

O CONCEITO DE ENERGIA E A PERSPECTIVA CTSA NAS QUESTÕES DO ENEM

Guaracira Gouvêa, Carmen Irene Oliveira
UNIRIO

RESUMO: O presente artigo se constitui em um recorte de uma pesquisa interinstitucional fundamentada na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, relacionada a ações junto ao segmento de professores da rede de ensino médio, tendo como fio condutor a problematização de conteúdos escolares e práticas docentes, por meio dos materiais didáticos e o desempenho dos estudantes no ENEM, considerando sua matriz de competências. Neste artigo, apresentamos resultados de uma parte da pesquisa que focaliza as questões do ENEM centradas no conceito de *energia*. A partir da leitura das questões foi elaborada uma categoria e subcategorias com o objetivo de perceber como as relações CTSA estavam presentes nas questões.

PALAVRAS-CHAVE: CTSA; ENEM; energia; ciência

INTRODUÇÃO

O presente artigo traz parte dos resultados do empreendimento de pesquisa, *Ensino de Ciências: desempenho de estudantes, práticas educativas e materiais de ensino*, que contou com o apoio do Edital01/2008/CAPES/INEP/SECAD do Programa Observatório da Educação, e se constituiu em uma ação interinstitucional entre a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e com Universidade de São Paulo (USP)¹. O grupo da UNIRIO desenvolveu pesquisas que abordam as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, problematizando o ensino das ciências e a educação ambiental em diferentes níveis e contextos educacionais. Especificamente nos estudos desse grupo, o foco está no conceito de energia.

MARCO TEÓRICO

Os autores adotados no referencial teórico na nossa pesquisa (Teixeira, 2003; Auler, 2007; Auler e DELIZOICOV, 2006; MUENCHEN, Auler, 2007; Santos, 2007) nos mostram como o contexto sobre o desenvolvimento em C&T e a decorrente perspectiva crítica são um dos elementos fundamentais para a emergência do Movimento CTS.

1. O projeto tem coordenação geral da Profa. Guaracira Gouvêa (UNIRIO). Pela UFRJ/NUTES, Profa. Isabel Martins e pela USP, o Prof. Cristiano Rodrigues de Mattos.

Teixeira (2003) coloca a origem do movimento em decorrência de reflexões sobre esse avanço da C&T que engloba questões ambientais e consequências oriundas da tecnologia pós-guerra. Aqui também é destacado o modelo linear e tradicional de progresso científico: desenvolvimento científico gera desenvolvimento tecnológico que gera desenvolvimento econômico que resulta, enfim, em desenvolvimento social. Dentre os objetivos do movimento, Teixeira (2003) elenca, a partir de vários autores: a) o desenvolvimento de uma cidadania responsável (individual e social) para lidar com problemas que têm dimensões científicas/tecnológicas; b) a formação de cidadãos para tratar com responsabilidade as questões sociais relativas à ciência; c) levar os alunos a desenvolver o interesse em relacionar a ciência com as aplicações tecnológicas e os fenômenos da vida cotidiana; d) tratar das implicações éticas e sociais do uso da ciência e da tecnologia; e) promover a compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico.

Auler (2007) elenca como objetivos da educação sob a perspectiva CTS tópicos bastante semelhantes: a) levar os estudantes a se interessarem em relacionar a ciência com aspectos tecnológicos e sociais; b) discutir na esfera do ensino as implicações sociais e éticas do uso da C&T; c) compreender a natureza da ciência e do trabalho científico; d) formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados com capacidade de tomar decisões com base em informações sobre C&T de modo crítico.

De um modo geral, percebe-se que a proposta do movimento é desenvolver uma perspectiva diferenciada, em relação aos modos de ensinar e perceber ciência até então em voga, da relação entre ciência e sociedade, tendo variáveis como ética, desenvolvimento social e perspectiva sócio-histórica e cultural a agir nessa nova concepção.

Auler e Delizoicov (2006) salientam que no início do movimento, no âmbito da América Latina, havia poucas ações institucionalizadas. Como diferencial, os autores mostram que o movimento CTS tem início e se propaga em países cujas condições materiais da população estavam razoavelmente satisfeitas, uma situação não encontrada no contexto da América Latina. Em outro trabalho, Auler (2007) indica que as discussões que têm como base o enfoque CTS estão ainda em construção. Essa diferença é importante para compreender como na esfera sul-americana outras concepções e encaminhamentos se incorporam. No Brasil, o diálogo entre o movimento CTS, a pedagogia histórico-crítica e as perspectivas de Paulo Freire começa a se tornar sólido nos anos de 1990.

