permite que eles se apropriem de forma autônoma dessas informações em lugar de se deixar levar pela aparente simplicidade da imagem (Postigo, Pozo, 1999). Ainda, segundo Márquez, Izquierdo e Espinet (2003) e Lemke (2005), as habilidades relacionadas à leitura e à interpretação da linguagem gráfica são essenciais para a tomada de decisões e para o desenvolvimento na sociedade contemporânea.

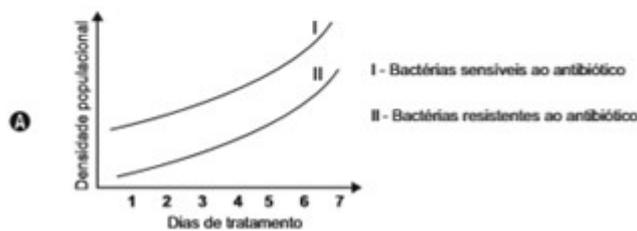
Figura 2: parte da questão 64 do ENEM 2015 - reaplicação

**QUESTAO 64**

As superbactérias respondem por um número crescente de infecções e mortes em todo o mundo. O termo superbactérias é atribuído às bactérias que apresentam resistência a praticamente todos os antibióticos. Dessa forma, no organismo de um paciente, a população de uma espécie bacteriana patogênica pode ser constituída principalmente por bactérias sensíveis a antibióticos usuais e por um número reduzido de superbactérias que, por mutação ou intercâmbio de material genético, tomaram-se resistentes aos antibióticos existentes.

FERREIRA, F. A.; CRUZ, R. S.; FIGUEIREDO, A. M. S. Superbactérias: o problema mundial da resistência a antibióticos. *Ciência Hoje*, n. 237, nov. 2011 (adaptado).

Qual figura representa o comportamento populacional das bactérias ao longo de uma semana de tratamento com um antibiótico comum?



Fonte: ENEM, 2015.

Ainda no eixo cognitivo I, foi possível observar que todas as questões analisadas precisavam de domínio da linguagem científica. Destacamos que 3 traziam interpretação de heredograma, 6 cladogramas e 6 imagens de “DNA fingerprint”, que são imagens que utilizam signos próprios da linguagem científica. Na prova de 2017 – 2ª aplicação –, temos exemplos dessas três linguagens específicas da Ciência (Figura 3).

Figura 3: Questões 121, 128 e 133 do ENEM 2017 – 2ª aplicação

**QUESTÃO 121**

O resultado de um teste de DNA para identificar o filho de um casal, entre cinco jovens, está representado na figura. As barras escuras correspondem aos genes compartilhados.

Mãe Pai I II III IV V

Qual dos jovens é filho do casal?

A I  
 B II  
 C III  
 D IV  
 E V

**QUESTÃO 128**

1 = 1,5 m.a.  
 5,5 = 7 m.a.  
 8,5 = 12 m.a.  
 9 = 13 m.a.

A árvore filogenética representa uma hipótese evolutiva para a família Homínidas, na qual a sigla “m.a.” significa “milhões de anos atrás”. As ilustrações representam, da esquerda para a direita, o gorila, o ser humano, o chimpanzé e o bonobo.

Disponível em: [www.nature.com](http://www.nature.com). Acesso em: 04 dez. 2012 (adaptado).

Considerando a filogenia representada, a maior similaridade genética será encontrada entre os seres humanos e:

A Gorila e bonobo.  
 B Gorila e chimpanzé.  
 C Gorila e orangotango.  
 D Chimpanzé e bonobo.  
 E Bonobo e orangotango.

**QUESTÃO 133**

O heredograma mostra a incidência de uma anomalia genética em um grupo familiar.

● Mulher com anomalia  
 ○ Mulher sem anomalia  
 ■ Homem com anomalia  
 □ Homem sem anomalia

O indivíduo representado pelo número 10, preocupado em transmitir o alelo para a anomalia genética a seus filhos, calcula que a probabilidade de ele ser portador desse alelo é de:

A 0%.  
 B 25%.  
 C 50%.  
 D 67%.  
 E 75%.

Fonte: ENEM, 2017.

No segundo eixo cognitivo analisado – compreender fenômenos –, foram analisadas questões que tinham aplicação de conceitos ou habilidades interdisciplinares para a compreensão de fenômenos.

Segundo Griffiths (2006), os conhecimentos relacionados à Genética têm grande relevância por sua importância para as várias áreas das Ciências Biológicas e por sua conexão com diversos aspectos do cotidiano dos indivíduos.

Nas análises, foram encontradas 114 questões interdisciplinares, sendo que 48 delas possuem interdisciplinaridade com mais de uma área do conhecimento (figura 4). Foram encontradas 18 áreas interdisciplinares e a principal área de interdisciplinaridade foi a Biologia evolutiva, presente em 40 questões (tabela 1).

**Tabela 1: Questões do ENEM interdisciplinares com outras áreas do conhecimento**

Área do conhecimento que possui interdisciplinaridade com Genética	Número de questões
Biologia evolutiva	40
Ecologia	20
Biologia molecular	14
Matemática	13
Citologia	14
Biologia reprodutiva	14
Bioquímica	7
Imunologia	7
Botânica	7
História	5
Epidemiologia	5
Patologia	5
Zoologia	4
Arte ou cultura	3
Educação Ambiental	3
Bioética	3
Paleontologia	2
Biologia da Conservação	2

Fonte: elaborada pelos autores.

