

Questão conceitual também pode ser difícil: em busca de questões do ENEM sobre circuitos elétricos que avaliem e selecionem simultaneamente

Conceptual question can also be difficult: looking for ENEM's items about electrical circuits that simultaneously evaluate and select

Tayna Mioni Nakamura

Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática –
Universidade Estadual de Campinas
taynanakamura@gmail.com

Renato Pacheco Villar

Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática –
Universidade Estadual de Campinas / Colégio Bandeirantes
renatopvillar@gmail.com

Maurício Urban Kleinke

Instituto de Física "Gleb Wataghin" – Universidade Estadual de Campinas
kleinke@ifi.unicamp.br

Resumo

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) possui dois objetivos principais e conflitantes: avaliar o aprendizado dos concluintes do ensino médio e selecionar candidatos para o Ensino Superior. Entretanto, questões com melhores características para avaliar não necessariamente coincidem com uma boa seleção dos candidatos. A avaliação da aprendizagem apresenta melhores resultados ao utilizar questões qualitativas bem elaboradas. Sendo assim, perguntamos: os itens do ENEM sobre circuitos elétricos aplicados entre 2009 e 2018 de resolução qualitativa são mais fáceis do que os de resolução algébrica? Com isso, objetivamos investigar que tipo de questão melhor combina avaliação e seleção. A partir dos microdados do ENEM disponibilizados pelo INEP, observamos que questões qualitativas conceituais não são necessariamente mais fáceis. Quando apresentam distratores ancorados em concepções alternativas, essas questões podem agir simultaneamente na avaliação da aprendizagem dos concluintes do ensino médio e na seleção dos candidatos com maior domínio sobre o conteúdo.

Palavras chave: ENEM, avaliação, seleção, física, circuitos elétricos.

Abstract

The Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) has two main and conflicting objectives: to assess learning outcomes from high school graduates and to select candidates for Higher Education in Brazil. However, test items with the best characteristics to assess learning

outcomes do not necessarily coincide with a good selection of candidates. Learning assessment shows better results when using simple and well-designed qualitative questions. Therefore, we ask: are the qualitative questions related to electrical circuits presented in ENEM from 2009 to 2018 easier to solve than the quantitative ones? With that in mind, we aim to investigate which type of question best combines characteristics for assessment and selection. Based on the ENEM microdata publicized by INEP, we observed that conceptual qualitative questions are not necessarily easier. When these questions present distractors based on alternative frameworks, they can be used both to assess learning outcomes and to select students with greater subject proficiency.

Key words: ENEM, assessment, selection, physics, electrical circuits.

Introdução

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) apresenta dois objetivos principais: avaliação do desempenho escolar dos estudantes ao final da educação básica e seleção de indivíduos para acesso às instituições de ensino superior (BRASIL, 1998, 2019). Em suas primeiras edições, observava-se uma maior preocupação em avaliar a formação dos concluintes do ensino médio brasileiro. Entretanto, desde 2009, quando foi criado o Sistema de Seleção Unificada (SISU) e o ENEM passou a ser o maior exame de seleção do Brasil, selecionar indivíduos para acesso ao ensino superior vem se mostrando o principal objetivo do exame (MARCOM, 2019).

Perrenoud (1999) aponta que avaliação da aprendizagem e seleção de alunos são lógicas opostas. Avaliar a aprendizagem visa compreender as habilidades e deficiências dos alunos para regulação contínua das situações didáticas – que, no caso do ENEM, se daria pela utilização dos resultados do exame na orientação de políticas públicas e pelo fornecimento de *feedback* aos professores a respeito das principais dificuldades dos alunos (MARCOM, 2019). Já a seleção de alunos visa discriminar e classificar os sujeitos. Se na lógica da avaliação da aprendizagem um erro ao responder uma questão é visto como informação importante para retroalimentar o ensino, na lógica da seleção ele é uma oportunidade de excluir indivíduos.

