

**CATEGORIAS DE QUESTÕES SOBRE ENERGIA NO ENEM****CATEGORIES OF QUESTIONS ABOUT ENERGY OF NATIONAL TEST OF
SECONDARY SCHOOL****Carlos Eduardo Guariglia^{1a}****Esdras Viggiano^{2a},****Cristiano Mattos³**

1 Licenciatura em Física da USP, dufisica@usp.br

2 Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP,
esdras@if.usp.br; esdras@ensinodeciencias.com

3 Instituto de Física da USP, mattos@if.usp.br

RESUMO

A energia assume papel de relevo na sociedade contemporânea, sendo de fundamental importância para o entendimento de processos políticos, econômicos, sociais e ambientais. Propomos analisar neste trabalho as questões das provas de 2004 a 2008 do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) que abordam o conceito *energia*. Nesse período, identificamos 45 questões abordando o assunto. Em sua maioria, as questões focaram a avaliação do entendimento e posicionamento crítico dos processos nos quais a temática se relaciona. O Enem traz com isso, um modelo de avaliação incomum, pois não avalia a apenas conteúdos tradicionais, mas propõe a avaliação de habilidades e competências relacionadas ao entendimento dos contextos nos quais os estudantes estão inseridos. Pela presença em um processo de avaliação nacional, num momento que o Enem passa a ser mais amplamente utilizado como avaliação para acesso às universidades públicas, indica uma perspectiva das políticas educacionais vigentes, tornando-se importante de ser estudado do ponto de vista da pesquisa em Ensino de Ciências. Por isto, nos propomos neste trabalho identificar as características de um dos assuntos mais importantes da atualidade no ensino de ciências e nas políticas nacionais, a energia. Assim, procuramos estabelecer categorias de análise para caracterização das questões do Enem sobre este conceito. Visamos assim, fornecer subsídios para trabalhos futuros sobre o assunto. Para tanto, identificamos as categorias que refletem os padrões de questões do Enem.

Palavras-chave: Enem, energia, identificação de abordagem.**ABSTRACT**

^a Os autores Carlos Eduardo Guariglia e Esdras Viggiano são bolsistas da CAPES na chamada do Projeto "Observatório da Educação", processo 3257, nas modalidades Iniciação Científica e Doutorado, respectivamente.

The energy concept takes important role in contemporary society, influencing political positions in economic, social and environmental sceneries. In this paper, we studied what approaches about this theme are assumed in National Test of Secondary School (ENEM) in 2004 to 2008 years. We identified 45 questions addressing the content in the period analyzed. Most of the questions focused on the assessment critical positions of students about the energy uses and production. The Enem is not a usual assessment test. It evaluating more than the content, but assessment skills and competencies related to understanding the contexts in which students are placed. To do this, identify the most recurrent kinds of energy, *chemical* and *electrical* and propose a group of categories that characterize the tests questions involving the use, the economic, social, environmental and technological of energy.

Keywords: Enem, Energy Theme, Educational Approaches

INTRODUÇÃO

Hoje muito se discute, em certos âmbitos acadêmicos, sobre conceitos científicos alinhados a uma perspectiva social, visto que esses conceitos estão atrelados ao desenvolvimento de tecnologia, e este pode causar certos impactos sociais e ambientais. Uma crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável tem se consolidado, se referindo principalmente a aspectos econômicos e sociais. O sistema econômico está plenamente interligado, ou seja, globalizado e as preocupações tecnológicas e científicas estão relacionadas ao desenvolvimento de um sistema produtivo eficiente e desenvolvimento sócio-econômico sustentável, isto é, que acarrete uma diminuição dos impactos mencionados.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Ciência e a Tecnologia têm papel fundamental no desenvolvimento sócio-econômico de uma nação (COUTURE, 1979). Atrelados ao desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia, encontra-se o acesso à *Energia*. Isto porque, os países mais desenvolvidos, em geral, consomem mais energia na área produtiva e mesmo na área residencial (MATTOS et al., 2006b). Neste sentido, ampla discussão sobre o tema *Energia* tem sido realizada, seja relacionando à produção, à utilização ou aos impactos ambientais causados por cada um dos tipos de geração energética. Um exemplo, é apresentado por Strieder (2008), que investigou como os alunos de uma escola pública do Sul do Brasil viam a instalação de uma usina hidrelétrica em sua região afetaria o ambiente social no qual vivem. Além disso, políticas públicas têm se desenvolvido no sentido de potencializar o uso da energia e também na direção do estabelecimento de uma matriz energética adequada ao Brasil. Essas políticas são identificadas nos diversos âmbitos de atuação governamental, tendo um significativo impacto no sistema educacional.

Identificamos preocupações relacionadas ao uso e produção de energia nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1999) e PCN+ (BRASIL, 2002) – e em avaliações do sistema educacional, como por exemplo, no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Isto fica claro na Matriz de Referência para o Enem 2009, chamado de “Novo Enem” (BRASIL, 2009). Essa matriz foi utilizada para criação das questões do Enem 2009, que passa a ser adotado como uma das principais formas de avaliação do

Ensino Básico brasileiro e também passa a ser uma das principais portas de acesso às Instituições de Ensino Superior Público do país. No documento (BRASIL, 2009), a parte referente ao às “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” define que o exame deve avaliar alguns itens relacionados à energia:

H4 – “Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.” (p.8)

H8 – “Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.”