**Figura 4: Questão 129 do ENEM 2018 – 2ª aplicação: conteúdo interdisciplinar – história da Ciência, Botânica e Reprodução. Questão 122 do ENEM 2022: conteúdo interdisciplinar – Biologia evolutiva, Ecologia e Reprodução**

<p><b>QUESTÃO 129</b></p> <p>Gregor Mendel, no século XIX, investigou os mecanismos da herança genética observando algumas características de plantas de ervilha, como a produção de sementes lisas (dominante) ou rugosas (recessiva), característica determinada por um par de alelos com dominância completa. Ele acreditava que a herança era transmitida por fatores que, mesmo não percebidos nas características visíveis (fenótipo) de plantas híbridas (resultantes de cruzamentos de linhagens puras), estariam presentes e se manifestariam em gerações futuras.</p> <p>A autofecundação que fornece dados para corroborar a ideia da transmissão dos fatores idealizada por Mendel ocorre entre plantas</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Ⓐ híbridas, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.</li><li>Ⓑ híbridas, de fenótipo dominante, que produzem sementes lisas e rugosas.</li><li>Ⓒ de linhagem pura, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.</li><li>Ⓓ de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem sementes lisas e rugosas.</li><li>Ⓔ de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem apenas sementes rugosas.</li></ul>	<p><b>QUESTÃO 122</b></p> <p>Em muitos animais, machos e fêmeas da mesma espécie apresentam diferenças morfológicas ou comportamentais evidentes. Um exemplo clássico de dimorfismo sexual é o caso do pavão, em que o macho possui cauda vistosa e penas coloridas, as quais estão ausentes nas fêmeas. Em outras espécies, os machos possuem chifres, garras ou dentes maiores do que as fêmeas, e utilizam essas estruturas em combates físicos para defender territórios e ter acesso a fêmeas coespecíficas e receptivas.</p> <p>Esse padrão de dimorfismo evolui porque</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Ⓐ desenvolve-se no processo direcional de deriva genética.</li><li>Ⓑ as fêmeas sofrem menor pressão seletiva total do ambiente.</li><li>Ⓒ machos e fêmeas coespecíficos são fenotipicamente distintos.</li><li>Ⓓ a seleção sexual favorece o sucesso reprodutivo individual de machos dimórficos.</li><li>Ⓔ o material genético de machos dimórficos é mais susceptível a mutações gênicas.</li></ul>
--	---

Fonte: ENEM, 2018 e ENEM, 2022.

É importante enfatizar que a interdisciplinaridade supõe um eixo integrador com as disciplinas de um currículo, para que os alunos aprendam a olhar o mesmo objeto sob perspectivas diferentes. A importância da interdisciplinaridade aponta para a construção de uma escola participativa e decisiva na formação do sujeito social. Não se trata de eliminar as disciplinas e, sim, torná-las comunicativas entre si, concebê-las como processos históricos e culturais (Fortes, 2009).

A relação entre Genética e Biologia evolutiva é esperada, pois a abordagem científica da teoria evolutiva, de base neodarwinista, foi estabelecida a partir da composição de um conjunto de explicações e conceitos evolutivos de Genética associados à Ecologia e Paleontologia (Valença, Falcão, 2012).

No trabalho de Valença e Falcão (2012), com professores pesquisadores, foi constatado que, diante do fato do neodarwinismo compor a teoria evolutiva, e a Genética ser a base dessa abordagem, os problemas de ensino e aprendizagem desta teoria podem indicar a necessidade da integração das explicações Genéticas às aulas de evolução no Ensino Médio.

A Biologia reprodutiva possui relação intrínseca com a Genética, pois é através dela que se dá a hereditariedade. Knippels, Waarlo e Boersma (2005) afirmam que um dos principais problemas do ensino e aprendizagem de Genética está relacionado com a sua natureza abstrata e com uma falta de relação entre herança mendeliana, reprodução sexuada e meiose em particular. Na figura 5, podemos perceber a relação entre Genética e reprodução. A análise dessas relações interdisciplinares permite criar possibilidades de ensino e aprendizagem de Genética, a fim de diminuir os problemas encontrados. Pedrancini *et al.* (2007) destacam que os principais motivos que dificultam a aprendizagem significativa de conceitos e processos biológicos residem no ensino fragmentado e conservador.

Figura 5: Questão 59 do ENEM 2014 – 3ª aplicação

**QUESTÃO 59**

A reprodução é uma característica atribuída a todos os seres vivos, unicelulares ou pluricelulares, de qualquer espécie.

Em condições naturais, a importância dessa característica reside no fato de permitir o(a)

- A** transferência de características básicas entre indivíduos de espécies diferentes.
- B** duplicação da quantidade de DNA nas células da espécie ao longo das gerações.
- C** cruzamento entre indivíduos de espécies diferentes, gerando descendentes férteis.
- D** aumento da quantidade de células dos seres vivos, para que se tornem pluricelulares.
- E** perpetuação da espécie e conservação de suas características ao longo das gerações.

Fonte: ENEM, 2014.

