

O que podemos dizer sobre a aprendizagem de conceitos de genética a partir das questões do Enem?

Priscila Matos Resinentti

UFRJ/PEMAT
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
priscila.resinentti@gmail.com

Marta Feijó Barroso

UFRJ/Instituto de Física
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
marta@if.ufrj.br

Gustavo Rubini

UFRJ/Instituto de Física
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
gustavorubini@if.ufrj.br

Resumo

Estudar o desempenho dos alunos no Enem possibilita diagnosticar o aprendizado dos estudantes ao final da Educação Básica. Neste trabalho, são analisados itens de Biologia das provas de Ciências da Natureza entre 2009 e 2017. Busca-se identificar a existência de padrões que possibilitem inferências sobre a aprendizagem. Verificam-se dificuldades em questões relacionadas à compreensão das interações entre organismos e ambientes, e na habilidade correspondente ao reconhecimento dos mecanismos de transmissão da vida. Questões de genética envolvem conceitos estruturantes de Biologia, que permitem a compreensão de fenômenos cotidianos como técnicas de reconhecimento de pessoas e biotecnologias. Os alunos apresentam confusões conceituais que envolvem três categorias: a diferença entre DNA nuclear e mitocondrial, padrões de herança genética na espécie humana e tipos de mutação.

1 Introdução

Genética é a ciência que se dedica ao estudo dos genes. A partir do seu desenvolvimento e avanços, foram possíveis desdobramentos nas áreas de biotecnologia e de engenharia genética, por exemplo. Com as pesquisas sobre clonagem, vacinas, produtos transgênicos e o uso terapêutico das células-tronco, passaram a ser tópicos recorrentes nas rodas de conversa e nos noticiários veiculados pelos diferentes meios de comunicação.

Apesar da grande relevância desse tema, os dados da prova de Ciências da Natureza do Enem revelam o quanto grande parte dos alunos concluintes apresentam dificuldades na resolução de itens envolvendo as habilidades da competência de área 4: “Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais”. Neste artigo, em especial, serão trabalhados os itens que envolvem a habilidade 13 da prova de Ciências da Natureza do Exame Nacional do Ensino Médio - Enem – “Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos”, com o objetivo de mapear evidências que possibilitem discussões sobre o ensino do tema em aulas de ciências.

2 Metodologia, Resultados e Discussão

O uso da Teoria da Resposta ao Item (TRI) e da Teoria Clássica dos Testes (TCT) permite obter dados e fazer inferências sobre os processos de aprendizagem dos temas abordados em disciplinas de C N (RUBINI, 2019). O estudo desses dados é relevante pois o Enem é uma prova de alto valor para os alunos ao final do ensino médio que aspiram uma vaga em cursos universitários, tanto públicos quanto privados. Mais do que isso, a população de estudantes do ensino médio que faz o Enem no ano de conclusão do ensino médio é significativa: mais de 50% distribuídos uniformemente por região do país, por gênero e por tipo de escola (RUBINI, 2019).

É possível classificar disciplinarmente cada uma das questões de CN (GONÇALVES JR, 2012) em função do conhecimento de conteúdo mobilizado para a escolha da resposta correta a partir objetos de aprendizagem de Física, Biologia, Química da Matriz de Referência da prova (BARROSO, 2018).

As respostas de cada estudante às questões do Enem são disponibilizadas publicamente pelo Inep. Essas informações são organizadas com auxílio de programas de bancos de dados, e a descrição de como esses dados são tratados para obtenção dos resultados aqui mostrados está disponível em Barroso, Massunaga e Rubini (2017). Neste trabalho, foram utilizados filtros de forma a considerar apenas as respostas dos alunos auto-declarados concluintes do Ensino Médio que participaram dos dois dias de aplicação da prova e com notas válidas em todas as cinco provas, incluindo Redação.

Os dados relativos à estatística descritiva da prova e das questões (médias globais, totais de acertos, percentuais de escolha de cada alternativa, entre outros) foram obtidos com a utilização de programas estatísticos (SPSS e R). Os parâmetros da Teoria da Resposta ao Item foram obtidos de forma independente, e

validados de forma indireta (RUBINI, 2019), sendo compatíveis com os resultados do Inep. Todos os resultados gerais estão apresentados em trabalhos anteriores, que focaram no estudo das questões de Física do Enem (RUBINI, 2019; BARROSO, 2018).