H9 – “Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.”

H10 – “Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.”

H11 – “Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.”

H12 – “Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.” (pp. 8-9)

H23 – “Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. [...]”

H26 – “Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.”

H27 – “Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.” (p.10)

Além da ênfase dada nos documentos oficiais, a temática energia também tem sido investigada no cenário acadêmico, gerando intervenções e reflexões relacionadas ao uso da energia, como por exemplo, os trabalhos de Dias, Mattos e Balesteri (2004), Dias, Balesteri e Mattos (2006), Dias, Mattos e Balesteri (2006a) e Dias, Mattos e Balesteri (2006b),

Os trabalhos destacados e muitos outros indicam que o mesmo conceito *energia* não se reduz a uma única definição, isto é, não pode ser considerado um conceito clássico, mas deve ser entendido como um conceito complexo, o qual somente faz sentido de ser estudado e mesmo de existir, se considerarmos a relação desse com outros conceitos, e também, que este conceito pode assumir diversos significados no cotidiano e no âmbito científico. Dessa forma se discute por diferentes perspectivas e enfoques teóricos e em diversas disciplinas (e.g. Geografia, Física, Biologia e Química). Sendo atribuídos diferentes significados ao conceito *energia* de acordo com o contexto estabelecido (ZAIÑE, 2003; ROGRIGUES e MATTOS, 2007;). Diferentes questões em um questionário ou prova delimitam diferentes contextos e, portanto diferentes significados estabelecidos (VIGGIANO e MATTOS, 2006, 2007, 2008, MATTOS e VIGGIANO, 2008; VIGGIANO 2009). Neste sentido, mostra-se importante a identificação de categorias que se refiram a como o conceito energia é abordado no Ensino de Ciências, fornecendo subsídios para pesquisas que o têm como conceito central.

Alguns trabalhos relacionados à análise de questões de vestibular e Enem (e.g. PACCA, 1983; FERNANDES, 2004; VIGGIANO e MOREIRA, 2004 e 2005, VIGGIANO, 2005) inferem sobre o raciocínio dos alunos a partir das respostas fornecidas em questões do vestibular. Fernandes (2004) comparou as questões de alguns vestibulares com a proposta dos PCN, que de certo modo, é semelhante ao que nos propomos realizar neste trabalho. Isto porque, a matriz para o “novo Enem” é fortemente influenciada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais.

METODOLOGIA

Neste trabalho, não pretendemos analisar o tipo de raciocínio possível, mas identificar características recorrentes nas questões relacionadas ao conceito *energia*, como por exemplo, os tipos de energia mais abordados envolvidos nas questões. Uma vez que o conceito *energia* está nitidamente relacionado a questões sociais amplamente discutidas no mundo contemporâneo, pretendemos entender como o exame articula as questões do tema energia com as de ordem social, para isso usaremos como ferramenta de análise os descritores anteriormente citados que são levados em conta na avaliação.

Adotaremos uma abordagem semelhante à adotada por Fernandes (2004), realizando a leitura das questões, identificando aspectos redundantes que podem ser sintetizadas em categorias de análise. Assim, nos propomos procurar responder a seguinte pergunta de pesquisa:

Quais categorias podemos definir para caracterizar as questões do Enem que abordam energia a partir de características de uma leitura geral dos exames de 2004 a 2008?

A análise foi realizada a partir de um ponto de vista da Disciplina Física, mesmo que em alguns casos a divisão disciplinar não seja possível e nem mesmo adequada devido à característica complexa do conceito *energia*. O recorte realizado justifica-se por pretendermos investigar, em desdobramentos desta pesquisa, como o tema é abordado no Ensino de Física e também pela significativa complexidade desse conceito na área disciplinar em questão.

Adotamos uma análise empírica e qualitativa, na qual esperávamos que as categorias fossem constituídas a partir da leitura das questões Enem dos anos de 2004 a 2008 com base no que julgamos mais recorrente. Realizamos a categorização dos “tipos de energia” abordados em cada uma das questões, agrupando por ano. Apesar da característica e natureza qualitativa do objeto de estudo, utilizaremos estatística descritiva (BARBETTA, 2003) para identificar as principais recorrências, assumindo tais dados como ponto de partida para discussão qualitativa.

ANÁLISE

O Enem aborda o tema energia com uma frequência considerável e diferentemente de outros exames, como vestibulares, não se preocupa em avaliar se o candidato possui apenas conhecimentos técnicos dos conceitos, mas sim de como o mesmo se posiciona com questões sociais. Nas provas dos anos de 2004 a 2008, identificamos entre 7 a 11 questões que abordam o tema energia em cada um dos anos. Os dois tipos de energia mais frequentes, e os únicos assumidos quantitativamente neste trabalho, são: *energia química* e *elétrica*. Identificamos que alguns desses relacionavam-se à transformação da energia.

Identificamos também, nas questões aspectos relacionados à temporalidade e à espacialidade. Nesta direção, algumas delas estão envolvidas a formação histórica da problemática atual e outras suas projeções futuras. Além disso, outro aspecto explorado se refere ao sistema energético brasileiro, enquanto que outras buscam um olhar mais global da questão se põe mundialmente.