Além desse diálogo que a Genética claramente mantém com as áreas mencionadas acima, foi possível perceber a interdisciplinaridade com outras áreas da Biologia, como a Botânica (figura 6). Essa abordagem interdisciplinar também é uma forma de contextualizar o conteúdo, aproximando de situações que podem ser verificadas pelos estudantes no cotidiano.

Figura 6: Questão 116 do ENEM 2020

**Questão 116**

A irradiação e o sucesso evolutivo das angiospermas estão associados à ação de animais que atuam na polinização de suas flores, principalmente os insetos. Nessa relação, os insetos foram e ainda são beneficiados com alimento.

Para as angiospermas, essa coevolução foi vantajosa por

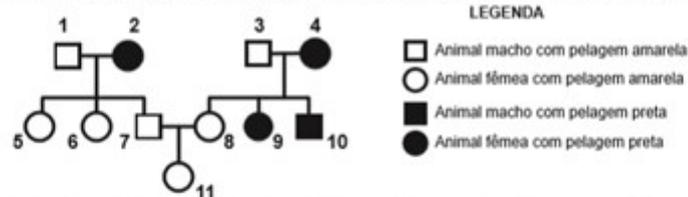
- A** reduzir a ação dos herbívoros.
- B** reduzir a competição interespecífica.
- C** aumentar sua variabilidade genética.
- D** aumentar a produção de grãos de pólen.
- E** aumentar a independência da água para reprodução.

Fonte: ENEM, 2020.

As questões foram também avaliadas no terceiro e quatro eixos cognitivos da Matriz de Referência e observou-se a presença de situações-problema para análises e contextualização da questão para construir argumentações para a resolução das mesmas. Nessa análise, foi possível perceber uma variedade das formas de apresentação das informações e de seleção de dados a serem interpretados pelos estudantes. Um exemplo é a questão 92 da prova de 2020 (figura 7). O enunciado traz uma situação-problema que, para ser resolvida, precisará de habilidades interpretativas do heredograma, análise dos dados descritos na questão e cálculos matemáticos relacionados à probabilidade. Além disso, a questão está contextualizada com uma situação real.

Figura 7: Questão 92 do ENEM 2020 – reaplicação

**Questão 92** Em um grupo de roedores, a presença de um gene dominante (A) determina indivíduos com pelagem na cor amarela. Entretanto, em homozigose é letal, ou seja, provoca a morte dos indivíduos no útero. Já o alelo recessivo (a) não é letal e determina a presença de pelos pretos. Com base nessas informações, considere o heredograma:



Qual é a probabilidade de, na próxima ninhada do casal de roedores que está representado na figura pelos números 7 e 8, nascer uma fêmea de pelagem amarela (representada pelo número 11)?

- A  $\frac{1}{4}$  (25%)
- B  $\frac{1}{3}$  (33%)
- C  $\frac{1}{2}$  (50%)
- D  $\frac{2}{3}$  (66%)
- E  $\frac{3}{4}$  (75%)

Fonte: ENEM, 2020.

As situações-problemas se apresentam de três formas principais: análise e interpretação da figura-suporte ou charge, análise de tabelas ou gráficos e análise do texto introdutório (contextualização) ou análise de afirmativas para aferição da veracidade (tabela 2).

**Tabela 2: Quantidade de questões por habilidades de análise exigidas para a realização das situações-problemas das questões do ENEM – 1998 a 2022**

Habilidade de análise principal para realização da situação-problema	Nº de questões
Interpretação de imagem-suporte ou charge	35
Interpretação de tabelas ou gráficos	9
Interpretação de textos introdutórios (contextualização) ou afirmativas para aferição da veracidade	67

Fonte: elaborada pelos autores.

Algumas questões (36) não envolvem majoritariamente habilidades interpretativas para a resolução dos problemas, caracterizando-se em questões conteudistas, que envolvem memorização de conceitos (figura 8).

Figura 8: Questão 103 do ENEM 2020 digital

Questão 103 - Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Fenômenos epigenéticos levam a modificações do DNA e das histonas, que influenciam o remodelamento da cromatina e, conseqüentemente, a disponibilização ou não de genes para a transcrição.

ARRUDA, I. T. S. Epigenética. *Genética na Escola*, n. 1, 2015 (adaptado).

Esses fenômenos atuam na

- (A) regulação da expressão gênica.
- (B) alteração nas seqüências de bases.
- (C) correção de mutações em determinados genes.
- (D) associação dos ribossomos ao RNA mensageiro.
- (E) alteração nas seqüências dos aminoácidos das histonas.

Fonte: ENEM, 2020.

Atualmente, torna-se consensual entre docentes e discentes o fato de haver pouco envolvimento no processo ensino-aprendizagem quanto às dificuldades de aplicabilidade e abstração dos conceitos que são abordados. Esse aspecto se sobressalta em decorrência de déficit ou, até mesmo, inexistência, em certos momentos, da contextualização de conteúdos remetendo os alunos a uma simples situação de aquisição de conhecimento prévio, superficial ou preparatório para algum evento/prova/concurso, sem propiciar uma possível releitura ou problematização do conteúdo que possibilitasse o desenvolvimento do potencial congênito do indivíduo.

Têm sido bastante comuns comentários positivamente expressos por professores relatando sobre experiências bem-sucedidas em se tratando da utilização da Genética Humana em sala de aula, visto que, dessa forma, o aluno torna-se mais interessado devido à maior facilidade de contextualizar o que se ensina (Camargo, Infante, Malachias, 2007). Essa abordagem é também encontrada no ENEM (figura 9).