Antes de 2009, os itens (questões) de física do ENEM tendiam a abordar situações cotidianas da realidade do aluno e exigiam a mobilização de informações fornecidas no texto-base do item para chegar à resposta correta. A partir de 2009, os itens passaram a abordar conteúdos específicos do currículo de física, de maior complexidade e abstração (MOURA; IGLESIAS; ROSA, 2017). Além disso, o exame tem trazido questões algébricas difíceis para os concluintes do ensino médio, com baixos índices de acerto e cujas resoluções exigem múltiplos passos de aplicação e manipulação de equações (MARCOM, 2019). Tais mudanças podem ser atribuídas, entre outros fatores, à lógica de seleção.

Por outro lado, referenciais especializados em inventários para identificação das dificuldades e concepções alternativas dos estudantes sobre conteúdos específicos do currículo de física dão preferência pela utilização de questões conceituais e qualitativas (ENGELHARDT; BEICHNER, 2004; MCDERMOTT; SHAFFER, 1992). Isso porque itens quantitativos com várias etapas de resolução e aplicação de algoritmos tornam complexa a compreensão do motivo que levou os alunos ao erro. Ainda, é preciso considerar que as maiores dificuldades dos estudantes residem nos conceitos básicos e na relação entre eles, de forma que “alunos que conseguem resolver problemas quantitativos padrões geralmente não conseguem responder a questões qualitativas simples baseadas nos mesmos conceitos físicos” (MCDERMOTT;

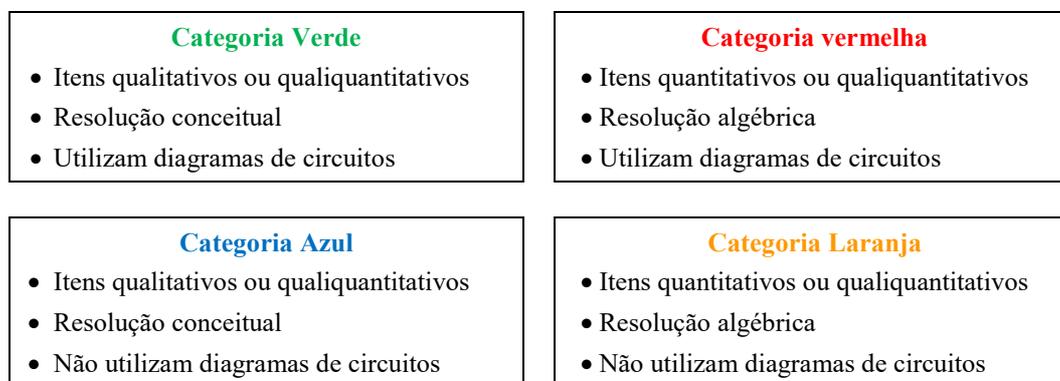
SHAFFER, 1992, p. 995)¹. Dessa forma, itens conceituais e qualitativos são adequados e suficientes para que os alunos optem pela resposta cientificamente incorreta caso não dominem o conteúdo, possibilitando a identificação de suas dificuldades. Por consequência, isso significa que itens conceituais não necessariamente são os mais fáceis, afirmação esta que contraria o que diz o senso comum.

Sendo assim, questionamo-nos: No que diz respeito aos itens de física do ENEM sobre o conteúdo de circuitos elétricos aplicados entre 2009 e 2018, seriam aqueles de resolução qualitativa mais fáceis, comparados aos de resolução algébrica? Com isso, objetivamos investigar quais itens, qualitativos ou quantitativos, melhor aliam as lógicas opostas de avaliação e seleção. Isso é, que tipo de questão nos revela mais informações a respeito do domínio e das dificuldades dos alunos sobre o conteúdo de circuitos elétricos, ao mesmo tempo que se mostra difícil para a maioria dos candidatos.

Metodologia

Dentre os itens das provas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do ENEM aplicadas entre 2009 e 2018, encontramos 19 itens que versavam sobre o conteúdo circuitos elétricos e não possuíam natureza interdisciplinar. A partir de uma leitura preliminar desses itens, construímos as categorias apresentadas no diagrama da Figura 1, nas quais consideramos a natureza qualitativa ou quantitativa das questões (associada à resolução conceitual ou algébrica) e a presença ou não de diagramas de circuitos elétricos (sejam eles dados explicitamente ou apenas descritos no texto-base do item, para que os candidatos os desenhem).

Figura 1: Categorias de análise



Fonte: produzida pelos autores.