Apresentamos no Gráfico 1 o número de questões nas quais as energias *elétrica* e *química* são focos, elegendo qual parecia ser o tipo mais importante e avaliando apenas este. No Gráfico 2 apresentamos a de ocorrência dos tipos de energia nas provas. Isto é, no Gráfico 2, consideramos que cada questão pode abordar mais de uma forma de energia.

Com esse gráfico verificamos que o conceito Transformação de Energia foi recorrente em todos os anos analisados.

Gráfico 1: Quantidade de questões do Enem que abordam energia química e elétrica

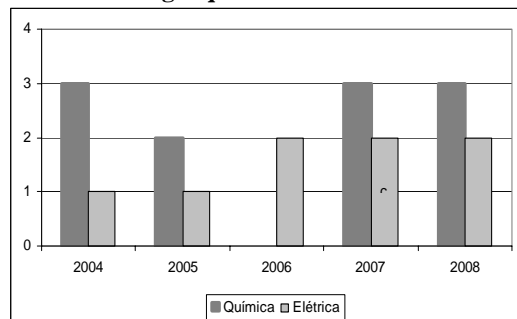
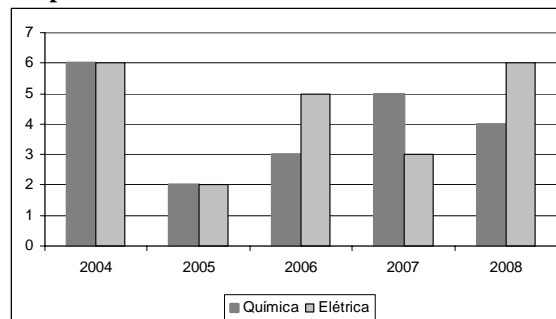


Gráfico 2: Frequência de energia química e elétrica nas provas do Enem



Nos Gráficos 1 e 2, identificamos que as *energias química e elétrica* aparecem com frequências próximas. O Gráfico 1 indica que o número de questões que abordam os tipos de energia *química* e *elétrica* são quase constantes (duas a três questões de *energia química* e uma ou duas de *energia elétrica*), com exceção do ano de 2006, onde a quantidade de questões de *energia química* foi reduzido a zero. O Gráfico 2, no qual os tipos de energia são abordados não exclusivamente, há uma proximidade do número de questões, os anos de 2004 e 2005 tiveram mesma incidência dos dois tipos de energia (seis e duas questões respectivamente) e os demais anos a diferença máxima foi de duas ocorrências.

Com a soma total dos dados do Gráfico que a *energia elétrica* identificamos que há apenas duas referências a mais para a *energia elétrica* (22) que a *energia química* (20). Essa frequência contrasta-se com o primeiro gráfico, no qual a *energia química* teve a incidência de 11 e a *elétrica* 8. Isto indica que as questões que tratam de *energia elétrica*, geralmente estão relacionadas a como é ou poderia ser gerada. Este tipo de energia está associado à transformação de um tipo em outro de energia.

Com os dados dos gráficos, notamos a importância da *energia elétrica*, pois ela esteve presente nos cinco anos analisados, em 49% das questões referentes à energia no período, foi abordada tanto em questões que citam apenas um tipo de energia, como podemos ver no Gráfico 1 um total de 8 questões nas que citam mais de um tipo de energia, com 22 questões identificadas no Gráfico 2.

A *energia química* está presente em 44% das questões devido à importância da crise mundial de energia no que tange a utilização do petróleo e combustíveis fósseis. Os problemas apresentados nas questões são relativos aos custos dessa fonte energética, o impacto ambiental presente na sua utilização e também o fato de ser uma fonte energética esgotável. E esses problemas levantam questionamentos sobre o seu consumo atual, referentes à opção por fontes alternativas de energia que atenuem tais problemas.

Após a leitura geral das questões sobre *Energia* do Enem e a comparação com os descritores do “Novo Enem” (BRASIL, 2009), identificamos algumas características comuns redundantes, que transformamos em cinco categorias, as quais apresentamos a seguir, com alguns exemplos.

- a) **Produção de energia elétrica:** as questões comparam diferentes formas de geração de energia, realizada com tecnologias diferentes em diversas localidades levando em conta os fatores sociais, ambientais e principalmente econômicos. As questões dessa categoria geralmente têm relação com os “descritores H”, anteriormente

citados, H10, H12, H23 e H26. Essa categoria corresponde a 32% das 22 questões que abordam o conceito. Tomemos como exemplo, a questão Q2006-51^b:

Q2006-51

Na avaliação da eficiência de usinas quanto à produção e aos impactos ambientais, utilizam-se vários critérios, tais como: razão entre produção efetiva anual de energia elétrica e potência instalada ou razão entre potência instalada e área inundada pelo reservatório. No quadro seguinte, esses parâmetros são aplicados às duas maiores hidrelétricas do mundo: Itaipu, no Brasil, e Três Gargantas, na China.

parâmetros	Itaipu	Três Gargantas
potência instalada	12.600 MW	18.200 MW
produção efetiva de energia elétrica	93 bilhões de kWh/ano	84 bilhões de kWh/ano
área inundada pelo reservatório	1.400 km ²	1.000 km ²

Internet: <www.itaipu.gov.br>

Com base nessas informações, avalie as afirmativas que se seguem.