Figura 9: Questão 83 do ENEM 2015 – 1ª aplicação

QUESTÃO 83 ○○○○○○

A cariotipagem é um método que analisa células de um indivíduo para determinar seu padrão cromossômico. Essa técnica consiste na montagem fotográfica, em seqüência, dos pares de cromossomos e permite identificar um indivíduo normal (46, XX ou 46, XY) ou com alguma alteração cromossômica. A investigação do cariótipo de uma criança do sexo masculino com alterações morfológicas e comprometimento cognitivo verificou que ela apresentava fórmula cariotípica 47, XY, +18.

A alteração cromossômica da criança pode ser classificada como

- (A) estrutural, do tipo deleção.
- (B) numérica, do tipo euploidia.
- (C) numérica, do tipo poliploidia.
- (D) estrutural, do tipo duplicação.
- (E) numérica, do tipo aneuploidia.

Fonte: ENEM, 2015.

Para a análise do último eixo cognitivo – elaborar propostas de intervenção solidária, procurou-se nos itens alguma intencionalidade para o desenvolvimento de pensamentos e ações solidárias, respeitando valores humanos e diversidade sociocultural.

O Ensino de Genética é essencial para a compreensão dos fundamentos da hereditariedade, pois propicia aos estudantes terem conhecimento sobre as aplicações que têm sido feitas através dos estudos da área da Genética no diagnóstico e tratamento de doenças, na identificação de paternidade ou de indivíduos e até mesmo em investigações criminais (Brasil, 2017).

A Genética e evolução são os ramos da Biologia que trabalham a hereditariedade e os mecanismos que geram e mantém a diversidade. Fatores evolutivos, que incluem variação genética, características reprodutivas, variações de fluxo gênico e seleção natural, são responsáveis pela evolução e pela diversidade dos seres vivos: “[...] os organismos são produtos de uma história de descendência com modificações a partir de ancestrais comuns, e que o principal mecanismo da evolução é o da seleção natural das variações hereditárias” (Futuyma, 1992). A variação, ou variabilidade, permite que a população se adapte, por exemplo, a modificações ambientais, sendo a diversidade entre os seres vivos fundamental para a manutenção das espécies.

Para Barni (2010), o ensino de Genética tem sido apontado como uma necessidade na formação de jovens conscientes e capazes de tomar decisões em relação à sua própria vida, contribuindo também para a compreensão de diferenças individuais. Mello *et al.* (2000) consideram a Genética uma disciplina com importantes implicações sociais e éticas capaz de colaborar na formação de um sujeito social comprometido com sua cidadania.

Dentro desse contexto, foram encontradas 32 questões que tinham como intencionalidade a reflexão de aspectos éticos e valores humanos atribuídos na resolução das mesmas. Essas questões relacionavam procedimentos ou conhecimentos genéticos à produção de medicamentos (figura 10), ao melhoramento de tratamentos ou à prevenção de doenças, à identificação de paternidade, à doação de sangue, à importância da preservação da biodiversidade e à evolução e diversidade humana (figura 11).

Figura 10: Questões 6 do ENEM 2009 e 110 do ENEM 2020 – 1ª aplicação

**Questão 6**

Um novo método para produzir insulina artificial que utiliza tecnologia de DNA recombinante foi desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Biologia Celular da Universidade de Brasília (UnB) em parceria com a iniciativa privada. Os pesquisadores modificaram geneticamente a bactéria *Escherichia coli* para torná-la capaz de sintetizar o hormônio. O processo permitiu fabricar insulina em maior quantidade e em apenas 30 dias, um terço do tempo necessário para obtê-la pelo método tradicional, que consiste na extração do hormônio a partir do pâncreas de animais abatidos.

Ciência Hoje, 24 abr. 2001. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br> (adaptado).

A produção de insulina pela técnica do DNA recombinante tem, como consequência,

- o aperfeiçoamento do processo de extração de insulina a partir do pâncreas suíno.
- a seleção de microrganismos resistentes a antibióticos.
- o progresso na técnica da síntese química de hormônios.
- impacto favorável na saúde de indivíduos diabéticos.
- a criação de animais transgênicos.

**Questão 110**

Instituições acadêmicas e de pesquisa no mundo estão inserindo genes em genomas de plantas que possam codificar produtos de interesse farmacológico. No Brasil, está sendo desenvolvida uma variedade de soja com um vírus ou microbívoro capaz de prevenir a contaminação pelo vírus causador da aids. Essa leguminosa está sendo induzida a produzir a enzima cianovirina-N, que tem eficiência comprovada contra o vírus.

OLIVEIRA, M. Remédio na planta. Pesquisa Fapesp, n. 206, abr. 2013.

A técnica para gerar essa leguminosa é um exemplo de

- A hibridismo.
- B transgenia.
- C conjugação.
- D terapia gênica.
- E melhoramento genético.

Fonte: ENEM 2009 e ENEM 2020.

### Figura 11: Questão 81 do ENEM 2014 – 1ª aplicação

#### QUESTÃO 81

Embora seja um conceito fundamental para a biologia, o termo "evolução" pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo evolutivo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas.

Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por

- Ⓐ modificação de características.
- Ⓑ incremento no tamanho corporal.
- Ⓒ complexificação de seus sistemas.
- Ⓓ melhoria de processos e estruturas.
- Ⓔ especialização para uma determinada finalidade.

Fonte: ENEM 2014.

Acredita-se que esses conhecimentos permitem que os alunos sejam introduzidos ao debate das implicações éticas, morais, políticas e econômicas das manipulações genéticas, analisando-as e avaliando seus riscos e benefícios para a humanidade e o planeta (Brasil, 2002).

Após a análise das questões, a partir dos parâmetros da Matriz de Referência, foi realizada uma análise das imagens inseridas nas questões, a fim de verificar a sua funcionalidade e os principais conteúdos científicos relacionados a ela.

Foram encontradas 50 questões com suporte de imagem, seja na contextualização, enunciado seja nas alternativas de respostas. As imagens presentes foram, primeiramente, categorizadas quanto ao seu grau de iconicidade (Perales, Jiménez, 2002) que mede a complexidade que as imagens possuem (tabela 3).

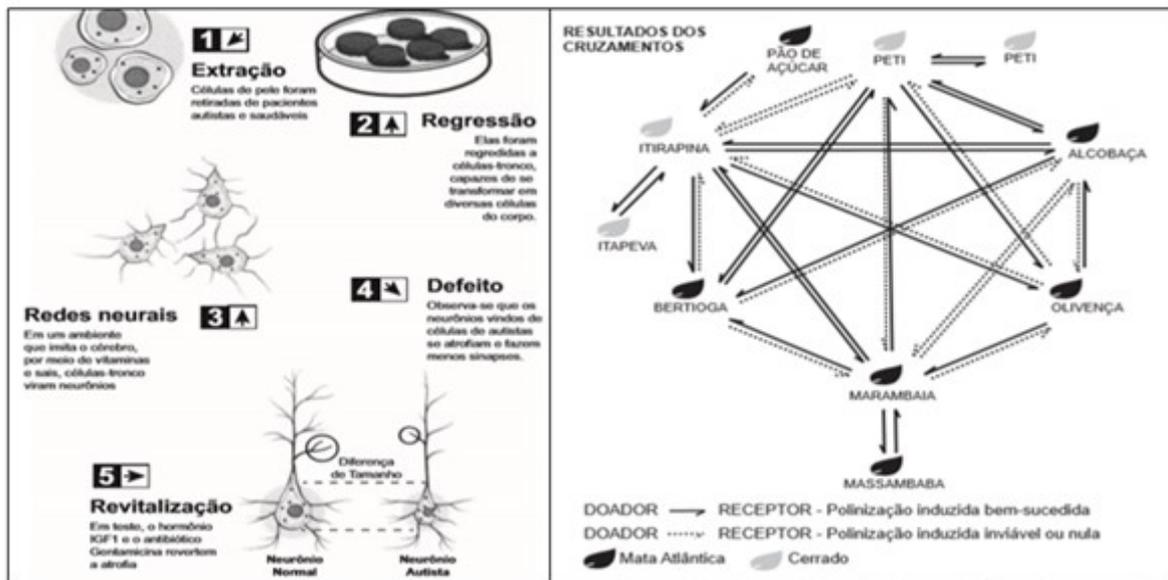
**Tabela 3: Categorização das imagens presentes nas questões do ENEM segundo o grau de iconicidade**

Grau de iconicidade	Nº de questões
Fotografia	5
Desenho figurativo (preza a representação orgânica, imitando a realidade)	1
Desenho figurativo + signos (representa as ações ou magnitudes não observáveis)	2
Desenho esquemático (preza a representação das relações em detrimento aos detalhes)	2
Desenho esquemático + signos (representa ações ou magnitudes não observáveis). Obs.: as tabelas foram classificadas nessa categoria.	17
Signos normalizados (constitui um espaço de representação homogêneo e simbólico que possui regras sintáticas específicas)	23

Fonte: elaborada pelos autores.

Os signos normalizados caracterizam imagens próprias da linguagem científica. São eles: cladogramas, heredogramas, fingerprint. Nos desenhos esquemáticos com signos, foram encontrados, além das tabelas, esquemas de duplicação de células, de processos biotecnológicos, incluindo terapias gênicas, processos de especiação (figura 12) e linhas evolutivas simples.

**Figura 12: Desenho esquemático com signos: terapia gênica - Questão 77 do ENEM 2013 – 2ª aplicação. Cruzamentos entre espécies de orquídeas de diferentes regiões - especiação. Questão 120 do ENEM 2018**



Fonte: ENEM 2013 e ENEM 2018.

O esquema é uma totalidade organizada que permite gerar uma classe de comportamento diferente em função das características particulares de cada situação. (Vergnaud, 1996). Esses esquemas, refletem a complexidade dos conteúdos que buscam ser simplificados através deles.

De acordo Paz *et al.* (2006), a modelização no ensino de Ciências Naturais surge da necessidade de explicação que não satisfaz o simples estabelecimento de uma relação causal. Dessa forma, o professor passa a fazer o uso de maquetes, esquemas, para fortalecer suas explicações de um determinado conceito, proporcionando assim uma maior compreensão da realidade por parte dos alunos.