Em seguida, realizamos o tratamento dos microdados² das aplicações do ENEM, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Para isso, os dados referentes a todos os cadernos de prova foram alinhados a um único caderno de referência por ano, e o recorte amostral foi definido como sendo os candidatos concluintes do Ensino Médio no ano de realização do ENEM que não foram desclassificados (não zeraram a redação ou a prova de algum dos dias). O número total de candidatos que compõe a nossa amostra ano a ano pode ser conferido na Tabela 1.

¹ Traduzido e adaptado pelos autores. Texto original “[...] students who can solve standard quantitative problems often cannot answer simple qualitative questions based on the same physical concepts.”

² Disponíveis para acesso público em <<http://inep.gov.br/microdados>>.

Tabela 1: Quantidade de indivíduos do recorte amostral (N) em função dos anos

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
N	776.553	1.058.417	1.238.519	1.089.116	1.190.007	1.229.283	1.254.330	1.291.946	1.167.212	1.110.307

Fonte: produzida pelos autores a partir dos microdados das aplicações do ENEM.

Calculamos para cada item dois índices associados à teoria clássica dos testes (TCT). O Índice de Facilidade (IF), que equivalente à taxa de acertos e varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, mais fácil o item é considerado (PASQUALI, 2011). E o Índice de Discriminação (ID), que mede a capacidade de um item em diferenciar sujeitos com escores altos no exame daqueles com escores baixos. Definido como a diferença na porcentagem de acerto entre os grupos superior e inferior, seu cálculo se dá pela fórmula $ID = IF_S - IF_I$, sendo IF_S e IF_I a porcentagem de acerto dos 27% de indivíduos com os escores mais altos na prova e dos 27% com escores mais baixos, respectivamente. O ID pode assumir valores de -1 a 1. Quanto mais próximo a 1, mais discriminativo é o item (PASQUALI, 2011).

A partir desse conjunto de dados, comparamos o desempenho dos candidatos nos itens das diferentes categorias de análise e buscando compreender as principais razões que levaram os alunos ao erro em cada uma delas.

Resultados e discussão

Identificamos os itens pelo código ano-item. O primeiro valor indica o ano de aplicação do ENEM e o segundo o número de identificação da questão no caderno azul, de 2009 a 2016, e no caderno amarelo, em 2017 e 2018. Na Figura 2 apresentamos os itens selecionados e categorizados. Na Figura 3, trazemos o enunciado de um item típico de cada categoria, para ilustrá-las. Por fim, no gráfico da Figura 4 apresentamos os valores de ID em função de IF dos itens para os concluintes do Ensino Médio.

Figura 2: Itens sobre circuitos elétricos das provas do ENEM entre 2009 e 2018, por categoria

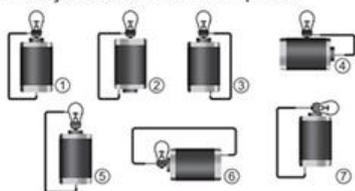
	Qualitativos ou quali-quantitativos, resolução conceitual	Quantitativos ou quali-quantitativos, resolução algébrica
Com diagramas de circuitos	<p style="text-align: center;">Categoria verde</p> <p>09-45 11-70 12-73 13-72 14-57 15-68 16-74</p>	<p style="text-align: center;">Categoria vermelha</p> <p>10-48 13-83 16-59 17-111 17-130 18-106</p>
Sem diagramas de circuitos	<p style="text-align: center;">Categoria Azul</p> <p>13-79</p>	<p style="text-align: center;">Categoria Laranja</p> <p>10-70 11-60 13-75 17-108 18-109</p>

Fonte: produzida pelos autores.

Figura 3: Exemplos de itens que compõem as quatro categorias de análise

Item 11-70

Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



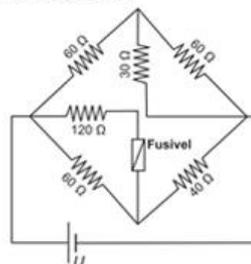
GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. *Instalação Elétrica: investigando e aprendendo*. São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- A (1), (3), (6)
- B (3), (4), (5)
- C (1), (3), (5)
- D (1), (3), (7)
- E (1), (2), (5)

Item 17-111

Fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente em circuitos. Quando a corrente que passa por esse componente elétrico é maior que sua máxima corrente nominal, o fusível queima. Dessa forma, evita que a corrente elevada danifique os aparelhos do circuito. Suponha que o circuito elétrico mostrado seja alimentado por uma fonte de tensão U e que o fusível suporte uma corrente nominal de 500 mA.