- I A energia elétrica gerada anualmente e a capacidade nominal máxima de geração da hidrelétrica de Itaipu são maiores que as da hidrelétrica de Três Gargantas.
- II Itaipu é mais eficiente que Três Gargantas no uso da potência instalada na produção de energia elétrica.
- III A razão entre potência instalada e área inundada pelo reservatório é mais favorável na hidrelétrica Três Gargantas do que em Itaipu.

É correto apenas o que se afirma em

- A I. B II. C III. D I e III. E II e III.

A questão traz a produção das duas maiores usinas do mundo atualmente, para que o aluno compare questões de eficiência relativas à produção energética e em relação à eficiência na questão ambiental, ou seja, como produzir mais agredindo menos, como identificamos cada uma das usinas têm uma vantagem: Itaipu na produção energética e Três Gargantas na questão ambiental. Essa questão também proporciona a oportunidade de conhecer as dimensões de impacto e da produção elétrica de uma usina hidrelétrica.

- b) **Economia financeira:** estão ligadas aos custos contemporâneos da energia. Relacionada aos descritores H12, H23 e H26, representam 14% das questões que envolvem *energia elétrica*. Temos como exemplo a questão Q2005-26:

Q2005-26

Podemos estimar o consumo de energia elétrica de uma casa considerando as principais fontes desse consumo. Pense na situação em que apenas os aparelhos que constam da tabela abaixo fossem utilizados diariamente da mesma forma.

Tabela: A tabela fornece a potência e o tempo efetivo de uso diário de cada aparelho doméstico.

Aparelho	Potência (KW)	Tempo de uso diário (horas)
Ar condicionado	1,5	8
Chuveiro elétrico	3,3	1/3
Freezer	0,2	10
Geladeira	0,35	10
Lâmpadas	0,10	6

Supondo que o mês tenha 30 dias e que o custo de 1 kWh é de R\$ 0,40, o consumo de energia elétrica mensal dessa casa, é de aproximadamente

- (A) R\$ 135. (B) R\$ 165.
 (C) R\$ 190. (D) R\$ 210.
 (E) R\$ 230.

A questão apresenta como aparelhos eletrônicos usados com frequência no cotidiano dos estudantes consomem energia. Ao estipular um valor para o kWh procura fornecer subsídios para que identifique como a utilização desses equipamentos e o tempo que ficam ligados diariamente se relacionam com o gasto mensal, evidenciando uma abordagem econômica. Esse tipo de questão permite ao candidato uma reflexão acerca do uso que ele mesmo faz da energia.

Essa mesma categoria pode também ser identificada nas questões que abordam *energia química*, pois há questões que buscam analisar a substituição do petróleo por uma fonte alternativa de melhor benefício financeiro. Essa categoria esteve presente em 40% das questões que envolvem esse tipo de energia. Estão geralmente associadas questões ligadas aos combustíveis.

A questão possui basicamente dois focos. O primeiro está associado, ao preço do petróleo que atingiu patamares elevados. Dessa forma, identificamos nas questões, uma

^b A notação assumida para identificar as questões é "Q" + "Ano" + "-" + "número da questão no exame.

busca por alternativas mais baratas. Essas alternativas visam a substituição naquele momento, com isso não há, necessariamente, como pano de fundo uma preocupação ambiental. Este foco associa-se aos descritores H23 e H26. No segundo foco, há também a uma preocupação econômica referente aos preços destas espécies de combustíveis. Além disso é trazido à tona uma nova preocupação de como estabelecer uma nova matriz energética, visando a utilização no mercado interno e também exportando para o mercado externo, para que dessa forma seja possível tirar uma vantagem econômica disso. Estão associados os descritores H12, H23 e H26. Apresentamos a seguir dois exemplos de questões relacionadas à crise nos anos de 2005 e 2008:

Q2005-29

O gás natural veicular (GNV) pode substituir a gasolina ou álcool nos veículos automotores. Nas grandes cidades, essa possibilidade tem sido explorada, principalmente, pelos táxis, que recuperam em um tempo relativamente curto o investimento feito com a conversão por meio da economia proporcionada pelo uso do gás natural. Atualmente, a conversão para gás natural do motor de um automóvel que utiliza a gasolina custa R\$ 3.000,00. Um litro de gasolina permite percorrer cerca de 10 km e custa R\$ 2,20, enquanto um metro cúbico de GNV permite percorrer cerca de 12 km e custa R\$ 1,10. Desse modo, um taxista que percorra 6.000 km por mês recupera o investimento da conversão em aproximadamente

- (A) 2 meses. (B) 4 meses. (C) 6 meses. (D) 8 meses. (E) 10 meses.