As imagens também foram analisadas segundo sua funcionalidade, ou seja, o que se pode fazer com as imagens (tabela 4).

**Tabela 4: Categorização das imagens presentes nas questões do ENEM segundo sua funcionalidade**

Funcionalidade	Número de questões
Inoperantes (cabe apenas a observação, não tem nenhum elemento utilizável)	3
Operativas elementares (contém elementos de representação universal)	23
Sintáticas (contém elementos cujo uso exige o conhecimento técnico)	24

Fonte: elaborada pelos autores.

As imagens com função inoperante, são meramente ilustrações que não acrescentam nenhuma informação para a resolução da questão (figura 13).

**Figura 13: Imagem com função inoperante. Questão 41 do ENEM 2005.**

**41**  
Um fabricante afirma que um produto disponível comercialmente possui DNA vegetal, elemento que proporcionaria melhor hidratação dos cabelos.  
Sobre as características químicas dessa molécula essencial à vida, é correto afirmar que o DNA

- (A) de qualquer espécie serviria, já que têm a mesma composição.
- (B) de origem vegetal é diferente quimicamente dos demais pois possui clorofila.
- (C) das bactérias poderia causar mutações no couro cabeludo.
- (D) dos animais encontra-se sempre envelado e é de difícil absorção.
- (E) de características básicas, assegura sua eficiência hidratante.

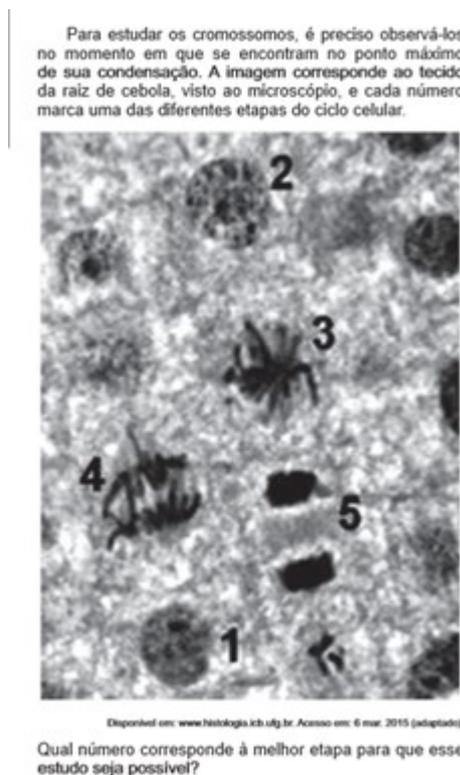


Fonte: ENEM, 2005.

O simples fato de incluir imagens nos textos não garante ao aluno uma melhor aprendizagem, já que nem todas as imagens e nem todas as relações entre os textos e as imagens proporcionam eficiência na aprendizagem (Martins, Gouvêa, 2005). Heck e Hermel (2013), analisando livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental, também observaram que a maioria das imagens tem função principalmente ilustrativa, sendo inoperantes ou informativas quanto às suas funções no texto, não levando à reflexão por parte dos alunos.

As imagens sintáticas estão relacionadas às da tabela 5 – grau de iconicidade: signos normalizados, pois são imagens do conteúdo específico de Genética. Foi acrescentado à função sintática uma fotografia microscópica com função sintática que representa as fases da divisão celular (figura 14).

**Figura 14: Imagem com função sintática. Questão 108 da prova do ENEM 2017 – 2ª aplicação**



Fonte: ENEM, 2017.

Por último, foram analisados os conteúdos científicos presentes nas mesmas. O conteúdo retratado em imagens mais cobrado foi cladograma ou linha evolutiva. Presente em sete questões, esse conteúdo é linguagem própria da Biologia evolutiva que é construído baseado em estudos filogenéticos dos grupos de seres vivos. É uma linguagem própria da Ciência e, segundo Oliveira *et.al.* (2013) é por meio da hipótese filogenética que os estudantes avançam no entendimento do papel da biodiversidade na evolução dos seres e podem compreender melhor como o determinismo biológico tem cedido espaço para o pensamento interdisciplinar que é mais plástico e mais complexo.

O destaque que esses temas apresentam pode ser explicado pelo grande apelo social e pela influência direta na vida das pessoas (Xavier *et al.* 2006). São, portanto, conteúdos relevantes no contexto escolar e, assim, passíveis de cobranças acentuadas no ENEM.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os documentos publicados pelo INEP/MEC explicam que o ENEM se constitui num exame que tem como objetivo fundamental avaliar o desempenho do aluno ao término da escolaridade básica, para aferir o desenvolvimento das competências fundamentais ao exercício pleno da cidadania. Dessa forma, foi possível perceber, no âmbito da Genética, que a contextualização e a interdisciplinaridade se fazem presentes nas questões e desempenham papéis fundamentais no ensino de Ciências, pois fornecem aos estudantes uma compreensão mais profunda e significativa do mundo ao seu redor, capacitando-os para o exercício pleno da cidadania. Ao contextualizar os conceitos científicos dentro de situações do mundo real, os alunos podem relacionar o que aprendem com problemas e desafios reais que enfrentam em suas vidas diárias. Além disso, a abordagem interdisciplinar permite que eles vejam como a Ciência se conecta a outras disciplinas, como Ética, Política, Economia e Meio Ambiente. Isso os prepara para tomar decisões informadas e participar ativamente da sociedade, contribuindo para soluções criativas e responsáveis para os problemas que o mundo enfrenta.

