

# ESTUDO DAS QUESTÕES DE FÍSICA DA PROVA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DO ENEM

José Christian Lopes<sup>1</sup>, Gustavo Rubini<sup>2</sup>, Marcelo S. de O. Massunaga<sup>3</sup>,  
Marta Feijó Barroso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto de Física, profjcfisica@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro/LIMC, gustavorubini@if.ufrj.br

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense, marcelo.shoey@uenf.br

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto de Física, marta@if.ufrj.br

## Resumo

O Exame Nacional do Ensino Médio é um exame de alta procura e grande interesse para os alunos ao final do ensino médio, já que a partir de 2009 ele constitui-se em uma das principais formas de entrada ou de financiamento para o ensino superior. Os dados do desempenho individual dos estudantes nos anos de 2009 a 2012 estão disponíveis na página eletrônica do INEP. A avaliação conjunta das provas e do desempenho dos estudantes em suas questões permite uma avaliação de como está se dando a aprendizagem no país com base nas evidências disponíveis dessas avaliações. Neste trabalho, apresentamos algumas das informações que podem ser obtidas a partir do estudo dos dados sobre o ENEM: quais algumas das características dos participantes, como interpretar as questões de física e o desempenho dos estudantes nelas, tanto no que se refere aos percentuais de acertos quanto à escolha de distratores, e as características psicométricas dos itens. Os resultados indicam que as provas apresentam itens majoritariamente qualitativos, o desempenho dos alunos é fraco no geral e particularmente em física. Observa-se um desempenho inferior em questões envolvendo raciocínios cognitivos de grau mais elevado, com conexão entre fatos e conceitos, características da resolução dos problemas.

**Palavras chave:** Ensino de Física, Avaliação em Larga Escala, ENEM, Teoria da Resposta ao Item, Avaliação.

## Introdução

Avaliações em larga escala assumem um papel cada vez maior na definição de políticas públicas e de estabelecimento de metas em educação. O Enem é um dos exames que surgem em nosso país com um objetivo bem definido, apenas para autoavaliação de alunos e com uma proposta de avaliação de competências relacionadas a domínios cognitivos, em 1998, que evolui aos poucos para um conjunto de testes com objetivos híbridos, muitas vezes contraditórios. Passa em 2005 a servir como mecanismo de acesso ao financiamento estudantil em escolas superiores privadas, e em 2009, como parte do processo de expansão e reestruturação do ensino superior público (Bucci e Mello, 2013a; Bucci e Mello, 2013b), a servir de importante mecanismo de classificação para o ensino superior público federal. Com isso, seus objetivos mudam. As concepções formuladoras da prova e de sua análise modificam-se profundamente: segundo o documento elaborado pelo MEC, em comum acordo com a Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições

Federais de Ensino Superior (Brasil 2009), a prova deveria conter não apenas habilidades, mas também um conjunto de conteúdos associados a elas. A Matriz de Referência passa a ter o que se costuma denominar de dimensões, em número de quatro: domínios cognitivos, competências, habilidades e objetos de conhecimento.

Essas mudanças impactam na realização do Enem. Com quatro provas e uma redação, usando a metodologia de atribuição de escores por meio da Teoria da Resposta ao Item - TRI (Hambleton 1991), utiliza um grande número de questões de múltipla escolha (Haladyna 2004) extraídas de um banco de itens, elaborados a partir de critérios e modelos definidos pelo INEP (Brasil 2010), inicialmente por professores em geral da educação básica e a partir de 2011 por equipes constituídas por docentes das instituições de ensino superior públicas e privadas.

Todas essas mudanças trazem profundas consequências para os estudantes do ensino médio, em particular para os que desejam continuar os estudos no nível superior. E para os docentes da educação básica e do ensino superior, uma pergunta fundamental: se os dados decorrentes do desempenho dos estudantes nas provas do Enem forem analisados, pode-se obter informações confiáveis e relevantes sobre o que os alunos aprendem em ciências da natureza e em particular em física na educação básica?

A princípio, o Enem, mesmo não apresentando todas as características de uma avaliação em larga escala (Britton 2007), ao não ser obrigatória (isto é, universal) e também não ser amostral, é uma avaliação de grande importância para os estudantes – e portanto, ao contrário de outras avaliações de sistema existentes e aplicadas nos diversos sistemas de ensino no país, é feita com grande seriedade pelos estudantes.

O objetivo deste trabalho é então analisar as possibilidades de obter informações sobre a aprendizagem dos estudantes em física a partir do estudo das questões (das suas características, suas qualidades e defeitos) e do desempenho dos estudantes nessas questões.

Para isso, os dados disponíveis publicamente são estudados em detalhe, tanto o conteúdo da prova quanto pelos denominados micro dados, ou seja, os arquivos contendo as informações das respostas individuais de cada estudante tanto aos diversos questionários quanto às questões individuais da prova. Esse trabalho é uma continuidade de outros já apresentados (Gonçalves Jr 2014, Gonçalves Jr 2012), e aqui apresenta-se um balanço geral da análise das questões de Física da prova de Ciências da Natureza do Enem no período 2009 a 2012, com uma discussão mais cuidadosa do exame de 2011, o primeiro em que os problemas formais da implantação do Exame Nacional não se manifestam de forma importante.

## **Metodologia**

O INEP disponibiliza em sua página as provas do Enem e, a partir de 2012, os microdados relativos ao questionário sócio-econômico e das respostas dos candidatos aos exames aplicados em 2009 a 2012. Os arquivos contendo os dados, por aluno e por questão, foram preparados e validados para todos os anos entre 2009 e 2012.

Para a montagem dos bancos de dados validados, foram escolhidos os dados relativos à prova principal do Enem, em geral denominados “participantes” nas tabelas, e os dados relativos aos alunos que se declaram concluintes do ensino médio no ano de realização do Enem, os “concluintes”. Todos os dados foram adequados à numeração das provas correspondentes às provas azuis. Os dados apresentados pelo INEP fornecem, para cada aluno (não identificado), um escore na Teoria de Resposta ao Item (TRI) bem como as respostas marcadas para cada item.

Todos os dados foram trabalhados a partir de análises estatísticas simples (descritiva e correlações). Foram utilizados dois programas estatísticos: o SPSS[1] e o R[2]. Este último, com os pacotes associados, possibilitou obter os parâmetros do ajuste dos itens na Teoria da Resposta ao Item para a construção das curvas características empíricas e do modelo para os itens.

A análise qualitativa das questões utilizou classificações propostas por Gonçalves Jr (Gonçalves Jr 2014), com a identificação disciplinar entre outras.

O perfil dos candidatos foi elaborado a partir das variáveis disponíveis nas bases de dados sobre as informações pessoais: idade, sexo, estado civil, escola em que estudou, cidade de residência, entre outras. A consolidação dos dados foi feita com a utilização do programa SPSS[1].

## Resultados

### *Resultados globais*

A Tabela 1 apresenta os dados numéricos gerais sobre os exames de 2009 a 2012. Percebe-se um aumento no número de inscritos ao longo dos anos. “Participantes” são os candidatos inscritos que participaram da versão principal da prova – nota-se uma grande proporção de candidatos faltosos. “Concluintes” são os participantes que se autodeclararam como concluintes do ensino médio no ano de aplicação do exame. Apesar do aumento absoluto de concluintes a razão concluintes/participantes apresenta uma tendência de queda.