Ao discutir delimitações e potencialidade de ações CTS no contexto brasileiro, Auler (2007) se propõe a analisar três dimensões que, segundo ele, de modo interdependente e em diferentes graus estão presentes na literatura sobre o tema: a abordagem de temas de relevância social, a interdisciplinaridade e a democratização de processos de tomada de decisão em temas envolvendo Ciência-Tecnologia. No que diz respeito especificamente à interdisciplinaridade, Auler nos mostra que ela se imporia face à superação de uma excessiva fragmentação disciplinar, que entendemos estar ligada aos problemas oriundos de uma perspectiva linear e positiva de ciência.

No contexto de nossa pesquisa, a perspectiva CTS é incorporada às discussões sobre ambiente, no sentido de destacar a importância de se estabelecer entre sociedade e ambiente, relações essas nem sempre explicitadas no contexto da discussão CTS, o que nos coloca alinhados ao movimento CTSA, que para nós significa tratar as situações problemas em suas dimensões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais.

METODOLOGIA

Os procedimentos de seleção das questões seguiram dois momentos:

a) Recorte de todas as questões que apresentam o termo “energia”, em qualquer parte da questão, perfazendo 62 questões. b) A partir desse conjunto, foi elaborada uma segunda seleção tendo em vista a pertinência aos objetivos da investigação. Assim, por exemplo, não foi selecionada uma questão onde o termo energia pertencia a um texto sobre horóscopo na prova de língua portuguesa. Com isso, che-

gamos a 53 questões que foram categorizadas a partir da categoria denominada conteúdo que emergiu da leitura das questões

A seguir, apresentaremos uma descrição das categorias, com alguns comentários sobre o comportamento no período analisado, e exemplos de algumas questões selecionadas para algumas categorias.

Categorias de conteúdo (CC)

As categorias de conteúdo foram construídas tendo em vista um levantamento do termo “energia” nas questões selecionadas. Elas sinalizam os modos e os contextos nos quais “energia” é referenciada, seja no enunciado ou nas opções de resposta. Seguem as categorias:

- a) referência ao consumo (CC1) – quando o termo está em um contexto no qual há referência ao consumo de energia, mas não ao impacto social, ou ambiental. O consumo está vinculado ao aspecto econômico e inclui possíveis discussões avaliativas sobre determinados recursos energéticos.

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

```

    graph LR
      subgraph INDUSTRIA_SUCROALCOOLEIRA [INDÚSTRIA SUCRO-ALCOOLEIRA]
        C[Combustível] --> P[Processo Industrial]
        CA[Cana-de-açúcar] --> P
        P --> A[Açúcar]
        P --> AL[Álcool]
        P --> B[Bagaço]
        B --> Cal[Calor]
        Cal --> Ele1[Eletricidade]
        Ele1 --> P
        Ele1 --> Ele2[Eletricidade]
      end
  
```

(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.

Fig. 1. Questão 39 do Enem 2004 (CC1)

- b) referência ao uso (CC2) - quando o termo está em um contexto no qual há referência aos tipos de energia. Não há qualquer referência a impactos e se refere ao uso da energia em sistemas isolados: físicos, biológicos, biofísicos e bioquímicos.
- c) referência a fontes (CC3) - quando o termo está em um contexto no qual há referência a fontes energéticas, tendo em vista os elementos ainda *in natura*, sem o tratamento para que se tornem recursos energéticos.
- d) referência ao impacto ambiental (CC4) - quando o termo está em um contexto no qual há referência ao impacto no meio ambiente, em específico. Nesta categoria, a questão das consequências está presente.

Questão 8

A economia moderna depende da disponibilidade de muita energia em diferentes formas, para funcionar e crescer. No Brasil, o consumo total de energia pelas indústrias cresceu mais de quatro vezes no período entre 1970 e 2005. Enquanto os investimentos em energias limpas e renováveis, como solar e eólica, ainda são incipientes, ao se avaliar a possibilidade de instalação de usinas geradoras de energia elétrica, diversos fatores devem ser levados em consideração, tais como os impactos causados ao ambiente e às populações locais.