Além disso, foi possível perceber a presença de imagens próprias da genética nas avaliações e o seu papel crucial no processo de aprendizagem dessa área, tornando um campo complexo e abstrato, mais acessível e compreensível. As representações visuais, como gráficos de cruzamento genético, modelos de DNA e ilustrações de estruturas celulares, permitem que os estudantes visualizem conceitos e processos genéticos de uma maneira tangível. Essas imagens não apenas simplificam a complexidade da Genética, mas também facilitam a retenção e a compreensão dos alunos, pois estimula a memória e a compreensão conceitual. As imagens também podem ser uma ferramenta poderosa para ilustrar exemplos do mundo real, como doenças genéticas, evolução e engenharia genética, tornando a Genética mais relevante e envolvente para os estudantes.

Dessa forma, entende-se que conhecer a prova do ENEM, em seus mais diversos conteúdos, auxilia a tomada de decisões para elencar estratégias de ensino, favorecendo a aprendizagem e a educação para a cidadania.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Maurício dos Santos; FREITAS, Wanderson Lopes dos Santos; LIMA, Sintiane Maria de Sá; LIMA, Michele Mara de Oliveira. A Genética no contexto de sala de aula: dificuldades e desafios em uma escola pública de Floriano-PI. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 9, n. 1, p. 19-30, 2018.

- BARNI, Graziela dos Santos. *A importância e o sentido de estudar Genética para estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola da rede estadual de ensino em Gaspar (SC)*. 184f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências Naturais e Matemática) – FURB, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2010.
- BRASIL. Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*. Brasília, 23 dez. 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- BRASIL. A segunda maior prova de acesso ao ensino superior no mundo. *Portal do MEC*. 2015. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/418-enem-946573306/31151-a-segunda-maior-prova-de-acesso-ao-ensino-superior-do-mundo>. Acesso em 14 jul. 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2017.
- BRASÍLIA. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Exame Nacional do Ensino Médio – Fundamentação teórico – metodológica*. DF, 2005.
- CAMARGO, Solange Soares; INFANTE-MALACHIAS, Maria Elena. A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. *Genética na Escola*, Ribeirão Preto, v.2, n.1, p. 14-16, 2007.
- CASTRO, Maria Helena Guimarães. *Sistemas Nacionais de Avaliação e de Informações Educacionais. São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, v.14 n.1, 2000.
- CAVALCANTE, Leila Pacheco Ferreira.; OLIVEIRA, Ricardo Castro; REALI, Aline Maria de Medeiros Rodrigues; TANCREDI, Regina Maria Simões. ENEM 2005 – Pressupostos teóricos, desenho metodológico e análise dos resultados. *Revista de Ciências Humanas*, v.6, n.2, p. 309-319. 2006.
- CID, Marília; NETO, Antônio. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: O caso da genética. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, v.1, p. 1-5, 2005.
- DÍAZ BARRIGA, Ángel. *Didáctica y curriculum*. México: Nuevomar, 1992.
- DINIZ, Priscilla Guimarães Zanella.; DICKMAN, Adriana Gomes.; FERREIRA, Amaury Carlos Representação de imagens de biologia para estudantes cegos: investigando possibilidades. *Revista Dynamis*, v.25, n. 2, p.77-95. 2019.
- FILHO, João Mendonça; TOMAZELLO, Maria Guimar. As imagens de ecossistemas em livros didáticos de ciências e suas implicações para a educação ambiental. In: *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. São Paulo, 2002.
- FINI, Maria Eliza. Erros e acertos na elaboração de itens para a prova do Enem. In: BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Exame Nacional do Ensino Médio (Enem): fundamentação teórico-metodológica*. Brasília, p.101-106, 2005.
- FORTES, Clarissa Correa. Interdisciplinaridade: origem, conceito e valor. *Revista acadêmica Senac online*. 6ed. 2009.
- FUTUYMA, Douglas Joel. *Biologia Evolutiva*. Tradução De Mário de Vivo e Fábio de Melo Sene. 2a edição, Ribeirão Preto. Sociedade Brasileira de Genética, 1992.
- GOMES, Cristiano Mauro Assis. *Uma análise dos fatores cognitivos mensurados pelo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)*. 334p. Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. UFMG, Belo Horizonte, 2005.