**Tabela 1.** Dados numéricos gerais sobre o Enem. Os participantes são os que participaram da versão principal da prova, e os concluintes são, desses participantes, os que se autodeclararam concluintes no formulário de inscrição.

Exame	Inscritos	Participantes	Concluintes	% de concluintes (em relação ao total de participantes)
Enem 2009	4.148.721	2.441.496	944.161	38.7%
Enem 2010	4.626.094	3.370.401	1.143.132	33.9%
Enem 2011	5.380.856	3.982.656	1.268.791	31.9%
Enem 2012	5.791.065	4.218.565	1.278.394	30.3%

A partir destes primeiros números, foi feita uma filtragem da base de dados selecionando-se apenas os estudantes concluintes. A Tabela 2 apresenta as informações a respeito das notas destes concluintes de acordo com a Teoria da Resposta ao Item (TRI) divulgadas pelo INEP, bem como das

notas baseadas na Teoria Clássica dos Testes (TCT) que utiliza o número de acertos como critério de pontuação; esta pontuação (de 0 a 45) foi normalizada para uma escala de 0 a 10. As notas da TRI, normalizadas para uma média 500 para os concluintes de 2009, não nos permitem por si só constatar o desempenho dos estudantes. Porém ao olharmos a nota da TCT percebemos que os estudantes apresentam um desempenho muito abaixo do desejável.

**Tabela 2.** Valores de tendência central e dispersão para os concluintes do ensino médio na prova de Ciências da Natureza, ao longo dos anos.

	Escore TRI (de 0 a 1000)				Nota TCT (de 0 a 10)			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
Média	497,7	481,4	461,3	469,9	3,4	3,2	3,2	2,9
Desvio Padrão	99,2	81,6	85,9	79,8	1,2	1,3	1,2	1,3
Mínimo	263,3	297,3	265,0	215,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	903,2	837,6	867,2	847,6	10,0	9,8	9,8	9,8

Fonte: INEP, Microdados do Enem 2009 a 2012, adaptado.

### **Observação dos resultados de itens selecionados de Física**

Foram selecionadas quatro questões de física das provas de Ciências da Natureza para discussão: a questão 17 da prova de 2009, e as questões 47, 55 e 72 da prova de 2012 (a numeração refere-se à prova azul).

Reproduzimos na Figura 1 a questão 17 da prova de 2009, na Figura 2 a questão 47 da prova de 2012, na Figura 3 a questão 55 da prova de 2012. Em seguida, apresentamos os percentuais de resposta dos concluintes para cada uma das opções (Tabela 3) e comentamos os resultados encontrados.

O Brasil pode se transformar no primeiro país das Américas a entrar no seleto grupo das nações que dispõem de trens-bala. O Ministério dos Transportes prevê o lançamento do edital de licitação internacional para a construção da ferrovia de alta velocidade Rio-São Paulo. A viagem ligará os 403 quilômetros entre a Central do Brasil, no Rio, e a Estação da Luz, no centro da capital paulista, em uma hora e 25 minutos. Disponível em: <http://oglobo.globo.com>. Acesso em: 14 jul. 2009.

Devido à alta velocidade, um dos problemas a ser enfrentado na escolha do trajeto que será percorrido pelo trem é o dimensionamento das curvas. Considerando-se que uma aceleração lateral confortável para os passageiros e segura para o trem seja de 0,1 g, em que g é a aceleração da gravidade (considerada igual a  $10 \text{ m/s}^2$ ), e que a velocidade do trem se mantenha constante em todo o percurso, seria correto prever que as curvas existentes no trajeto deveriam ter raio de curvatura mínimo de, aproximadamente,

- A 80 m.
- B 430 m.
- C 800 m.
- D 1.600 m.

**Figura 1.** Questão 17 da prova azul de Ciências da Natureza – ENEM 2009

Um dos problemas ambientais vivenciados pela agricultura hoje em dia é a compactação do solo, devida ao intenso tráfego de máquinas cada vez mais pesadas, reduzindo a produtividade das culturas.

Uma das formas de prevenir o problema de compactação do solo é substituir os pneus dos tratores por pneus mais

**A** largos, reduzindo a pressão sobre o solo.

B estreitos, reduzindo a pressão sobre o solo.

C largos, aumentando a pressão sobre o solo.

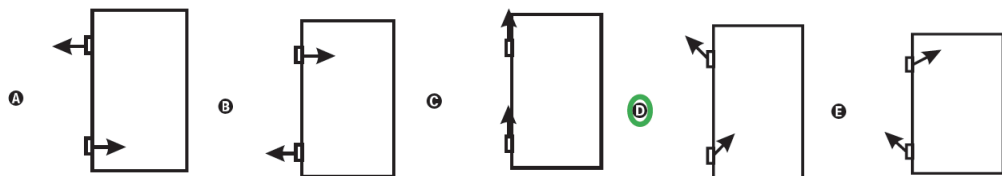
D estreitos, aumentando a pressão sobre o solo.

E altos, reduzindo a pressão sobre o solo.

**Figura 2.** Questão 47 da prova azul de Ciências da Natureza – ENEM 2012

O mecanismo que permite articular uma porta (de um móvel ou de acesso) é a dobradiça. Normalmente, são necessárias duas ou mais dobradiças para que a porta seja fixada no móvel ou no portal, permanecendo em equilíbrio e podendo ser articulada com facilidade.

No plano, o diagrama vetorial das forças que as dobradiças exercem na porta está representado em



**Figura 3.** Questão 55 da prova azul de Ciências da Natureza – ENEM 2012

Uma empresa de transportes precisa efetuar a entrega de uma encomenda o mais breve possível. Para tanto, a equipe de logística analisa o trajeto desde a empresa até o local da entrega. Ela verifica que o trajeto apresenta dois trechos de distâncias diferentes e velocidades máximas permitidas diferentes. No primeiro trecho, a velocidade máxima permitida é de 80 km/h e a distância a ser percorrida é de 80 km. No segundo trecho, cujo comprimento vale 60 km, a velocidade máxima permitida é 120 km/h.

Supondo que as condições de trânsito sejam favoráveis para que o veículo da empresa ande continuamente na velocidade máxima permitida, qual será o tempo necessário, em horas, para a realização da entrega?

A 0,7

B 1,4

**C 1,5**

D 2,0

E 2,8

**Figura 4.** Questão 72 da prova azul de Ciências da Natureza – ENEM 2012

A questão 17 de 2009 aborda um problema complexo, bem contextualizado, e presente em boa parte dos livros didáticos do ensino médio. No entanto, sua resolução exige que o estudante faça uma sequência de operações cognitivas que envolvem lembrar a expressão para a aceleração centrípeta, interpretar o que significa uma aceleração confortável de 0,1g, utilizar o conceito de velocidade como deslocamento por intervalo de tempo e executar um cálculo. Portanto, essa questão avalia a capacidade de resolver problemas de forma não elementar. O resultado da questão é surpreendente,

pois nenhum dos distratores (com exceção do primeiro) pode ser associado com erros em qualquer dos passos. Essa questão foi objeto de estudo de um trabalho de conclusão de curso de Duarte (Duarte 2013), que a aplicou em escolas de nível médio e superior, e que concluiu que mesmo no ensino superior esta questão revela-se difícil.