Analisando o percentual de acertos nos itens de cada uma das habilidades referentes à Biologia, foi possível constatar que as habilidades 13 e 16 são aquelas nas quais os estudantes brasileiros apresentam maior dificuldade, medida pelo percentual de acerto, e as que envolvem os conceitos de genética e evolução com maior ênfase.

Na Tabela 1, apresentamos os resultados das questões que envolvem a especificamente a habilidade 13: qual é a questão (identificada a partir do ano e do número na versão de cor azul da prova de Ciências da Natureza), a resposta correta (gabarito) segundo o Inep, o percentual de acerto e uma informação adicional, a dificuldade da questão de acordo com os valores obtidos por Rubini (2019) expressa na escala do Inep a cada ano, e o objeto de conhecimento abordado, segundo classificação feita pelos autores.

Tabela 1. Informações sobre o desempenho dos estudantes concluintes do E. M. nas questões do Enem que envolvem a habilidade 13 (2009 – 2017).

Ano	Questão	Gabarito	% Acerto	Dificuldade (escala Inep)	Objeto de conhecimento
2009	4	B	65,18	515,9	2. Hereditariedade e diversidade da vida
	41	A	23,53	843,6	1. Moléculas, células e tecidos
2010	71	E	20,67	741,8	3. Identidade dos seres vivos
2011	65	E	21,31	834,0	2. Hereditariedade e diversidade da vida
2012	65	E	18,40	635,9	1. Moléculas, células e tecidos
2013	70	C	76,00	463,7	1. Moléculas, células e tecidos
	88	D	13,59	617,6	1. Moléculas, células e tecidos
2014	74	D	25,24	655,7	2. Hereditariedade e diversidade da vida
2015	54	E	12,20	627,8	2. Hereditariedade e diversidade da vida
	87	D	12,64	623,4	1. Moléculas, células e tecidos
2016	83	C	30,97	619,4	1. Moléculas, células e tecidos
2017	117	D	15,03	684,0	2. Hereditariedade e diversidade da vida

Fonte: autores a partir de dados do Inep (2009-2017) e de Rubini, 2019.

Apesar dos conhecimentos básicos sobre genética serem considerados de alta relevância para o letramento científico da população, os dados revelam o quanto esses conhecimentos são pouco dominados por grande parte dos alunos concluintes, e provavelmente, pela população adulta. E indicam que, como a literatura de ensino de ciências aponta (BELMIRO e BARROS, 2017; JUSTINA e RIPPEL, 2003), a aprendizagem dos conceitos básicos da genética, tanto mendeliana quanto molecular, apresenta grandes dificuldades.

Trabalhos citados por Silveira e Amabis (2003) já apontavam os temas de genética como os mais difíceis, na percepção dos alunos e, também, segundo os professores do ensino médio, os mais importantes de se ensinar em Biologia. Através dos estudos de Moura et al (2013), verificou-se que o ensino de biologia

ainda é considerado abstrato, sem conexão com fatos da realidade e distanciado da sociedade no qual os alunos estão inseridos, principalmente quando tratam de conceitos relacionados à área de genética; a difícil compreensão desses conceitos impacta num desconhecimento sobre as tecnologias e produtos provenientes dessa área.

A partir dos conceitos envolvidos na resolução de algumas das questões da habilidade 13 do Enem, foram destacadas três categorias nas quais é possível notar confusões conceituais apresentadas pelos estudantes e que determinam a escolha que fazem como opção de resposta: i) diferença entre DNA nuclear e DNA mitocondrial; ii) padrões de herança genética na espécie humana; iii) tipos de mutação. Neste trabalho, desdobraremos a confusão perceptível entre DNA nuclear e DNA mitocondrial a partir de uma questão. O estudo de uma questão em particular pode revelar com clareza o quadro mencionado. A questão 41 da prova azul de 2009 (2009_Q41), apresentada como consta na prova na Figura 1, aborda aplicações tecnológicas relacionadas ao DNA em investigações científicas.