Qual é o máximo valor da tensão U para que o fusível não queime?

- A 20 V
- B 40 V
- C 60 V
- D 120 V
- E 185 V

Item 13-79

Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente.

De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que

- A o fluido elétrico se desloca no circuito.
- B as cargas negativas móveis atravessam o circuito.
- C a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
- D o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
- E as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

Item 11-60

Em um manual de um chuveiro elétrico são encontradas informações sobre algumas características técnicas, ilustradas no quadro, como a tensão de alimentação, a potência dissipada, o dimensionamento do disjuntor ou fusível, e a área da seção transversal dos condutores utilizados.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Especificação		A	B
Modelo			
Tensão (V ~)		127	220
Potência (Watt)	Seletor de Temperatura	○ 0	○ 0
	● 2 440	● 2 440	● 2 540
	●● 4 400	●● 4 400	●● 4 400
Disjuntor ou Fusível (Ampère)		50	30
Seção dos condutores (mm ²)		10	4

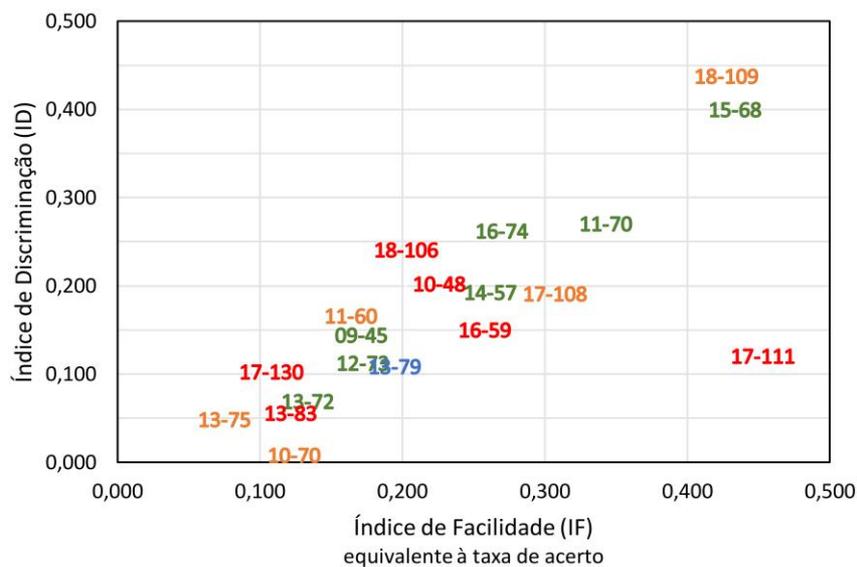
Uma pessoa adquiriu um chuveiro do modelo A e, ao ler o manual, verificou que precisava ligá-lo a um disjuntor de 50 amperes. No entanto, intrigou-se com o fato de que o disjuntor a ser utilizado para uma correta instalação de um chuveiro do modelo B devia possuir amperagem 40% menor.

Considerando-se os chuveiros de modelos A e B, funcionando à mesma potência de 4 400 W, a razão entre as suas respectivas resistências elétricas, R_A e R_B , que justifica a diferença de dimensionamento dos disjuntores, é mais próxima de:

- A 0,3.
- B 0,6.
- C 0,8.
- D 1,7.
- E 3,0.

Fonte: produzida pelos autores. Itens retirados das provas do ENEM.

Figura 4: ID em função de IF para os itens sobre circuitos elétricos do ENEM 2009 a 2018. As cores indicam as categorias dos itens, segundo a Figura 1



Fonte: produzida pelos autores.

No gráfico, a discriminação aumenta com a facilidade dos itens, sendo máxima quando IF se aproxima de 0,5 (PASQUALI, 2011). A única exceção é o item 17-111, que apresenta comportamento anômalo devido à alternativa correta coincidir com o senso comum, atraindo as respostas de uma grande porcentagem de alunos com baixo desempenho na prova, diminuindo seu poder discriminatório.