**Tabela 3.** Percentual de respostas de cada questão – respostas corretas destacadas com \*.

Questão (ano)	Tipo de questão	A	B	C	D	E	Branco	Múltipla
cn17 (2009)	Quantitativa	22,8	27,4	25,1	18,6	<b>5,7*</b>	0,3	0,1
cn47 (2012)	Qualitativa	<b>43,0*</b>	32,5	4,1	2,8	17,3	0,1	0,1
cn55 (2012)	Qualitativa	20,4	20,5	48,0	<b>7,0*</b>	3,7	0,2	0,1
cn72 (2012)	Quantitativa	8,2	15,6	<b>42,3*</b>	23,9	9,6	0,3	0,1

A questão 47 de 2012 aborda o conceito de pressão (força/área). A opção certa, e escolhida por 43% dos concluintes, é a letra A, que relaciona corretamente que um aumento de área implica em uma diminuição da pressão exercida por uma força constante. É curioso notar que as opções B (32,5%) e E (17,3%) também foram escolhidas por uma parcela significativa dos estudantes - ambas apresentam o resultado esperado de uma menor pressão para prevenir o problema apresentado no enunciado, porém com justificativas incorretas. Uma questão bastante simples, até mesmo intuitiva, ainda é respondida erroneamente por mais da metade dos estudantes brasileiros.

A questão cn55 de 2012 avalia as condições de equilíbrio de um corpo extenso – para respondê-la corretamente é preciso saber que tanto a resultante das forças quanto a resultante dos torques sobre a porta deve ser nula. Seu percentual de acerto foi muito baixo (7,0% - opção D). A opção C apresentou o maior percentual de escolha (48,0%); é provável que os estudantes tenham raciocinado apenas em termos de equilíbrio de forças e ignorado a soma dos torques. As opções A (20,4%) e B (20,5%) também atraíram uma grande parcela dos concluintes; nos dois casos os estudantes não apenas ignoraram os torques como a própria força peso, não representada nos diagramas.

A questão cn72(2012) é uma questão convencional de cinemática sobre movimento uniforme em dois trechos distintos – para resolvê-la basta calcular o tempo gasto em cada trecho e somá-los. A resposta correta, letra C, é a opção com maior percentual de escolha (42,3%). A opção D contou com 23,9% de escolha, mesmo não sendo possível encontrar o raciocínio que levaria a esse resultado. A opção B foi escolhida por 15,6% dos concluintes – provavelmente dividiram a distância total percorrida (140km) pela média simples das velocidades (120km/h + 80 km/h= 100km/h) o que não poderia ser feito pois a duração dos intervalos de tempo é diferente.

## O ENEM 2011: Ciências da Natureza e Física

### O perfil do candidato

O perfil do candidato ao ENEM 2011 que está concluindo o ensino médio é de uma pessoa solteira, que estudou na rede estadual de ensino, possui entre 16 e 20 anos de idade, é composto por 60% de mulheres, e residente nas regiões metropolitanas do sudeste (42%), nordeste (27%), sul (14%), norte (9%) e centro-oeste (8%).

Na Tabela 4, indicamos a localização (zona) das escolas brasileiras.

**Tabela 4.** Localização da Escola dos concluintes do ENEM 2011

Localização da Escola	Quantidade	Percentual
Urbana	1.236.610	97,5%
Rural	32.157	2,5%
Total	1.268.767	100,0%

Na Tabela 5, é apresentada a distribuição das escolas e seus concluintes pelas regiões geográficas no território brasileiro, além da comparação com a população nestas regiões segundo o censo demográfico, realizado pelo IBGE, em 2010 (IBGE, 2010). A distribuição dos concluintes é proporcional à distribuição da população pelas regiões, com a região Sudeste possuindo a maioria significativa de candidatos.

A distribuição dos candidatos concluintes por idade (dado autodeclarado, sem conferência com a data de nascimento) revela que cerca de 51% dos concluintes apresentavam 18 anos de idade em 31/12/2011, ano em que concluíram o ensino médio, fornecendo uma medida do atraso escolar no país. Os jovens na faixa de 18 a 24 anos de idade totalizam cerca de 44% dos concluintes do ensino médio em 2011. Observa-se também que o número total de candidatos com idade até 20 anos é de 90% do total de concluintes.

**Tabela 5.** Distribuição dos concluintes pelas Regiões - ENEM 2011

Região Geográfica da Escola	Quantidade de Concluintes	Percentual de Concluintes	Quantidade Censo IBGE 2010	Percentual Censo IBGE 2010
Sudeste	530.924	41,8%	80.364.410	41,4%
Nordeste	341.206	26,9%	53.081.950	27,4%
Sul	173.662	13,7%	27.386.891	14,1%
Norte	117.650	9,3%	15.864.454	8,2%
Centro-Oeste	105.325	8,3%	17.267.933	8,9%
Total	1.268.767	100,0%	193.965.638	100,0%

Na Tabela 6, apresentam-se os dados sobre o sexo (feminino ou masculino) do candidato.

**Tabela 6.** Sexo do candidato concluinte na prova de CN

Sexo	Quantidade	Percentual
Homem	510.101	40,2%
Mulher	758.690	59,8%
Total	1.268.791	100,0%

Observa-se que o número de concluintes mulheres é majoritariamente superior ao número de homens no ENEM 2011. Este fenômeno não é proporcional à composição da população brasileira revelada pelo Censo Demográfico de 2010, composta por 51% de mulheres e 49% de homens (IBGE, 2010). Observa-se que para todas as faixas etárias há percentualmente mais mulheres do que homens prestando o exame, e estes percentuais são diferentes do apresentado pelo IBGE, sempre com mais mulheres do que o da população como um todo.

Na Tabela 7 apresentam-se os dados relativos ao estado civil dos candidatos: o candidato concluinte do ENEM 2011 é basicamente solteiro.

**Tabela 7.** Estado Civil dos concluintes

Estado Civil	Quantidade	Percentual
Solteiro(a)	1.211.919	95,5%
Casado(a)/ Mora com um(a) companheiro(a)	50.201	4,0%
Divorciado(a)/Desquitado(a)/Separado	5.297	0,4%
Viúvo(a)	1.374	0,1%
<b>Total</b>	<b>1.268.791</b>	<b>100,0%</b>

A dependência administrativa das escolas dos candidatos concluintes no ENEM 2011 é um dado relevante para as análises do perfil do candidato. Na Tabela 8, é apresentada a distribuição dos candidatos concluintes entre escolas públicas da rede federal, da rede estadual e da rede municipal, e escolas privadas.