<p>Questão 41</p> <p>Uma vítima de acidente de carro foi encontrada carbonizada devido a uma explosão. Indícios, como certos adereços de metal usados pela vítima, sugerem que a mesma seja filha de um determinado casal. Uma equipe policial de perícia teve acesso ao material biológico carbonizado da vítima, reduzido, praticamente, a fragmentos de ossos. Sabe-se que é possível obter DNA em condições para análise genética de parte do tecido interno de ossos. Os peritos necessitam escolher, entre cromossomos autossômicos, cromossomos sexuais (X e Y) ou DNAMt (DNA mitocondrial), a melhor opção para identificação do parentesco da vítima com o referido casal. Sabe-se que, entre outros aspectos, o número de cópias de um mesmo cromossomo por célula maximiza a chance de se obter moléculas não degradadas pelo calor da explosão.</p>	<p>Com base nessas informações e tendo em vista os diferentes padrões de herança de cada fonte de DNA citada, a melhor opção para a perícia seria a utilização</p> <ul style="list-style-type: none">Ⓐ do DNAMt, transmitido ao longo da linhagem materna, pois, em cada célula humana, há várias cópias dessa molécula.Ⓑ do cromossomo X, pois a vítima herdou duas cópias desse cromossomo, estando assim em número superior aos demais.Ⓒ do cromossomo autossômico, pois esse cromossomo apresenta maior quantidade de material genético quando comparado aos nucleares, como, por exemplo, o DNAMt.Ⓓ do cromossomo Y, pois, em condições normais, este é transmitido integralmente do pai para toda a prole e está presente em duas cópias em células de indivíduos do sexo feminino.Ⓔ de marcadores genéticos em cromossomos autossômicos, pois estes, além de serem transmitidos pelo pai e pela mãe, estão presentes em 44 cópias por célula, e os demais, em apenas uma.
--	--

Figura 1. Questão 41 da prova azul de Ciências da Natureza do Enem 2009.

Fonte: Inep, 2009.

Desta forma, na questão 2009_Q41, na Figura 1, o aluno deveria escolher a melhor opção para uma situação de perícia, de acordo com diferentes padrões de herança de cada fonte de DNA. Na Tabela 2, estão apresentados os percentuais de escolha de cada uma das alternativas de resposta. A resposta considerada correta pelo Inep é a alternativa (A), com um baixo percentual de acerto, de 23,5%.

Os parâmetros da Teoria da Resposta ao Item obtidos para este item (RUBINI 2019) são dificuldade $b = 3,48$ unidades de desvio padrão, discriminação $a = 0,82$ e pseudo-azar $c = 0,18$. Na escala do Inep, o escore associado à dificuldade é 844 pontos – a questão é muito difícil e possui discriminação moderada. As curvas que indicam a fração de estudantes que escolhem cada uma das alternativas em função da faixa de notas para a questão 2009_Q41 estão mostradas na Figura 2 (RUBINI 2019). A curva característica empírica, que indica a frequência de escolha da resposta correta em função da nota do respondente, corresponde aos pontos circulares da alternativa A, uma curva monotonamente crescente (a discriminação do item é positiva); como esperado, estudantes com melhor desempenho possuem maior probabilidade de acerto da questão.

Tabela 2. Percentual de escolha de cada uma das alternativas da questão 41 da prova de 2009 (o gabarito é a letra A).

2009_Q41	Percentual de acerto (%)
A (gabarito)	23,5
B	16,2
C	19,9
D	10,4
E	29,6

Fonte: autores a partir de dados do Inep (2009)

É possível perceber que as alternativas (B), (C) e (D) apresentam o comportamento esperado, decrescendo à medida que as notas dos estudantes aumentam. Nessas alternativas, são apresentados os cromossomos sexuais e autossômicos que fazem parte do DNA nuclear. No entanto, a escolha da alternativa (E), “de marcadores genéticos em cromossomos autossômicos”, por 30% dos estudantes indica a persistência, ao final da educação básica, de uma concepção não científica a respeito do conceito de herança de cada fonte de DNA e uma fragilidade no domínio conceitual dos estudantes. É possível notar que até mesmo uma parte dos alunos com altos escores (entre 700 e 900) escolhem esse distrator. O gabarito (A) só se torna mais marcado que as demais alternativas nas faixas superiores de notas, acima de 650 pontos. A presença de um distrator tão atrativo como o (E) faz com que a curva característica não se comporte de acordo com a previsão do modelo.