Observa-se a presença não intuitiva de itens qualitativos ou qualiquantitativos de resolução conceitual entre aqueles com os menores valores de IF e ID. As questões 09-45, 12-73, 13-72 e 13-79, por exemplo, encontram-se numa região do gráfico com valores de IF e ID menores que os apresentados por várias questões quantitativas, de resolução algébrica. Investigando a construção desses itens, percebemos que seus principais distratores (alternativas erradas mais assinaladas) apresentam respostas ancoradas em conhecidas concepções alternativas ou dificuldades comuns dos estudantes sobre circuitos elétricos (ENGELHARDT; BEICHNER, 2004; DRIVER et al., 1994; MCDERMOTT; SHAFFER, 1992). Quando a maioria dos concluintes do ensino médio assinala tais distratores, obtemos um *feedback* a respeito dos problemas de aprendizagem sobre circuitos elétricos que os alunos estão apresentando ao final da educação básica.

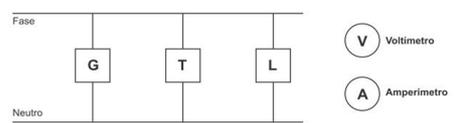
Por outro lado, os itens de resolução algébrica com valores semelhantes de IF e ID, por exemplo, 13-83, 17-130, ou 11-60, não nos permitem uma boa avaliação da aprendizagem dos estudantes. Os dois primeiros são itens cuja resolução exige conhecimentos específicos do repertório de especialistas em física, que se distanciam da linguagem e do conteúdo de física apresentados aos estudantes da educação básica, o que pode explicar o baixo desempenho dos alunos. Já no item 11-60, acreditamos que as principais dificuldades estejam relacionadas ao uso e manipulação de equações. Nenhum dos três itens nos revela informações sobre modelos alternativos ao científico ou dificuldades conceituais comuns que os alunos possuem sobre circuitos elétricos.

Como forma de ilustrar o resultado anterior, analisaremos os itens 13-72 e 13-83 (Quadros 1 e 2, respectivamente). Ambos são considerados muito difíceis (COMVEST, 2012) e apresentam valores de IF e ID semelhantes entre si. Por terem sido aplicados no mesmo ano, foram respondidas pelo mesmo grupo de indivíduos.

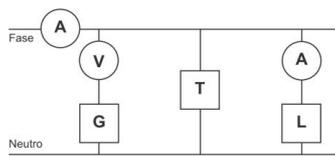
Quadro 1: Análise do item 13-72

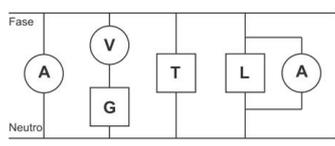
QUESTÃO 72

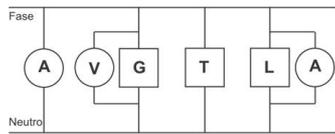
Um electricista analisa o diagrama de uma instalação elétrica residencial para planejar medições de tensão e corrente em uma cozinha. Nesse ambiente existem uma geladeira (G), uma tomada (T) e uma lâmpada (L), conforme a figura. O electricista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira, a corrente total e a corrente na lâmpada. Para isso, ele dispõe de um voltímetro (V) e dois amperímetros (A).

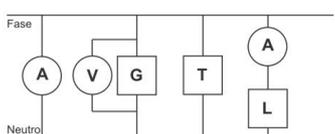


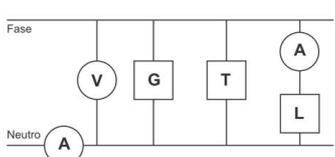
Para realizar essas medidas, o esquema da ligação desses instrumentos está representado em:

A


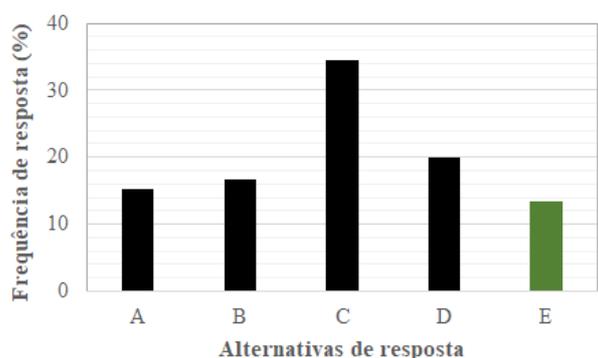
B


C


D


E


Distribuição das respostas nas alternativas



Alternativa	Frequência de resposta (%)
A	15
B	16
C	34
D	20
E	13

Resolução

Voltímetros devem ser ligados em paralelo com o componente sobre o qual se deseja medir a tensão, pois assim ambos estarão submetidos à mesma diferença de potencial. Amperímetros devem ser ligados em série com o componente sobre o qual se quer medir a corrente elétrica, para que a mesma corrente flua por ambos. O único circuito que possui um voltímetro em paralelo com a geladeira, um amperímetro em série com a lâmpada e outro amperímetro em série com a fonte (para medir a corrente total) é o da **alternativa E**.

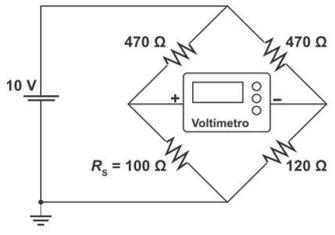
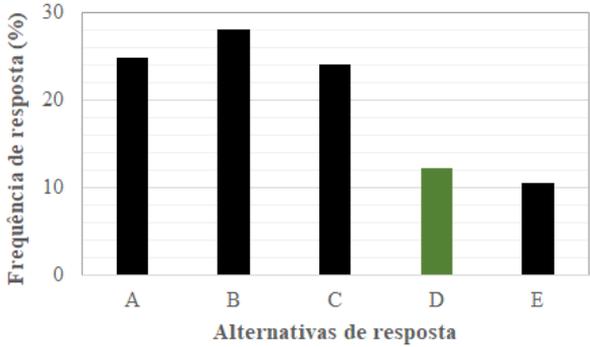
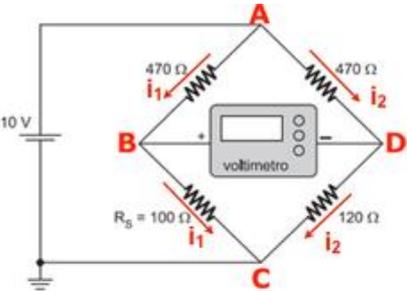
Análise das respostas dos alunos

No distrator principal, **alternativa C**, todos os voltímetros e amperímetros estão conectados em paralelo com os equipamentos sobre os quais se deseja realizar as medições. Isso nos leva a concluir que, para os alunos, é intuitivo conectar os instrumentos em paralelo para medir alguma propriedade do circuito. Trata-se de um distrator induzido por uma dificuldade muito comum (MCDERMOTT; SHAFFER, 1992), na qual acredita-se que voltímetros e amperímetros não afetam os circuitos ao qual estão conectados. Assim, os estudantes inserem esses equipamentos no esquema de maneira intuitiva, não considerando que devem ser conectados de forma a não afetarem a corrente ou a diferença de potencial medida.

Ainda, as alternativas de respostas menos assinadas (**A** e **E**) trazem o amperímetro sobre a corrente total acoplado em série com a fonte no início ou no fim do circuito. Esse padrão de resposta deve-se, provavelmente, à conhecida concepção alternativa na qual os alunos assumem que a corrente é consumida ao longo do circuito (DRIVER et al., 1994; MCDERMOTT; SHAFFER, 1992; ENGELHARDT; BEICHNER, 2004; POZO; CRESPO, 2009). Assim, assumem que a corrente de entrada e saída não são equivalentes, de forma que em A e E o amperímetro estaria medindo somente a corrente de entrada e saída do circuito, respectivamente, e não a corrente total, como pede o enunciado.

Fonte: produzido pelos autores. Distribuição das respostas nas alternativas vide microdados do ENEM.