**Tabela 8.** Dependência administrativa dos concluintes em 2011

Dependência administrativa	Quantidade	Percentual
Federal	22.195	1,7%
Estadual	969.077	76,4%
Municipal	15.761	1,2%
Privada	261.734	20,6%
não válido	24	0,0%
<b>Total</b>	<b>1.268.791</b>	<b>100,0%</b>

A rede pública estadual de ensino brasileira é a rede de ensino que contribui com uma maioria esmagadora sobre as demais. Este resultado nos revela que o perfil do candidato na prova do ENEM é praticamente de alunos provenientes da rede estadual, com uma participação menor da rede privada de ensino e insignificante das redes federal e municipal.

### ***O desempenho dos concluintes em Ciências da Natureza***

Na Tabela 9, apresentam-se os valores de média e desvio padrão dos alunos concluintes (total de 1,2 milhão) na prova de Ciências da Natureza. Nas colunas dessa tabela, apresentam-se os resultados dos escores fornecidos pelo INEP utilizando a TRI (método de ajuste por três parâmetros), que foi normalizada em 500 com desvio padrão 100 no ano de 2009; o total de acertos



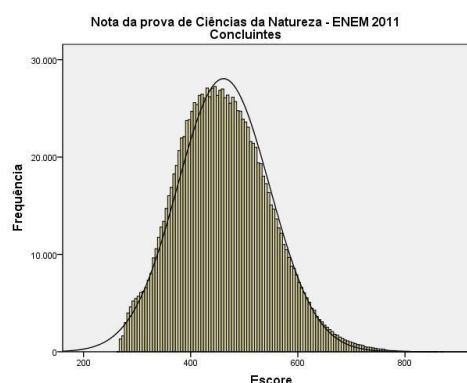
na prova, consistindo de 45 itens; e a nota tradicional, calculada segundo a Teoria Clássica de Testes, que corresponde a atribuir igual peso a cada uma das questões da prova.

**Tabela 9.** Os valores de tendência central e dispersão em Ciências da Natureza do Enem 2011, para os estudantes concluintes do ensino médio.

	<b>Escore TRI (normalizado)</b>	<b>Total de acertos na prova (máximo 45)</b>	<b>Nota tradicional na prova (entre 0 e 10)</b>
<b>Média</b>	461.3	14.2	3.2
<b>Desvio padrão</b>	86.9	5.6	1.2

Observa-se desta tabela que a média em 2011 entre os concluintes é inferior a 500 e o desvio padrão é inferior a 100, valores utilizados na normalização do primeiro ano do exame; os estudantes obtiveram desempenho inferior e com resultado mais concentrado. A nota tradicional na prova é baixa: os estudantes, em média, acertam 1/3 do total de questões.

Na Figura 5, o histograma da distribuição dos escores TRI nesta prova é apresentado, para melhor visualização dos dados.

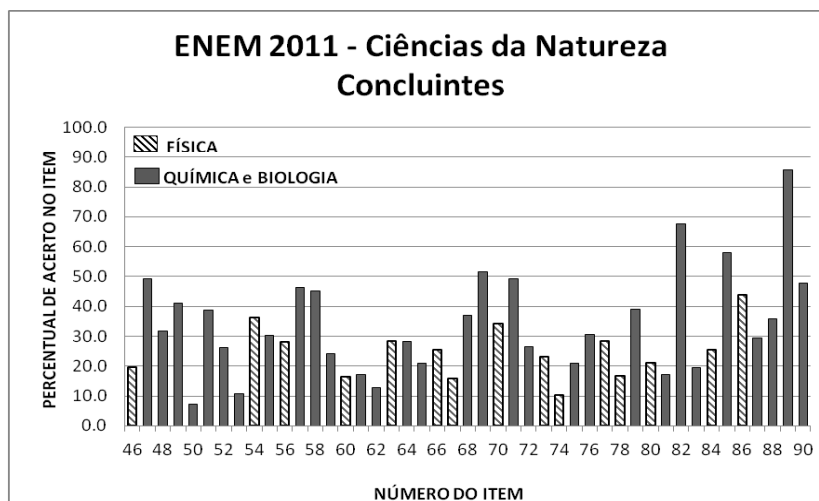


**Figura 5.** Histograma das notas (escores TRI) da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011

Na Figura 6, apresenta-se na forma de um gráfico o percentual de acertos de cada item para os concluintes na prova de Ciências da Natureza; estão destacados os itens classificados como “questões de Física” (GONÇALVES JR, 2012) da edição do ENEM 2011. Essa classificação corresponde ao objeto de aprendizagem avaliado na questão (Física, Química ou Biologia), e em caso de dúvida quanto a uma classificação estritamente disciplinar, utiliza-se como critério a disciplina que é diretamente mobilizada na escolha da alternativa.

Os resultados revelam o fraco desempenho dos candidatos na prova de Ciências da Natureza. A média do percentual de acertos nas questões da prova é de 31,5%, e nos itens de Física (15) é 24,9%, inferior ao geral. Nas questões de Química (12) a média de acertos é 29,2% e nas questões de Biologia (18) é 38,6%.

Para entender melhor o que esses dados revelam, foi feita a análise detalhada de todos os itens considerados como sendo de Física na prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011.



**Figura 6.** Percentual de acertos nos itens da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011

### ***Análise dos itens de Física***

Apresenta-se a seguir um estudo dos itens de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2011. Para cada um dos itens, eventualmente são feitos comentários, é apresentada a tabela indicando o percentual de marcação em cada uma das alternativas de resposta disponíveis e o percentual de acertos. Apresenta-se também a curva característica do item, em unidades de desvio estatístico, o que possibilita uma avaliação mais detalhada do desempenho dos alunos. A numeração apresentada refere-se à prova azul.

#### **Questão 46 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: D**

A questão usa no texto base um experimento realizado a partir de uma experiência imaginária proposta por Smoluchowski (ESHUIS et al, 2010). No entanto, o texto da questão desconsidera as condições nas quais a experiência foi realizada, e apenas deve ser considerado o que está no próprio texto.

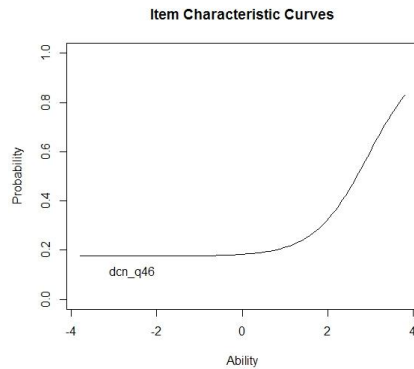
A competência avaliada é a de área 5 e a habilidade, 5H18. Na Tabela 10, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas. Na Figura 7, apresenta-se a curva característica desta questão.