A Q2005-29 aborda uma solução de um problema econômico, o preço dos combustíveis veiculares atuais, gasolina e o álcool, para substituí-los por outros, como o gás natural veicular (GNV). Identificamos a influência no aspecto econômico ao explicitar que esse é mais eficiente economicamente. Contudo, apesar da queima do gás natural acarretar a emissão de menos dióxido de carbono que a gasolina na atmosfera, a questão propõe também a substituição do álcool pelo GNV. Nesta questão a eficiência econômica é muito valorizada, desconsiderando-se a discussão que o GNV é um combustível não renovável. Em outras palavras, a preocupação com o econômico minimiza a questão ambiental.

Q2008-27

O potencial brasileiro para gerar energia a partir da biomassa não se limita a uma ampliação do Pró-álcool. O país pode substituir o óleo *diesel* de petróleo por grande variedade de óleos vegetais e explorar a alta produtividade das florestas tropicais plantadas. Além da produção de celulose, a utilização da biomassa permite a geração de energia elétrica por meio de termelétricas a lenha, carvão vegetal ou gás de madeira, com elevado rendimento e baixo custo.

Cerca de 30% do território brasileiro é constituído por terras impróprias para a agricultura, mas aptas à exploração florestal. A utilização de metade dessa área, ou seja, de 120 milhões de hectares, para a formação de florestas energéticas, permitiria produção sustentada do equivalente a cerca de 5 bilhões de barris de petróleo por ano, mais que o dobro do que produz a Arábia Saudita atualmente.

José Walter Bautista Vidal. Desafios Internacionais para o século XXI. Seminário da Comissão de Relações Exteriores e de Defesa Nacional da Câmara dos Deputados, ago./2002 (com adaptações).

Para o Brasil, as vantagens da produção de energia a partir da biomassa incluem

- Ⓐ implantação de florestas energéticas em todas as regiões brasileiras com igual custo ambiental e econômico.
- Ⓑ substituição integral, por *biodiesel*, de todos os combustíveis fósseis derivados do petróleo.
- Ⓒ formação de florestas energéticas em terras impróprias para a agricultura.
- Ⓓ importação de *biodiesel* de países tropicais, em que a produtividade das florestas seja mais alta.
- Ⓔ regeneração das florestas nativas em biomas modificados pelo homem, como o Cerrado e a Mata Atlântica.

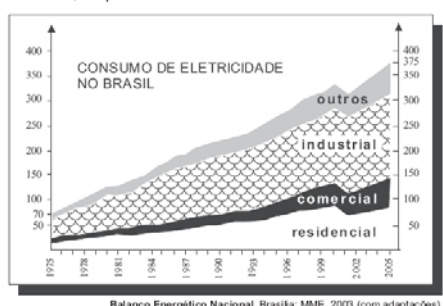
Na questão Q2008-27, a substituição do petróleo também é abordada, fornecendo dois argumentos para que ocorra a substituição desse combustível fóssil. O primeiro é de ordem econômica e ressalta a superioridade do potencial de produção energética do Brasil com este tipo de combustíveis com o de outros países exportadores de petróleo, como a Arábia Saudita. Com isso, ressalta a potencialidade do Brasil ser um exportador de energia. O segundo argumento é de caráter ambiental, não sendo o foco principal da questão, restringindo-se mais um fator favorável a adoção de tal combustível sem ampla discussão.

- c) **Temporalidade:** estão relacionadas à utilização de um, ou mais tipos de energia em certos períodos e também, refere-se a previsões futuras, representa 27% das

questões. Estão relacionadas aos descritores H4, H10, H12 e H26. Tomemos como exemplo a questão Q2008-30:

Q2008-30

O gráfico a seguir ilustra a evolução do consumo de eletricidade no Brasil, em GWh, em quatro setores de consumo, no período de 1975 a 2005.



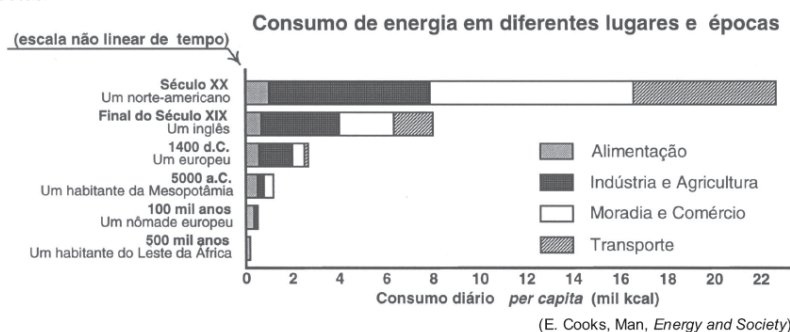
A racionalização do uso da eletricidade faz parte dos programas oficiais do governo brasileiro desde 1980. No entanto, houve um período crítico, conhecido como “apagão”, que exigiu mudanças de hábitos da população brasileira e resultou na maior, mais rápida e significativa economia de energia. De acordo com o gráfico, conclui-se que o “apagão” ocorreu no biênio

- A 1998-1999.
- B 1999-2000.
- C 2000-2001.
- D 2001-2002.
- E 2002-2003.