Quadro 2: Análise do item 13-83

<p>QUESTÃO 83</p> <p>Medir temperatura é fundamental em muitas aplicações, e apresentar a leitura em mostradores digitais é bastante prático. O seu funcionamento é baseado na correspondência entre valores de temperatura e de diferença de potencial elétrico. Por exemplo, podemos usar o circuito elétrico apresentado, no qual o elemento sensor de temperatura ocupa um dos braços do circuito (R_s) e a dependência da resistência com a temperatura é conhecida.</p> <p>Para um valor de temperatura em que $R_s = 100 \Omega$, a leitura apresentada pelo voltímetro será de</p>  <p> <input type="radio"/> A + 6,2 V. <input type="radio"/> B + 1,7 V. <input type="radio"/> C + 0,3 V. <input checked="" type="radio"/> D - 0,3 V. <input type="radio"/> E - 6,2 V. </p>	<p>Distribuição das respostas nas alternativas</p>  <table border="1"> <caption>Data for 'Distribuição das respostas nas alternativas'</caption> <thead> <tr> <th>Alternativa</th> <th>Frequência de resposta (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	Alternativa	Frequência de resposta (%)	A	25	B	28	C	24	D	12	E	10
Alternativa	Frequência de resposta (%)												
A	25												
B	28												
C	24												
D	12												
E	10												
	<p>Resolução</p> <p>Sejam A, B, C e D nós do circuito. O potencial no ponto C é $V_C = 0$. Considerando o voltímetro ideal e aplicando a lei de ohm $U= Ri$, temos:</p> <p>No trecho ABC:</p> $U_{ABC} = R_{ABC} \cdot i_1 \Rightarrow 10 = 570 \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{1}{57} A.$ <p>No trecho ADC:</p> $U_{ADC} = R_{ADC} \cdot i_2 \Rightarrow 10 = 590 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{1}{59} A.$ <p>Então, podemos determinar o potencial em B e D por:</p> $V_B - V_C = R_{BC} \cdot i_1 \Rightarrow V_B = 100 \cdot \frac{1}{57} \Rightarrow V_B \approx 1,75 V,$ $V_D - V_C = R_{DC} \cdot i_2 \Rightarrow V_D = 120 \cdot \frac{1}{59} \Rightarrow V_D \approx 2,03 V.$ <p>Como o terminal positivo do voltímetro está em B, a diferença de potencial que aparecerá no voltímetro será de $V_B - V_D = 1,75 - 2,03 \approx -0,3 V$.</p>												
<p>Análise das respostas dos alunos</p> <p>As alternativas A, B e C apresentam valores positivos, enquanto D e E apresentam valores negativos. Conseguimos identificar uma tendência dos alunos por escolher as alternativas com valores positivos, havendo uma distribuição de resposta quase aleatória entre as três.</p> <p>O conteúdo abordado neste item não está diretamente relacionado aos conteúdos lecionados no ensino médio, aproximando-se da física experimental de ensino superior. Nesse sentido, acreditamos que o candidato escolha uma alternativa a partir de raciocínios ligados nem à concepção científica, nem a concepções alternativas (e por isso ocorre a distribuição das respostas quase aleatória entre as alternativas com valor positivo).</p> <p>Ainda, são necessários múltiplos passos algébricos para a resolução. Neste tipo de item, quando em um passo intermediário o aluno encontra um valor presente entre as alternativas, a tendência é que ele o assinale, independente do seu significado físico. Isso explica a taxa de assinalamento um pouco maior da alternativa B.</p>													

Fonte: produzido pelos autores. Distribuição das respostas nas alternativas vide microdados do ENEM.

Da análise dos erros dos candidatos, verifica-se que o item 13-72 nos permite obter informações sobre a aprendizagem e as dificuldades dos alunos, enquanto que o mesmo não ocorre com o item 13-83. Já no que diz respeito à seleção, o item 13-72 exige domínio do conteúdo avaliado e atrai os candidatos induzidos por concepções alternativas e dificuldades comuns sobre circuitos para os distratores. Enquanto isso, o item 13-83 exige domínio de conteúdo de especialistas em física e treinamento em manipulação algébrica, levando muitos candidatos a

responder ao acaso. Ainda, a sutileza do sinal negativo pode levar alunos com apurado domínio do conteúdo e que chegam à resposta correta, mas erram o sinal, a optarem pela resposta incorreta, o que é incoerente à lógica de seleção.