**Tabela 10.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 46.

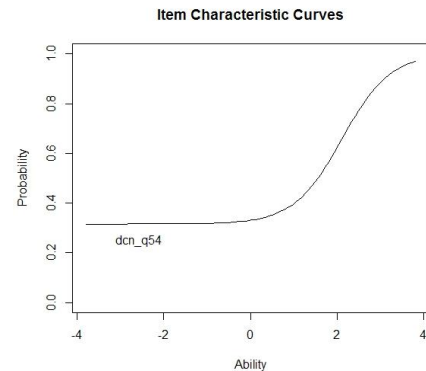
<b>46</b>	<b>CONCLUINTE</b>	<b>PARTICIPANTES</b>
A	29,15	28,54
B	26,54	25,21
C	13,03	13,50
D	19,71	20,77
E	11,24	11,65
Branco	0,22	0,21
Invalido	0,12	0,12
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Tanto a distribuição de escolhas quanto a CCI mostram que os estudantes apresentaram grande dificuldade em responder este item (item difícil), e que ele não discrimina os estudantes com escore abaixo de um desvio padrão (+1 na escala), ou cerca de 600 pontos. O índice de acerto casual está em cerca de 18%. O item aborda a segunda lei da termodinâmica,

assunto casualmente mencionado na lista de objetos de conhecimento da Matriz de Referência (“O calor e os fenômenos térmicos – Conceitos de calor e temperatura. ... Leis da Termodinâmica. ...).mas é pouco abordado no ensino médio No entanto, a resolução solicita apenas a interpretação de um trecho do texto base. Pode-se concluir que este item nada revela a respeito da aprendizagem o aprendizado sobre calor por parte dos estudantes.



**Figura 7.** Curva característica do item 46.



**Figura 8.** Curva característica do item 54.

**Questão 54 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: C**

Este item envolve o cálculo de densidade de uma mistura homogênea e sólida o qual é realizado através de uma média aritmética ponderada das densidades dos materiais que a compõem. O item está classificado na competência de área 5 e na habilidade 5H17. Na Tabela 11, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 8 a curva característica desta questão.

Este item apresenta um percentual de acerto superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (cerca de 25%); a ICC mostra que o item é difícil, e não discrimina aqueles com escore abaixo de um desvio padrão. O percentual de acerto casual de 32%. Apesar do item ser de grande dificuldade, o estudante que observasse atentamente perceberia que, como a densidade da liga estanho-chumbo deve pertencer a um intervalo contínuo de valores, neste caso [8,74 g/mL ; 11,3 g/mL], a porcentagem de estanho (e de chumbo) também deveria pertencer a um intervalo contínuo de valores.

**Tabela 11.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 54.

54	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	12,51	12,45
B	17,14	16,80
C	36,13	36,42
D	22,92	22,99
E	10,76	10,83
Branco	0,40	0,38
Invalido	0,13	0,13
TOTAL	100,00	100,00

**Questão 56- CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: C**

A competência avaliada é a de área 6 e a habilidade 6H21. Na Tabela 12, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 9 a curva característica desta questão.

**Tabela 12.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 56.

56	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	38,07	37,35
B	5,85	6,00
C	28,03	27,75
D	6,68	6,49
E	21,00	22,02
Branco	0,20	0,20
Invalido	0,17	0,17
TOTAL	100,00	100,00

Embora este item apresente um percentual de acerto (cerca de 28%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física, a ICC mostra que é difícil, com um baixo percentual de acerto casual, cerca de 15%. Entretanto, este item discrimina os participantes com escores acima da média, ou seja, acima de 0 na escala de desvios padrão (cerca de 460 pontos). Este item apropria-se de um objeto de conhecimento que não consta na Matriz de Referência do ENEM, a indução eletromagnética. Analisando o percentual de marcação dos distratores e do gabarito verifica-se que cerca de 38% dos concluintes obtiveram uma compreensão errônea do enunciado

**Questão 60- CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: A**

O problema pode ser resolvido utilizando-se cálculos de potência elétrica e sua relação com tensões e resistências.

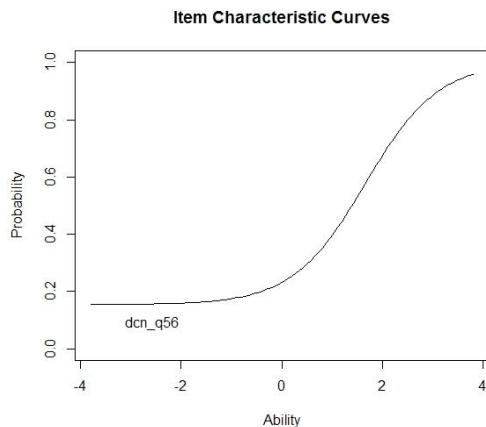
A competência avaliada é a de área 2 e a habilidade 2H6. Na Tabela 13, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 10 a curva característica desta questão.

**Tabela 13.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 60.

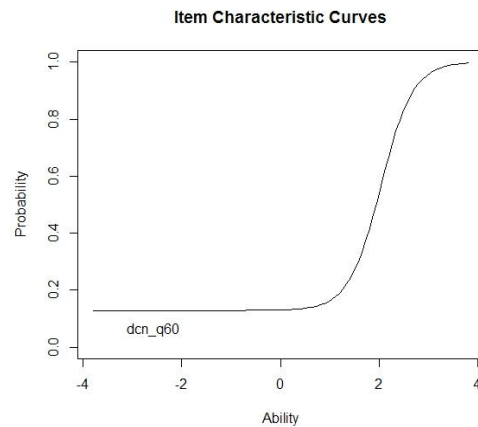
60	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	16,32	15,75
B	20,01	20,70
C	22,40	22,22
D	26,22	26,33
E	14,57	14,54
Branco	0,37	0,35
Invalido	0,11	0,12
TOTAL	100,00	100,00

A CCI indica que o item é difícilíssimo, além de ter um baixo percentual de acerto casual, cerca de 13%. Apresenta um elevado coeficiente de discriminação dos participantes e o faz para os que possuem escores acima de +1 desvio padrão (cerca de 540 pontos). Analisando o percentual de marcação dos distratores e do gabarito verifica-se que o distrator D, mais marcado pelos estudantes, apresenta como resultado um valor numérico que pode ser facilmente encontrado por utilização direta de valores constantes na tabela

apresentada. Quanto ao distrator B, é exatamente um valor inverso ao do distrator D. No distrator C, a plausibilidade do mesmo poderia ser associada à razão entre os valores de potência apresentadas para o chuveiro A. Este item ainda apresenta uma particularidade no distrator E, que consta do valor inverso ao do gabarito, onde o estudante que calculou, corretamente, a razão inversa das resistências, ou seja  $R_B/R_A$ , a considerou como correta. De certa forma, este distrator pode ser considerado como, no mínimo, uma indução ao engano.



**Figura 9.** Curva característica do item 56.



**Figura 10.** Curva característica do item 60.

**Questão 63- CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: E**

A competência avaliada é a de área 6 e a habilidade 6H22. Na Tabela 14, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 11 a curva característica desta questão.

**Tabela 14.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 63.

63	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	12,45	12,61
B	26,00	25,47
C	18,33	18,35
D	14,34	15,11
E	28,44	28,00
Branco	0,24	0,25
Invalido	0,20	0,20
TOTAL	100,00	100,00

Embora este item apresente um percentual de acerto (cerca de 28%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física (cerca de 25%), a ICC mostra que o item é difícil, assim como, não discrimina aqueles com escore abaixo da média (0 na escala de desvio padrão) ou cerca de 460 pontos. Neste item, foi observado um percentual de acerto casual de 20%. A tabela de percentuais de marcação do gabarito e dos distratores revela a falta de atenção na leitura do enunciado ou ainda a falha na interpretação ou compreensão do mesmo, visto que 26% marcou o distrator B (verde).