RICARDO, B.; CAMPANILI, M. *Almanaque Brasil Socioambiental*. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2007 (adaptado).

Em uma situação hipotética, optou-se por construir uma usina hidrelétrica em região que abrange diversas quedas d'água em rios cercados por mata, alegando-se que causaria impacto ambiental muito menor que uma usina termelétrica. Entre os possíveis impactos da instalação de uma usina hidrelétrica nessa região, inclui-se

- A a poluição da água por metais da usina.
- B a destruição do *habitat* de animais terrestres.
- C o aumento expressivo na liberação de CO₂ para a atmosfera.
- D o consumo não renovável de toda água que passa pelas turbinas.
- E o aprofundamento no leito do rio, com a menor deposição de resíduos no trecho de rio anterior à represa.

Fig. 4. Questão 8 da Prova do Enem 2009 (CC4)

- e) referência aos recursos energéticos (CC5) - quando o termo está em um contexto no qual há referência aos recursos energéticos, como fontes de energia que já passaram por um tratamento como, por exemplo, de usinas nucleares. Esta categoria inclui possíveis discussões avaliativas sobre aspectos positivos ou negativos da geração de determinados recursos energéticos.

Questão 54

Não é nova a idéia de se extrair energia dos oceanos aproveitando-se a diferença das marés alta e baixa. Em 1967, os franceses instalaram a primeira usina "maré-motriz", construindo uma barragem equipada de 24 turbinas, aproveitando-se a potência máxima instalada de 240 MW, suficiente para a demanda de uma cidade com 200 mil habitantes. Aproximadamente 10% da potência total instalada são demandados pelo consumo residencial.

Nessa cidade francesa, aos domingos, quando parcela dos setores industrial e comercial pára, a demanda diminui 40%. Assim, a produção de energia correspondente à demanda aos domingos será atingida mantendo-se

- I todas as turbinas em funcionamento, com 60% da capacidade máxima de produção de cada uma delas.
- II a metade das turbinas funcionando em capacidade máxima e o restante, com 20% da capacidade máxima.
- III quatorze turbinas funcionando em capacidade máxima, uma com 40% da capacidade máxima e as demais desligadas.

Está correta a situação descrita

- A apenas em I.
- B apenas em II.
- C apenas em I e III.
- D apenas em II e III.
- E em I, II e III.

Questão 55

Fig. 5. Questão número 54 da Prova do Enem ano de 2006 (CC5).

RESULTADOS

No Gráfico 1 apresentamos o total das questões por categoria nas provas dos anos considerados. Observamos que a categoria dominante é a que denominamos de CC2, na qual energia é focalizada a partir do seu uso, sem consideração sobre os possíveis impactos associados. No outro extremo, temos a categoria com menor incidência no período abordado - CC3 -, que trata com a questão da fonte energética *in natura*. No Gráfico 2, desmembramos as categorias por prova. Nessa distribuição podemos observar que as categorias CC1 e CC2 são majoritárias nos anos iniciais do ENEM, e as categorias CC4 e CC5 estão ausentes. Este quadro se inverte nos anos finais analisados.

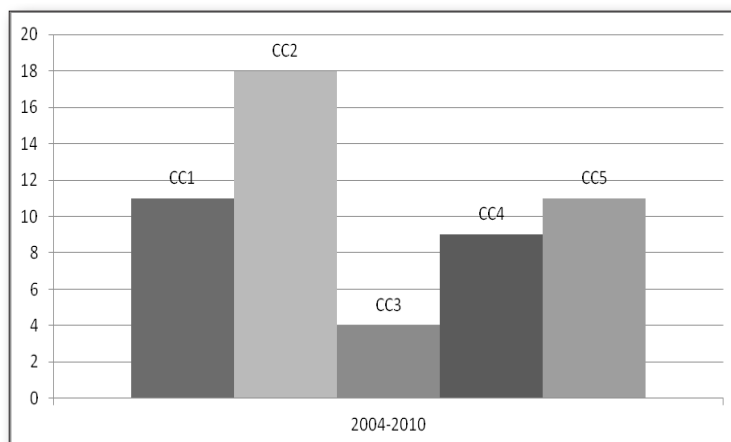


Gráfico 1. Quantitativo geral das categorias de conteúdo no período de 2004-2010.