Quando avaliamos as categorias de forma geral, observamos que as questões de resolução qualitativa ou qualiquantitativa conceitual (categorias verde e azul) demonstram potencial para avaliar a aprendizagem e as dificuldades dos estudantes. Já as de resolução algébrica permitem a identificação de uma série de dificuldades dos alunos quando envolvem diagramas de circuitos (categoria vermelha). Apesar disso, itens dessa categoria costumam apresentar múltiplos fatores não ligados aos conceitos físicos abordados na questão que dificultam a sua resolução, complexificando ou mesmo impossibilitando a identificação das dificuldades dos estudantes a respeito do conteúdo avaliado. Já os itens exclusivamente algébricos (categoria laranja), além de apresentarem o mesmo problema, priorizam a avaliação de habilidades de aplicação e manipulação de equações, propiciando poucas informações a respeito do domínio dos alunos sobre o conteúdo de circuitos. Ainda, nas palavras de Pozo e Crespo (2009, p. 231), “o sucesso nos cálculos em exercícios numéricos não garante a compreensão das leis quantitativas dos circuitos elétricos”. Assim, itens da categoria laranja privilegiam os sujeitos treinados, mas que não necessariamente dominam o conteúdo conceitual.

Conclusão

Ao analisar os itens sobre circuitos elétricos do ENEM aplicados de 2009 a 2018, observamos que questões qualitativas conceituais não são necessariamente mais fáceis. Identificamos algumas tão ou mais difíceis que muitos itens de resolução algébrica. Tratam-se de questões qualitativas que exploram em seus distratores concepções alternativas ou dificuldades comuns dos estudantes sobre circuitos, atraindo as respostas dos candidatos sem domínio do conteúdo avaliado para os distratores.

Assim, esses itens conseguem nos fornecer informações sobre o domínio e as dificuldades dos concluintes do Ensino Médio sobre circuitos elétricos, mostrando-se adequados para avaliação da aprendizagem dos alunos. Ao mesmo tempo, conseguem selecionar os candidatos com domínio do conteúdo, sem privilegiar aqueles treinados em resolução algébrica que não necessariamente compreendem os conceitos físicos. Além disso, tais itens seguem a atual tendência do ENEM em compor as provas com questões de física difíceis ou muito difíceis (KLEINKE, 2017) – o que fazem, provavelmente, para selecionar a pequena porcentagem de alunos para o Ensino Superior.

Dessa forma, itens de resolução conceitual qualitativa, aparentemente simples, mas que tragam distratores ancorados em concepções alternativas ou dificuldades comuns dos estudantes mostram-se uma opção para aliar as lógicas da avaliação e seleção. Um caminho possível para que o ENEM se reaproxime de seu objetivo primário, avaliar os estudantes ao final da educação básica, sem abrir mão da seleção.

Agradecimentos e apoios

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Referências

- BRASIL. Edital nº 14, de 21 de março de 2019, Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM 2019. **Diário Oficial da União**, INEP, Brasília, p. 59–72, 2019.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Enem**: relatório final 98. Brasília: INEP, 1998.
- COMVEST. Comissão Permanente para os Vestibulares. **Análise e caracterização estatística das provas**: Vestibular unicamp 2012. Campinas, 2012.
- ENGELHARDT, P. V.; BEICHNER, R. J. Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. **American Journal of Physics**, v. 72, n. 1, p. 98–115, jan. 2004.
- DRIVER, R. et al. **Making Sense of Secondary Science**: Research into children's ideas. Londres: Routledge, 1994.
- KLEINKE, M. U. Influência do status socioeconômico no desempenho dos estudantes nos itens de física do Enem 2012. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, n. 2, e2402, 2017.
- MARCOM, G. S. **O ENEM, indicadores formativos e o ensino de física**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.
- MCDERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. **American Journal of Physics**, v. 60, n. 11, p. 994–1003, nov. 1992.
- MOURA, J. H. C. de; IGLESIAS, J. de O. V.; ROSA, M. I. P. A reformulação do ENEM e as questões de Física: um estudo a partir das tradições curriculares. In: ENPEC, 11., 2017, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: ABRAPEC, 2017.
- PASQUALI, L. **Psicometria**: teoria dos testes na psicologia e na educação. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.
- PERRENOUD, P. **Avaliação**: da excelência à regulação das aprendizagens. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.