### Questão 66- CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: C

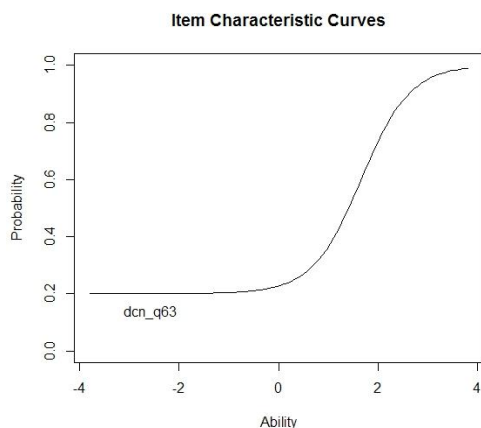
Conforme a segunda lei da termodinâmica. “É impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, converter integralmente calor em trabalho.”

A competência avaliada é a de área 6 e a habilidade 6H21. Na Tabela 15, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 12 a curva característica desta questão.

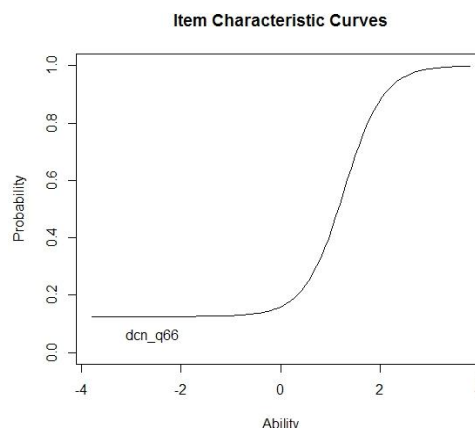
**Tabela 15.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 66.

66	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	16,10	16,00
B	11,42	10,85
C	25,55	26,25
D	24,39	24,50
E	22,04	21,91
Branco	0,29	0,29
Invalido	0,20	0,20
TOTAL	100,00	100,00

Apesar deste item apresentar um percentual de acerto (cerca de 26%) praticamente igual ao percentual médio de acertos nos itens de Física (cerca de 25%), a ICC mostra que o item é difícil com um percentual de acerto casual em 13%. Apresenta um elevado coeficiente de discriminação dos estudantes e o faz para os que possuem escores acima da média (0 na escala de desvio padrão) ou cerca de 460 pontos. A análise da tabela dos percentuais de marcação do gabarito e dos distratores revela que, de forma geral, os estudantes desconhecem os conceitos de energia e suas transformações bem como o funcionamento do motor à combustão de um veículo.



**Figura 11.** Curva característica do item 63.



**Figura 12.** Curva característica do item 66.

### Questão 67- CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: E

A competência avaliada é a de área 6 e a habilidade 6H22. Na Tabela 16, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 13 a curva característica desta questão.

A ICC indica que este item é muito difícil, apesar de possuir um baixo percentual de acerto casual, cerca de 14%. Além disso, apenas discrimina os

estudantes com escores acima de +2 (ou cerca de 630 pontos). Analisando o percentual de marcação dos distratores e do gabarito verifica-se que os estudantes não interpretaram corretamente o enunciado da questão, possivelmente pela não compreensão do significado da expressão *melhor discriminação* para distinguir os alvos mostrados.

**Tabela 16.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 67.

67	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	13,64	13,88
B	28,97	28,71
C	20,22	20,85
D	20,71	20,70
E	15,99	15,38
Branco	0,33	0,33
Invalido	0,15	0,15
TOTAL	100,00	100,00

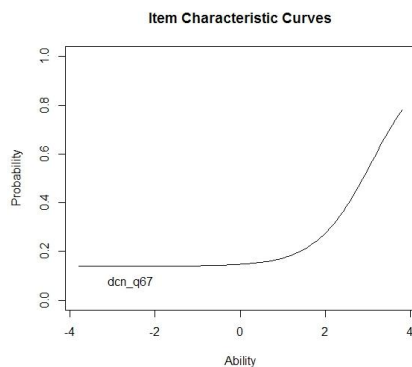
**Questão 70 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: D**

A competência avaliada é a de área 2 e a habilidade 6H22. Na Tabela 17, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 14 a curva característica desta questão.

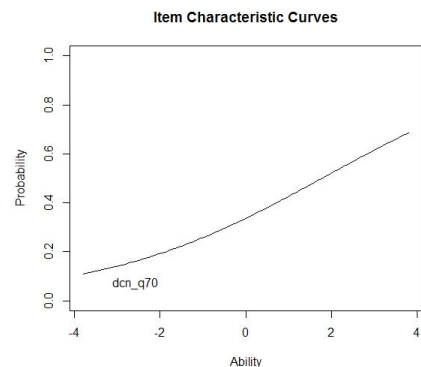
Apesar deste item apresentar o percentual de acerto (cerca de 34%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física, a ICC indica que é difícil, e com um baixíssimo percentual de acerto casual, menos de 1%. Contudo, este item possui um índice de discriminação muitíssimo baixo. A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes desconhecem “como ligar uma lâmpada” e/ou “como usar uma pilha”, ou seja, revela o desconhecimento dos detalhes técnicos presentes na prática de utilização de lâmpadas: cerca de 40% dos estudantes marcaram como corretos os esquemas incorretos 4 e/ou 5 (distratores B, C e E). Observa-se algo relatado na área de ensino de física: e o desempenho dos alunos revela a quase inexistência de discussões e atividades práticas em sala de aula. Este cenário seria diferente caso os estudantes tivessem em sua prática escolar mais atividades experimentais.

**Tabela 17.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 70.

70	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	24,90	24,18
B	6,48	6,68
C	27,67	26,63
D	34,15	35,64
E	6,33	6,39
Branco	0,28	0,29
Invalido	0,18	0,19
TOTAL	100,00	100,00



**Figura 13.** Curva característica do item 67.



**Figura 14.** Curva característica do item 70.

**Questão 73 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: B**

A competência avaliada é a de área 2 e a habilidade 2H7. Na Tabela 18, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 15 a curva característica desta questão.

**Tabela 18.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 73.

73	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	14,69	14,66
B	23,28	23,25
C	22,07	22,31
D	29,58	29,34
E	9,76	9,84
Branco	0,46	0,43
Invalido	0,16	0,16
TOTAL	100,00	100,00

Este item retrata uma situação problema apresentada com frequência em livros didáticos. Entretanto, a ICC e a tabela dos percentuais de escolha das alternativas revelam que este item é difícil, discriminando a partir do escore de +1. O percentual de acerto casual é de cerca de 21%. A marcação dos distratores e do gabarito do item revelam, de maneira geral, que os estudantes desconhecem ou apresentam compreensões equivocadas sobre o conceito de empuxo. A análise dos distratores reforça esta inferência, uma vez que, nos distratores E, D e C, que juntos somam mais de 60% de marcações, os estudantes utilizaram, nos cálculos, como valor para o empuxo, respectivamente, o valor do peso aparente do corpo (distratores E e D) e o valor da metade do peso do corpo (distrator C). Mas nos distratores C e D o estudante ainda faz uso do volume total do corpo ao invés da metade.