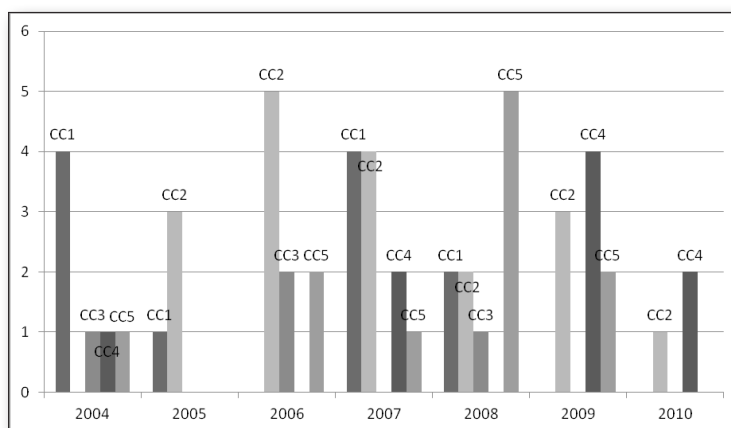


Gráfico 2. Quantitativo das categorias de conteúdo por ano de 2004 a 2010.

CONCLUSÕES

Observamos que no período entre 2004 a 2010 a abordagem da temática energia apresenta um ápice de 2006 a 2009, tendo em 2010 um decréscimo significativo. No que diz respeito à incidência das categorias de conteúdo em cada ano, ao longo do período de 2004 a 2010, observamos que há uma preponderância das questões da categoria CC2 (sobre o uso da energia em uma perspectiva diferente do consumo). Isto nos leva a pensar que a questão da energia é discutida, em relação ao uso, de forma

pouco problematizadora tendo em vista os impactos socioambientais. Tal fato torna-se mais evidente no ano de 2006, o que pode ser resultado de fatores contextuais que merecem ser examinados: equipe elaboradora das questões; contexto político; etc.

Os modos de problematizar a ciência, a ciência e a tecnologia e, por fim, a relação deste binômio com a sociedade e o ambiente, devem ser percebidos como intencionalidades tanto de pensar quanto de avaliar os problemas que envolvem o desenvolvimento científico. A preponderância das questões que abordam a ciência e a tecnologia indica que este é um binômio incorporado às questões de ciências. Isso fica mais claro quando comparamos a sua incidência com o pequeno quantitativo da categoria A (Ciência), possibilitando que entendamos o reforço da ideia de que ciência é igual à C&T. Além disso, se compararmos esse mesmo comportamento das questões que tratam só de tecnologia ou de C&T com o quantitativo de questões que abordam CTSA, podemos inferir que a ciência não é compreendida com suas relações com a sociedade e ambiente, e sim somente com a tecnologia. Constatamos que as questões categorizadas como CC2, que tratam do uso da energia em sistemas isolados, são em sua maioria questões de ciência pura ou de C&T, o que era de se esperar desse tipo de questão. Observamos, também, que as questões da categoria CC4 mostram que a relação ciência, tecnologia, sociedade e ambiente tem ligação estreita, nas provas, com a discussão dos impactos ambientais. No bojo dessa discussão, o fato de as questões CC3, que tratam da fonte in natura, serem minoria, parece indicar uma ausência da discussão sobre a origem das fontes de energia.

Destacamos, finalmente, que o comportamento geral das questões, conforme a nossa categorização inicia a discussão sobre os modos de problematização da relação CTSA no contexto de avaliações massivas; e objetiva refletir criticamente sobre os “modos de se perguntar” considerando o que se deseja “obter como resposta”.

REFERÊNCIAS

- AULER, Décio. (2007). Enfoque ciência-tecnologia sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, 1(nº esp), pp. 1-20.
- AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. (2006b.). Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), pp. 337-355.
- MUENCHEN, Cristiane; AULER, Décio. (2007). Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. *Ciência & Educação*, 13(3), pp. 421-434.
- SANTOS, Wildson Luiz P. dos. (2007). Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, 1(esp), pp. 12-22.
- TEIXEIRA, Paulo Marcelo M. (2003). A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, 9(2), pp. 177-190.