A questão Q2008-30 apresenta a evolução da utilização da energia elétrica no Brasil num período de 30 anos, quando, o consumo cresceu quase linearmente, com exceção do período ao qual a questão se refere 2000-2001, no qual ocorreu o “apagão” e logo em seguida a demanda de energia voltou a crescer na mesma taxa. Apesar da questão referir-se aos “hábitos da população brasileira”, também é possibilitava que o estudante analisar qualquer um dos setores individualmente, pois há uma redução do consumo em todos os ramos de consumo.

Q2004-63

O consumo diário de energia pelo ser humano vem crescendo e se diversificando ao longo da História, de acordo com as formas de organização da vida social. O esquema apresenta o consumo típico de energia de um habitante de diferentes lugares e em diferentes épocas.



Segundo esse esquema, do estágio primitivo ao tecnológico, o consumo de energia *per capita* no mundo cresceu mais de 100 vezes, variando muito as taxas de crescimento, ou seja, a razão entre o aumento do consumo e o intervalo de tempo em que esse aumento ocorreu. O período em que essa taxa de crescimento foi mais acentuada está associado à passagem

- (A) do habitante das cavernas ao homem caçador.
- (B) do homem caçador à utilização do transporte por tração animal.
- (C) da introdução da agricultura ao crescimento das cidades.
- (D) da Idade Média à máquina a vapor.
- (E) da Segunda Revolução Industrial aos dias atuais.

Nessa questão, identificamos a abordagem do crescimento do consumo de energia, e que o consumo de *energia* é de fundamental importância para o entendimento de processos políticos, econômicos, sociais e ambientais de cada época da questão.

d) Políticas e fontes de energia menos poluentes: são associadas aos fatores ambientais, pois o principal objetivo é a produção de energia com menor produção de resíduos tóxicos ao ambiente. Está associada aos descritores H4, H10, H12, H23, H26 e H27. Esta categoria representa também 27% das questões. Temos como exemplo a questão Q2008-32:

Uma fonte de energia que não agride o ambiente, é totalmente segura e usa um tipo de matéria-prima infinita é a energia eólica, que gera eletricidade a partir da força dos ventos. O Brasil é um país privilegiado por ter o tipo de ventilação necessária para produzi-la. Todavia, ela é a menos usada na matriz energética brasileira. O Ministério de Minas e Energia estima que as turbinas eólicas produzam apenas 0,25% da energia consumida no país. Isso ocorre porque ela compete com uma usina mais barata e eficiente: a hidrelétrica, que responde por 80% da energia do Brasil. O investimento para se construir uma hidrelétrica é de aproximadamente US\$ 100 por quilowatt. Os parques eólicos exigem investimento de cerca de US\$ 2 mil por quilowatt e a construção de uma usina nuclear, de aproximadamente US\$ 6 mil por quilowatt. Instalados os parques, a energia dos ventos é bastante competitiva, custando R\$ 200,00 por megawatt-hora frente a R\$ 150,00 por megawatt-hora das hidrelétricas e a R\$ 600,00 por megawatt-hora das termelétricas.

Época. 21/4/2008 (com adaptações).

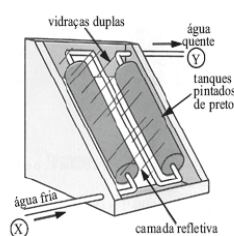
De acordo com o texto, entre as razões que contribuem para a menor participação da energia eólica na matriz energética brasileira, inclui-se o fato de

- A) haver, no país, baixa disponibilidade de ventos que podem gerar energia elétrica.
- B) o investimento por quilowatt exigido para a construção de parques eólicos ser de aproximadamente 20 vezes o necessário para a construção de hidrelétricas.
- C) o investimento por quilowatt exigido para a construção de parques eólicos ser igual a 1/3 do necessário para a construção de usinas nucleares.
- D) o custo médio por megawatt-hora de energia obtida após instalação de parques eólicos ser igual a 1,2 multiplicado pelo custo médio do megawatt-hora obtido das hidrelétricas.
- E) o custo médio por megawatt-hora de energia obtida após instalação de parques eólicos ser igual a 1/3 do custo médio do megawatt-hora obtido das termelétricas.

A questão apresenta a dificuldade de implantação de usinas eólicas para geração de energia elétrica. A energia produzida por usinas eólicas, depois de implantadas, tem um custo competitivo com as atuais fontes geradoras. Do ponto de vista ambiental ela é menos agressiva que os demais tipos referenciados pela questão, tendo o Brasil potencial, em termos de vento, necessário para a geração dessa forma de energia. Apesar disso, o grande obstáculo para sua utilização em grande escala é o custo inicial da implantação de parques eólicos. Esta questão pode proporcionar ao aluno uma reflexão crítica sobre o custo ambiental e econômico, permitindo que ambas as questões sejam colocadas simultaneamente na balança, tendo que assumir como referência tanto critérios econômicos e quanto ecológicos. A questão apresentada é um exemplo de questão que se enquadra nas categorias c) e d)

Ainda dentro dessa categoria, temos outro exemplo de uma forma de produzir energia ecologicamente mais correta é a obtenção de *energias elétrica e térmica* por meio da transformação da *energia solar*. Para a obtenção de *energia térmica* através da *energia solar* o processo é descrito na questão Q2007-43. A questão apresenta uma maneira para o aproveitamento da energia solar com fins domésticos. Também está relacionada à categoria “b) Economia” na classificação feita anteriormente, o chuveiro elétrico é o aparelho residencial que apresenta maior gasto energético e está diretamente associado à obtenção de água quente.