**Questão 74 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: D**

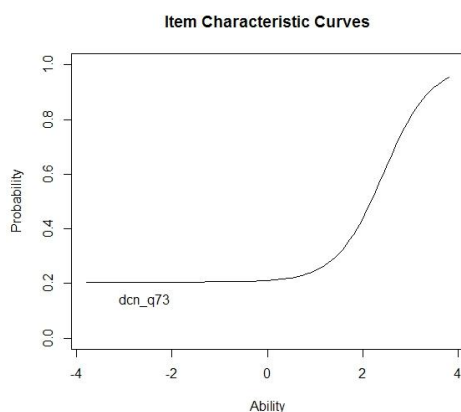
A competência avaliada é a de área 1 e a habilidade 1H1. Na Tabela 19, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 16 a curva característica desta questão.

A resposta correta foi a menos escolhida pelos estudantes. A ICC para este item não possibilita qualquer inferência sobre as competências e habilidades dos estudantes que realizaram a prova, estando totalmente em desacordo com o modelo teórico que embasa a TRI.

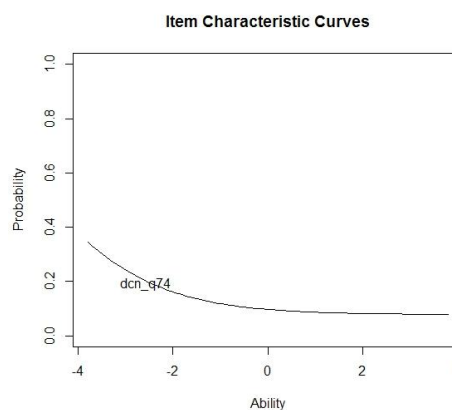


**Tabela 19.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 74.

74	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	23,19	22,51
B	17,34	17,12
C	24,86	25,15
D	10,29	10,90
E	23,76	23,77
Branco	0,36	0,36
Invalido	0,20	0,20
TOTAL	100,00	100,00



**Figura 15.** Curva característica do item 73.



**Figura 16.** Curva característica do item 74.

**Questão 77 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul – Gabarito: D**

A competência avaliada é a de área 6 e a habilidade 6H20. Na Tabela 20, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 17 a curva característica desta questão.

**Tabela 20.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 74.

77	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	17,64	17,55
B	14,07	14,56
C	23,76	23,37
D	28,32	28,40
E	15,61	15,51
Branco	0,43	0,42
Invalido	0,17	0,18
TOTAL	100,00	100,00

Apesar deste item apresentar o percentual de acerto (cerca de 28%) superior ao percentual médio de acertos nos itens de Física, a ICC revela que este item é de muita dificuldade e apresenta baixíssimos índices de discriminação e de acerto casual. A questão apresenta uma situação na qual o estudante deveria reconhecer o movimento da régua como sendo um movimento de queda livre. A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes apresentam compreensões equivocadas sobre o conceito de queda livre. Pode-

se explicar esse resultado a partir da leitura da questão, que apresenta uma situação simples de forma não convencional não permitindo uma análise direta.

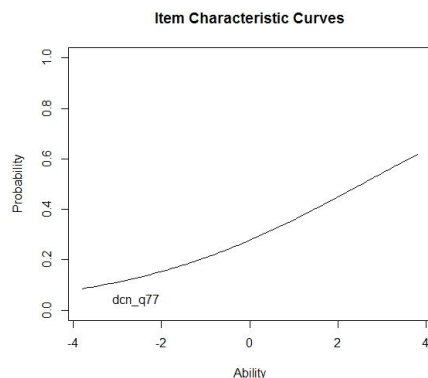
**Questão 78 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: B**

A competência avaliada é a de área 2 e a habilidade 2H7. Na Tabela 21, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 18 a curva característica desta questão.

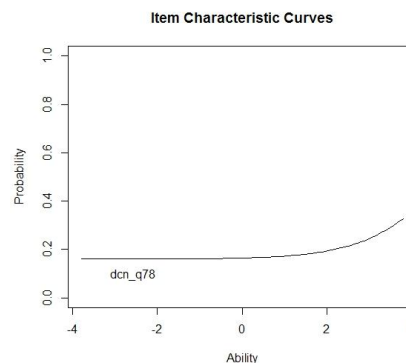
A ICC revela que este item é difícil e é, dentre os estudados, o que apresenta maior coeficiente de dificuldade, discrimina os estudantes com escore acima de +2 na escala de desvio padrão (ou cerca de 630 pontos) além de possuir um percentual de acerto casual de 16%. A tabela de percentual de marcação dos distratores e do gabarito deste item revela, de maneira geral, que os estudantes não dominam o que foi avaliado.

**Tabela 21.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 74.

78	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	25,76	25,79
B	16,72	17,10
C	18,74	18,91
D	10,98	10,87
E	27,25	26,80
Branco	0,30	0,29
Invalido	0,24	0,24
TOTAL	100,00	100,00



**Figura 17.** Curva característica do item 77.



**Figura 18.** Curva característica do item 78.

**Questão 80 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: D**

A competência avaliada é a de área 3 e a habilidade 3H12. Na Tabela 22, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 19 a curva característica desta questão.

A ICC revela que o item é muito difícil, discrimina os estudantes com escore acima de +1,5 na escala de desvios padrão (cerca de 500 pontos) e possui um percentual de acerto casual em cerca de 20%. A tabela de percentuais de marcação dos distratores e gabarito revela também que os estudantes, provavelmente, não leram atentamente as informações apresentadas no texto, e basearam-se na ideia do "senso comum" de que a energia proveniente de hidrelétricas é limpa, marcando o item C.

**Tabela 22.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 80.

80	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	17,39	17,39
B	15,82	16,46
C	23,45	22,51
D	21,20	22,19
E	21,50	20,80
Branco	0,42	0,41
Invalido	0,22	0,23
TOTAL	100,00	100,00

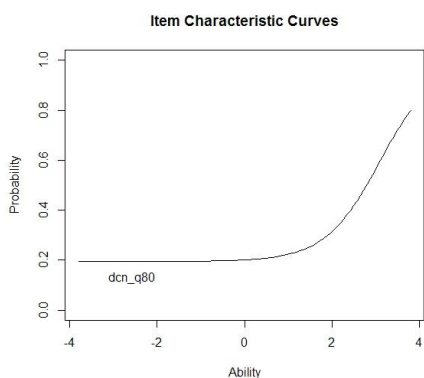
**Questão 84 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: A**

A competência avaliada é a de área 1 e a habilidade 1H1. Na Tabela 23, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 20 a curva característica desta questão.

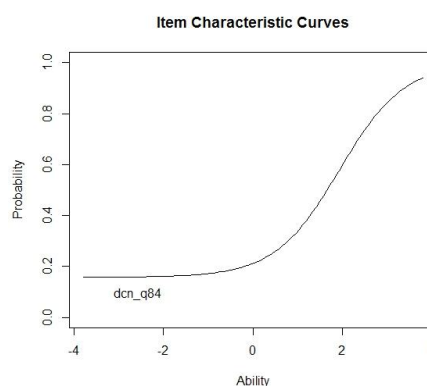
A ICC indica que este item é difícil, discrimina os estudantes com escore acima de 0 na escala de desvios padrão (cerca de 460 pontos) e possui um percentual de acerto casual em cerca de 16%. A tabela 23 revela que os estudantes não reconhecem ou compreendem o fenômeno da difração das ondas luminosas e sonoras, uma vez que cerca de 48% optaram pelo distrator B e D onde são descritas situações que retratam, respectivamente, a reflexão do som e o efeito Doppler. A análise da escolha das alternativas também revela a incompreensão sobre o fenômeno por parte dos alunos.