- GRIFFITHS, Anthony *Introdução à genética*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- HECK, Claudia Maiara; HERMEL, Erica do Espírito Santo. Análise imagética das células em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. *Revista da SBEnBio*, n. 7, p. 1401-1409. 2013.
- INEP (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS). *ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio: documento básico*. Brasília: MEC/INEP, 1999.
- INEP. *Matriz de Referência ENEM*. Brasília: MEC/INEP, 2020.
- KNIPPELS, Marie Christine, WAARLO, Arend Jan; BOERSMA, Kerst Th. Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, v.39 (3), p. 108-112, 2005.
- LEMKE, Jay. Multiplying meaning. In Martin, J. R.; Veel, R., *Reading science: Critical and functional perspectives on discourses of science*, (87-114). London: Taylor & Francis e-Library, 2005.
- LOPES, Alice Casimiro. A articulação entre conteúdos e competências em políticas de currículo para o ensino médio. In: LOPES, Alice Casimiro; MACEDO, Elizabeth; TURA, Maria de Lourdes; LEITE, Carlinda. *Políticas educativas e dinâmicas curriculares no Brasil e em Portugal*. Rio de Janeiro, DPALLI, p. 189-214, 2008.
- MANCINI, Giovanna Vianna; MARQUES JUNIOR, Amauri Celso; CINTRA, Elaine Pavini. Análise dos itens de biologia presentes no ENEM. *Enseñanza de las ciencias*, n. extra, p. 1479-1484, 2017.
- MÁRQUEZ, Conxita; IZQUIERDO, Mercé; ESPINET, Mariona. Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 21(3), 371-386. 2003.
- MARTINS, Isabel; GOUVÊA, Guaracira. Imagens e educação em ciências. In: ALVES, N. e MAYER, R. E. *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 31-48, 2005.
- MARTINS, Isabel; GOUVÊA, Guaracira; PICCININI, Claudia. Aprendendo com imagens. *Ciência e Cultura*, 57, n.4, p. 38-40, 2005.
- MELLO, Celina Martins, MOTOKANE, Marcelo Tadeu, TIVELATO, Silvia Luzia Frateschi. Ensino de genética: avaliação de uma proposta inovadora. In: *Coletânea do VI Encontro “Perspectivas do ensino de Biologia”*. Campinas: UNICAMP, 2000.
- NIEROTKA, Rosileia Lucia.; TREVISOL, Joviles Vitorio. Políticas de democratização do acesso à educação superior e ações afirmativas. In: *Ações afirmativas na educação superior: a experiência da Universidade Federal da Fronteira Sul*. Chapecó: Editora UFFS, 2019.
- OLIVEIRA, Dyone Matias; BELLINI, Marta; ALMEIDA, Hederson Aparecido. Cladogramas: o que pensam alunos de Ciências Biológicas. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v.6 (2), p. 44, 2013.
- OTERO, Maria Rita. *Imágenes e Investigación en Enseñanza de las Ciencias*. PIDEDEC: Textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos. V. 5 – 2003. Porto Alegre.
- PAZ, Alfredo Mullen; ABEGG, Ilse; FILHO, José de Pinho Alves; Oliveira, Vera Lucia Bahi. Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. *Revista Ensaio*, v.8, n.2, 2006.
- PEDRANCINI, Vanessa Daiane; CORAZZA-NUNES, Maria Julia.; GALUCH, Maria Terezinha Bellanda; MOREIRA, Ana Lucia Olivo Rosas; RIBEIRO, Alessandra Claudia. Ensino e aprendizagem em biologia do ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Enseñanza de las ciencias*, v. 6 (2), 299-309. 2007.

- PERALES, Javier; JIMÉNEZ, Juan de Dios. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias: análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.20, n.3, p. 369-386. 2002.
- POSTIGO, Yolanda, POZO, Juan Ignacio. Hacia una nueva alfabetización: el aprendizaje de información gráfica. In: *El aprendizaje estratégico: enseñar a aprender desde el currículo*. Madrid: Santillana/Aula XXI, 251-267. 1999.
- SAMPAIO, Cássia Ferreira; SILVA, Amanda Gomes. Uma Introdução a BioMatemática: A importância da Transdisciplinaridade entre Biologia e Matemática. In: Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”, Sergipe: UFSE, 2012.
- SANTOS, Jocenilson Ribeiro; SARGENTINI, Vanice. O. Estudo de linguagem sincrética em exames nacionais de avaliação brasileira (ENEM e ENADE): por uma semiologia histórica do discurso. In: Víctor M. Castel y Liliana Cubo de Severino. *La renovación de la palabra en el bicentenario de la Argentina. Los colores de la mirada lingüística*. Mendoza: Editorial FFyL, UNCuyo. 2010.
- VALENÇA, Cristiana Rosa; FALCÃO, Eliane Brígida de Moraes. Teoria da Evolução: representação de professores pesquisadores de biologia e suas relações com o ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.11. n.2. 2012.
- VERGNAUD, Gérard. A trama dos Campos Conceituais na Construção dos Conhecimentos. *Revista do GEMPA*, Porto Alegre, n. 4, p.9-29, 1996.
- XAVIER, Maria Cristina Fernandes; FREIRE, Alexandre de Sá; MORAES, Minton Ozório. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no Ensino Médio. *Ciência e Educação*, v.12. n.3. 2006.

*Submetido em 9 de outubro de 2023*  
*Aprovado em 18 dezembro de 2023*

### Informações dos autores

Priscilla Guimarães Zanella Diniz  
Colégio Santa Doroteia de Belo Horizonte  
E-mail: [priscillagzanella@gmail.com](mailto:priscillagzanella@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5463-0070>  
Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9384647179932965>

Marcelo Diniz Monteiro de Barros  
Universidade do Estado de Minas Gerais e Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
E-mail: [marcelodiniz@pucminas.br](mailto:marcelodiniz@pucminas.br)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4420-5406>  
Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3426609037202095>

Tania Cremonini de Araújo-Jorge  
Instituto Oswaldo Cruz  
E-mail: [taniaaj@ioc.fiocruz.br](mailto:taniaaj@ioc.fiocruz.br)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8233-5845>  
Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1782386890431709>