Nessa questão, placas solares são apresentadas como alternativa à obtenção de água quente. A questão mostra um equipamento que funciona como uma espécie de estufa. Este equipamento, porém depende da alta incidência de raios solares e em pequena escala para seu maior aproveitamento, o custo de instalação costuma ser alto de forma que o investimento pode levar de 2 a 3 anos para ter retorno. Portanto, aborda tanto a questão econômica quanto a ambiental.



O uso mais popular de energia solar está associado ao fornecimento de água quente para fins domésticos. Na figura ao lado, é ilustrado um aquecedor de água constituído de dois tanques pretos dentro de uma caixa termicamente isolada e com cobertura de vidro, os quais absorvem energia solar.

A. Hinrichs e M. Kleinbach. *Energia e meio ambiente*. São Paulo: Thompson, 3.ª ed., 2004, p. 529 (com adaptações).

Nesse sistema de aquecimento,

- A) os tanques, por serem de cor preta, são maus absorvedores de calor e reduzem as perdas de energia.
- B) a cobertura de vidro deixa passar a energia luminosa e reduz a perda de energia térmica utilizada para o aquecimento.
- C) a água circula devido à variação de energia luminosa existente entre os pontos X e Y.
- D) a camada refletiva tem como função armazenar energia luminosa.
- E) o vidro, por ser bom condutor de calor, permite que se mantenha constante a temperatura no interior da caixa.

Verificamos que 45% das questões abordam a *energia química*. Algumas questões referem-se a políticas e processos de melhor utilização de recursos minimizando a agressão ambiental, podendo ser através de combustíveis renováveis ou menos emissores de poluentes. Outro exemplo é o reaproveitamento de alguns subprodutos de processos industriais dentro do próprio processo. Além disso, temos também o aproveitamento de matéria orgânica que a princípio seria descartada para a produção de algum tipo de energia. A energia química geralmente aparece associada aos descritores H4, H8, H10, H12, H23, H26 e H27.

Q2004-39

Os sistemas de cogeração representam uma prática de utilização racional de combustíveis e de produção de energia. Isto já se pratica em algumas indústrias de açúcar e de álcool, nas quais se aproveita o bagaço da cana, um de seus subprodutos, para produção de energia. Esse processo está ilustrado no esquema ao lado.

Entre os argumentos favoráveis a esse sistema de cogeração pode-se destacar que ele

(A) otimiza o aproveitamento energético, ao usar queima do bagaço nos processos térmicos da usina e na geração de eletricidade.
 (B) aumenta a produção de álcool e de açúcar, ao usar o bagaço como insumo suplementar.
 (C) economiza na compra da cana-de-açúcar, já que o bagaço também pode ser transformado em álcool.
 (D) aumenta a produtividade, ao fazer uso do álcool para a geração de calor na própria usina.
 (E) reduz o uso de máquinas e equipamentos na produção de açúcar e álcool, por não manipular o bagaço da cana.

Como exemplo da categoria a questão Q2004-39, a qual aborda a reutilização de um subproduto, o bagaço da cana, como matéria prima do processo, que é queimada para a geração de calor utilizado na produção de eletricidade e dentro do próprio processo. Assim, fica evidente a preocupação com a utilização de um combustível renovável e com a diminuição do desperdício energético na geração de energia.

e) Conhecimento científico da energia química: Tem uma contribuição de 35%. Estas questões em geral não se comprometem com o contexto social do estudante. Elas abordam conceitos mais isolados da energia química e seus processos. Tratam do consumo e da produção de energia ligadas mais fortemente a processos bioquímicos do que sociais. Os descritores que são analisados nas questões são H8 e H9.

RESULTADOS

A análise aqui apresentada nos sinaliza algumas características recorrentes de abordagens de energia elétrica nas provas do Enem de 2004 a 2008, permitindo-nos inferir sobre possíveis perspectivas comuns. Algumas dessas perspectivas se referem à abordagem do conceito energia para avaliar a capacidade de interpretação crítica dos estudantes em relação nos contextos delimitados pelas questões. Pois, frequentemente, na abordagem do tema as questões têm como “pano de fundo” uma problemática que envolve uma região ou uma época. Com essa característica, identificamos que as questões em geral, trazem fatos e problemas atuais que ocorrem no Brasil, relacionados, sobretudo, a fatores econômicos e ambientais.

As formas de energia escolhidas, *química* e *elétrica*, indicam um papel fundamental no desenvolvimento tecnológico e científico de um país. Com isso, as abordagens relacionadas às esses tipos envolveram modelos de geração atuais e possíveis para o futuro. As questões analisadas nesse período trouxeram problemáticas comuns da atualidade ligadas à forma como são geradas e às soluções dos problemas enfrentados com as atuais fontes geradoras das mesmas. Os problemas se atentam à eficiência de cada uma das fontes

energéticas. Neste sentido, algumas questões que abordam o tema indicaram formas alternativas e mais eficientes, tanto do ponto de vista econômico quanto dos pontos de vista sociais e ambientais. Quanto à abordagem relacionada à temática ambiental, é frequente o direcionamento para o estabelecimento de uma matriz energética que utilize fontes menos agressoras ao meio ambiente e que possam ser viáveis economicamente para o Brasil.