**Tabela 23.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 84.

84	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	25,36	23,77
B	26,14	26,78
C	12,12	12,74
D	21,71	21,63
E	14,05	14,45
Branco	0,43	0,43
Invalido	0,18	0,19
TOTAL	100,00	100,00



**Figura 19.** Curva característica do item 80.



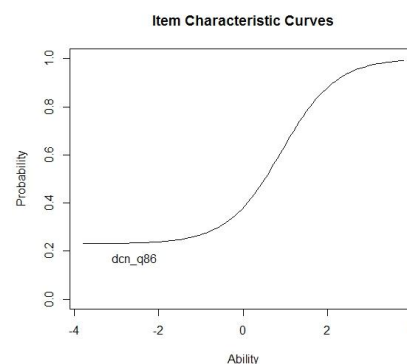
**Figura 20.** Curva característica do item 84.

### Questão 86 - CN - ENEM 2011 - Prova Azul - Gabarito: C

A competência avaliada é a de área 6 e a habilidade 6H20. Na Tabela 24, apresentam-se os percentuais de marcação nas alternativas, e na Figura 21 a curva característica desta questão.

**Tabela 24.** Percentual de marcação no gabarito e distratores da Questão 86.

86	CONCLUINTES	PARTICIPANTES
A	9,85	9,88
B	12,94	12,71
C	43,83	42,87
D	12,11	12,43
E	20,67	21,51
Branco	0,44	0,43
Invalido	0,16	0,17
TOTAL	100,00	100,00



**Figura 20.** Curva característica do item 86.

### Comentários finais

A discussão dos itens apresentada revela que para os estudantes concluintes do ensino médio no país todas as questões de Física da prova do ENEM 2011 são difíceis, independentemente do tema abordado.

Verifica-se que nesta prova há, como comentado por Gonçalves Jr e Barroso (2014), um não alinhamento entre temas usualmente abordados no ensino médio e a distribuição dos itens segundo os objetos de conhecimento. A partir da Matriz de Referência, pode-se, numa classificação inicial, apresentar uma relação entre os grandes temas dos objetos de conhecimento e os itens.

Os itens que referem-se ao grande tema “O movimento, o equilíbrio e a descoberta das leis físicas” são os de número 54, 73, 77 e 78 (4 em 15); para o tema “Energia, trabalho e potência”, temos o item 86 e, numa avaliação mais aberta, o item 80 (2 em 15); para o tema “Fenômenos elétricos e magnéticos”, os itens 56, 60 e 70 (3 em 15); no tema “Oscilações, ondas, óptica e radiação”, há os itens 63, 67, 74, 84 (4 em 15); e no tema “O calor e os fenômenos térmicos”, são dois (2 em 15) os itens: 46 e 66, ambos versando sobre a segunda lei da termodinâmica em caráter conceitual. Não há itens que possam ser facilmente classificados no tema “Conhecimentos básicos e fundamentais”, bem como sobre o tema “A mecânica e o funcionamento do universo”. O excesso de itens em temas pouco abordados, ou abordados rapidamente ao final do ensino médio pode fornecer uma primeira explicação para os resultados encontrados nos itens.

Esses resultados certamente podem ser aprofundados e suas discussões ampliadas.

A avaliação combinada do desempenho dos estudantes nos itens, bem como do desempenho global nas provas de Ciências da Natureza do Enem, revela as dificuldades que a aprendizagem de física no nível médio encontra no país. A análise detalhada dessas questões e desses resultados nos permitem

inferir muitos dados a respeito dos processos de ensino e aprendizagem, e a princípio esse estudo poderia fornecer subsídios para uma reflexão mais global sobre os encaminhamentos curriculares e em formação de professores para a melhoria do quadro.

Muitos dos resultados obtidos não puderam ser apresentados aqui, mas as curvas características dos itens e os resultados detalhados de todas as questões da prova estão disponíveis.

A pergunta sobre se é possível avaliar como os estudantes estão aprendendo física no ensino médio tem portanto uma resposta positiva – apesar dos diversos problemas encontrados pelo Enem.

### **Agradecimentos**

Este trabalho recebe o apoio da CAPES através do Programa Observatório da Educação 2010.

### **Notas**

- [1] SPSS - Statistical Package for the Social Sciences, programa disponibilizado atualmente pela IBM.
- [2] R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <<http://www.R-project.org/>>.

### **Referências**

- BRASIL. MEC/SESU. Termo de Referência. Novo Enem e Sistema de Seleção Unificada. 2009. Disponível em <http://www.andifes.org.br/?p=16329>. Acesso em 14.abril.2015
- BRASIL. Ministério da Educação / Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Guia de Elaboração e Revisão de Itens – vol.I*. 2010. Disponível em [http://download.inep.gov.br/outras\\_acoes/bni/guia/guia\\_elaboracao\\_revisao\\_itens\\_2012.pdf](http://download.inep.gov.br/outras_acoes/bni/guia/guia_elaboracao_revisao_itens_2012.pdf). Consultado em 15/03/2013.
- BRITTON, E.D.; SCHNEIDER, S.A. Large-Scale Assessments in Science Education. In: Abell, S.K. e Lederman, N.G. (ed.). *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah: Lawrence Earlbaum Associates, 2007. p. 1007-1040.
- BUCCI, M.P.D.; MELLO, P.B. Democratização e Acesso à Educação Superior - Parte I.(Grupo Estratégico de Análise da Educação Superior no Brasil, 7). Rio de Janeiro: FLACSO-Brasil, 2013a.
- \_\_\_\_\_. Democratização e Acesso à Educação Superior - Parte II. (Grupo Estratégico de Análise da Educação Superior no Brasil, 8). Rio de Janeiro: FLACSO-Brasil, 2013b.
- DUARTE, L.P.A. Estudo de um item do ENEM 2009. Trabalho de conclusão de curso de Licenciatura em Física, UFRJ, 2013.
- GONÇALVES Jr, W.G. *Avaliações em Larga Escala e o Professor de Física*. 2012. Dissertação de Mestrado do Programa de Ensino de Física – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2012. Disponível em [http://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2012\\_Wanderley\\_Goncalves/dissertacao\\_Wanderley\\_Goncalves.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Wanderley_Goncalves/dissertacao_Wanderley_Goncalves.pdf). Consultado em 15/03/2013.
- GONÇALVES JR.,W.P; BARROSO, M.F. *As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, 1402 (2014).
- HALADYNA, T.M. *Developing and Validating Multiple-Choice Test Items*. 3rd ed. Mahwah: Lawrence Earlbaum Associates, 2004.
- HAMBLETON, R.; SWAMINATHAN, R.; ROGERS, H.J. *Fundamentals of Item Response Theory*. Newbury Park: SAGE Publications, 1991.