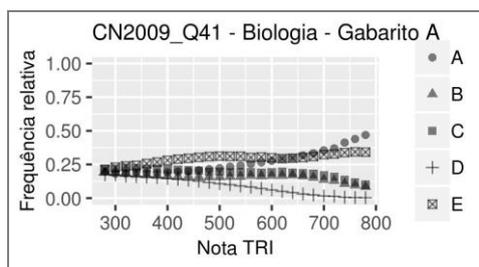


Figura 2. Questão 41 de 2009 – Curvas que representam a fração de alunos que escolhem cada uma das alternativas, em função da nota do aluno. Fonte: (Rubini, 2019).

A inferência que pode ser feita da análise desse item é que os estudantes brasileiros concluintes não dominam as diferenças entre o DNA mitocondrial e o DNA nuclear, o que dificulta o domínio dos mecanismos de transmissão da vida, bem como o entendimento de aspectos de aplicação da ciência a situações do cotidiano. Para resolver adequadamente tal item, o aluno precisa conhecer que o ácido desoxirribonucleico (DNA) apresenta as informações genéticas de quase todos os organismos, e garante a sua transmissão. O DNA nuclear é herdado materno e paternalmente, no caso dos seres humanos, e a identificação genética é realizada pela análise do DNA nuclear. É comum, porém, um outro tipo de análise, utilizando o DNA mitocondrial (mtDNA). O mtDNA apresenta um padrão de herança exclusivamente materna. Pode ser usado para identificar pessoas desaparecidas, através de análise por comparação com parentes. A mitocôndria é uma organela encontrada em todas as células eucarióticas e que atua no processo de respiração celular. Cada mitocôndria tem entre duas a dez cópias de um DNA circular. O potencial de utilização desse mtDNA decorre do fato de existirem várias

mitocôndrias no interior das células fazendo com que ocorra uma maior possibilidade de obtenção de cópias desse material.

3 Conclusões e Considerações Finais

A partir das avaliações externas em larga escala é possível obter duas dimensões de análises distintas: a primeira é a análise normativa, de natureza seletiva, que compara os resultados dos estudantes (e, no caso, possibilitando o ingresso ou o financiamento para o ensino superior); e a segunda dimensão corresponde à análise criterial, com foco em verificar o aprendizado de cada aluno em relação às habilidades previamente estabelecidos pela matriz de referência de diferentes áreas de conhecimento, fornecendo informações relativas à qualidade da aprendizagem.

Apresenta-se aqui um estudo sobre o desempenho de estudantes ao final do ensino médio em temas de Biologia, a partir de questões da prova de CN. Em particular, foram apresentados resultados relativos à habilidade 13. Os resultados revelam que, apesar do grande avanço nas ciências, biotecnologia e engenharia genética, o domínio de conceitos fundamentais da genética mendeliana e da genética molecular não foi, em geral, obtido. Mesmo alunos com alto desempenho nas provas de CN apresentam concepções não aceitas cientificamente acerca de conceitos de genética.

4 Referências

BARROSO, M. F.; RUBINI, G.; SILVA, T. *Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n.4, p. e4402, 2018.

BARROSO, M.F.; MASSUNAGA, M.S.O.; RUBINI, G.. *Brazilian National High School Examination: assessing student's learning in Physics*. Arxiv: 1707.04181, 2017. Disponível em <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1707/1707.04181.pdf>

BELMIRO, M. S.; BARROS, M. D. M. de. *Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários*. Revista Praxis v. 9, n. 17, 95-102, 2017.

GONÇALVES Jr, W.P.. *Avaliações em Larga Escala e o Professor de Física*. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Univers. Federal do Rio de Janeiro.

JUSTINA, L. A. D; RIPPEL, J. L. *Ensino de Genética: Representações da Ciência da Hereditariedade no Nível Médio*. Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, São Paulo, 2003.

MOURA, J; DEUS, M. S. M; GONÇALVES, N. M. N; PERON, A. N.. *Biologia / Genética: O ensino de Biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão*. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v.34, n.2, p.167-174, 2013.

RUBINI, G. M.. *O que o Enem revela sobre a aprendizagem em Física na educação básica*. 2019. Tese (Doutorado em Ensino e História da Matemática e da Física) –Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVEIRA, R. V. M.; AMABIS, J. M. *Como os estudantes do Ensino Médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético?* In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003, Bauru.