O potencial brasileiro foi substancialmente citado nos mais diversos pontos de discussão. Foi destacado seu potencial de desenvolvimento de tecnologias de geração de energia e em alguns momentos, foi ressaltada a possibilidade do Brasil tornar-se um exportador de energia. Quanto ao problema de produção de energia, o mundo todo procura respostas muito similares aos do Brasil, pois quase todos esperam desenvolver e implantar tecnologias menos poluentes e diminuir a dependência do petróleo. A grande questão que acompanha a energia nos seus contextos globais está associada a como se desenvolver economicamente prejudicando o mínimo possível o meio ambiente, ou seja, desenvolvimento sustentável, pois as atuais fontes não possibilitam uma boa relação entre esses aspectos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Identificamos no Enem, características peculiares no modelo das questões que abordam o tema *energia*, geralmente atribuem ênfases a uma análise crítica de problemas que envolvem o Brasil e o Mundo, com isso o conhecimento mais amplo acerca de um assunto é mais valorizado. Em certos momentos, o exame faz uma abordagem com aspectos históricos que avaliam como os estudantes associam o surgimento e/ou desenvolvimento desses problemas. Essas características fogem do padrão de avaliação utilizado na maioria dos exames e concursos para o ingresso no Ensino Superior (os vestibulares), nos quais, detalhes de conceitos científicos são mais valorizados, dessa forma faz com que o estudante se concentre profundamente em certos pontos da questão, mas não possibilita uma maior associação com toda problemática. Verificamos que os descritores da Matriz do Novo Enem (BRASIL, 2009) podem ser agrupados em categorias que refletem o estilo das questões desse Exame. Neste sentido, o exame parece ser coerente com a sua proposta, propondo questões que se referem com as preocupações políticas e sociais atuais externalizadas no documento oficial. Isto também indica, que apesar da Matriz (BRASIL, 2009) ser elaborada para o ano de 2009, esta reflete uma tendência dos anos anteriores. Além disso, isto indica que o Enem é influenciado pelos PCN e PCN+. Este resultado concorda com o encontrado por Fernandes (2004), que identificou que alguns vestibulares sofriam a influência dos PCN e PCN+.

Dada a importância dos sistemas de avaliação e a importância do conceito energia, acreditamos que o desenvolvimento outras de pesquisas que avaliem como no Enem, este conceito é abordado no Ensino de Ciências é de significativa relevância para esta área de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BARBETTA, Pedro Alberto **Estatística aplicada às Ciências Sociais** 6^a.ed. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Matriz de referência para o Enem 2009. Brasília: MEC, 2009.

- COUTURE, Jean; MARTIN, Jean-Marie; KLEINPETER, Maxime & CHATEAU, Bertrand **ENERGIA: Perspectivas Globais 1985-2000, workshop on alternative energy strategies.** (Trad. Luiz Cintra do Prado), São Paulo: CESP/Cultura, 1979.
- FERNANDES, Simone Aparecida **O ensino de física no novo ensino médio e os processos seletivos para o ensino superior.** Dissertação de mestrado em física, Departamento de Física da UFMG, 2004.
- PACCA, Jesuína Lopes de Almeida **Um perfil dos candidatos ao vestibular da FUVEST :O exame de física e a identificação das estruturas de raciocínio.** Tese de doutorado USP, São Paulo, 1983.
- STRIEDER, Roseline Beatriz, **Abordagem CTS e o ensino médio: espaços de articulações.** Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, Área Física, Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP, 2008
- ZAIÑE, Najoua **Conceptual profile of pupils and students of the radiation.** In Proceeding of 41th International Conference E.S.E.R.A. (European Science Education Research Association) on Research and Quality of Science Education, 2003.
- DIAS, Rubens Alves MATTOS, Cristiano Rodrigues de. & BALESTIERI, José Antônio Perrella **Uso racional da energia: ensino e cidadania.** São Paulo: UNESP, 2006a.
- DIAS Rubens Alves , BALESTIERI, José Antonio & Mattos, Cristiano Rodrigues um exercício de uso racional da energia: o caso do transporte coletivo, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 1: p. 7-25, abr. 2006b.
- MATTOS, Cristiano Rodrigues de; DIAS, Rubens Alves; BALESTIERI, José Antonio Perrella . **The limits of human development and the use of energy and natural resources.** *Energy Policy*, Inglaterra, v. 34, p. 1026-1031, 2006a
- MATTOS, Cristiano Rodrigues de; DIAS, Rubens Alves BALESTIERI, José Antonio Perrella. **The limits of human development and the use of energy and natural resources.** *Energy Policy*, Inglaterra, v. 34, p. 1026-1031, 2006b
- BRASIL – Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Semtec. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.** Brasília: MEC/Semtec, 1999.
- BRASIL – Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Semtec. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- VIGGIANO, Esdras **Uma proposta de levantamento dos perfis conceituais de ensinar e aprender.** São Paulo, dissertação de mestrado do Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP, modalidade Ensino de Física, 2008.