

Pesquisas sobre o ensino de matriz energética em periódicos nacionais e internacionais: desafios para a educação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)^{+*}

*Tiago Clarimundo Ramos*¹

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde
Rio Verde – GO

*Marcos Fernandes Sobrinho*²

Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí
Urutaí – GO

*Wildson Luiz Pereira dos Santos*³

Universidade de Brasília
Brasília – DF

Resumo

É consenso que a problemática energética global é permeada por uma diversidade de fatores, como preços e disponibilidade de recursos naturais; mas se deve, sobretudo, aos confortos e prosperidades tão defendidas desde a civilização industrial. Apesar disso, defende-se que melhor seria alcançar um desenvolvimento sem crescimento, visto que crescer de forma sustentável é sempre contraditório. Considerando que esses assuntos devem ser refletidos no âmbito de pesquisas em ensino de matriz energética, realiza-se, neste artigo, uma análise qualitativa de 37 estudos publicados no período de 1988 a 2013, em periódicos nacionais e internacionais das áreas de Educação e (ou) Ensino de Ciências de estratos webqualis A1, A2 e B1, em 2013, segundo a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); com objetivo de inventariar conhecimentos construídos, bem como, identificar se a discussão em torno

⁺ Researches about energy matrix teaching in national and international journals: challenges for Science-Technology-Society (STS) education

^{*} *Recebido: novembro de 2016.
Aceito: março de 2017.*

¹ E-mail: tiago.ramos@ifgoiano.edu.br

² E-mail: marcos.fernandes@ifgoiano.edu.br

³ E-mail: wildson@unb.br

da contradição do modelo de crescimento ilimitado vem sendo contemplada. No geral, constatou-se grande inquietação com o ensino conteudista, praticado de modo acrítico, nas diferentes disciplinas escolares (como Física, Química, Biologia, Ciências, Geografia, entre outras), com sinalizações de que a educação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) pode ser um caminho para sua ressignificação. No entanto, um aspecto por demais preocupante diz respeito ao silenciamento, em grande parte desses estudos, quanto à necessidade de se dedicar mais à problematização do modelo socioeconômico vigente, mormente no sentido de evidenciar que as demandas por energia, impostas pelo consumo desenfreado, são claramente insuportáveis.

Palavras-chave: *Ensino de matriz energética; Educação CTS; Degradação de energia.*

Abstract

It's consensual that the global energy issue is permeated by a great diversity of factors, as prices and availability of natural resources, due to, above all, the comfort and prosperities which have been so vigorously advocated since the industrial civilization. Nevertheless, it is defended that it would be better to achieve development without growing, as long as growing in a sustainable way is always considered paradoxical. Considering that these issues must be reflected in a scope of researches in energy matrix teaching, this article shows a qualitative analysis of 37 studies published from 1988 to 2013, in national and international journals in the field of Education and (or) Science Education of webqualis stratum A1, A2 and B1, in 2013, according to the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); aiming to record the knowledge built, as well as to identify if the discussion about the contradiction of the unlimited growing model is being observed. In general, it has been ascertained great unease regarding to the traditional education, uncritically applied in different school subjects (as in Physics, Chemistry, Biology, Science, Geography, among others), signaling that the Science-Technology-Society (STS) education can be a way for its ressignification. However, it is very worrisome the aspect of the omission, in great part of these studies, regarding to the necessity of focusing more on the problematization of the current socio-economic model, chiefly aiming to emphasize that the demand for energy, imposed by the rampant consumption, is clearly unbearable.

Keywords: *Energy Matrix Teaching; TST Education; Energy degradation.*

I. Introdução

É consenso que a problemática global da energia é permeada por uma diversidade de fatores, como preços e disponibilidade de recursos naturais; mas se deve, sobretudo, aos confortos e prosperidades tão defendidas desde a civilização industrial que, segundo Cechin (2010), originaram-se de uma matriz energética pautada no consumo excessivo, mormente de combustíveis fósseis que tem gerado sérios prejuízos socioambientais. Por isso, é tão relevante que o ensino de matriz energética (EME) nas disciplinas de Ciências Naturais ultrapasse demarcações do campo estritamente científico e inclua outras questões mais amplas que se articulam ao enfrentamento de limites no atual modelo de crescimento econômico a qualquer custo. É preciso olhar o grau de desenvolvimento de uma sociedade não apenas pela ótica econômica, com atenção especial para as interações humanas, no atendimento de suas necessidades e aspirações. Nesse cenário, entende-se que melhor seria alcançar um desenvolvimento sem crescimento, pois crescer de forma sustentável é sempre contraditório (CAVALCANTI, 2012).

Conforme apontado por Ramos, Fernandes Sobrinho e Santos (2016), as discussões sobre as questões energéticas na perspectiva crítica de educação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) é aquele que tem compromisso, sobretudo, com a emancipação dos sujeitos para a participação e engajamento com temas sociais relativos à ciência e tecnologia (SANTOS, 2008; AULER, 2011). Deve-se ressaltar que tal orientação de caráter crítico encontra-se assentada, principalmente, em aportes freirianos (FREIRE, 1982) e no Pensamento Latino-americano em Ciência-Tecnologia-Sociedade (PLACTS)⁴ (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996).

Nesse sentido, julga importante articular reflexões com os estudantes, para além de uma descarbonização das matrizes, em oposição à crescente demanda por energia imposta pelo crescimento econômico generalizado, que se mostra, por demais, insuportável e carrega consigo graves prejuízos socioambientais. Assim, recomenda-se aspirar não apenas por novas tecnologias de energia menos poluente e renovável, mas, sobretudo, pela instauração de novos modelos de ciência, de tecnologia e de sociedade, com vistas a proporcionar condições de vida dignas para as gerações de hoje e do futuro (RAMOS; FERNANDES SOBRINHO; SANTOS, 2016).

Considerando que esses assuntos devem ser refletidos no âmbito de pesquisas relativas ao EME, na condição de um estudo qualitativo (MOREIRA, 2011), realiza-se uma revisão de literatura com objetivo de inventariar conhecimentos construídos, bem como, identificar se a discussão em torno da contradição do modelo de crescimento ilimitado vem sendo contemplada em publicações de periódicos nacionais e internacionais das áreas de Educação e (ou) Ensino

⁴ De acordo com Dagnino, Thomas e Davyt (1996), desde sua gênese, na década de 1960, o PLACTS se configurou a partir de uma reflexão de ciência e tecnologia, como competência de políticas públicas, em oposição a um otimismo idealista do modelo de inovação científica e tecnológica que era inapropriado para atender a realidade social dos países periféricos.

de Ciências de estratos *webqualis* A1, A2 e B1⁵, em 2013, segundo a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Ao todo são analisados 37 artigos no período de 1988 a 2013, com destaque aos seguintes descritores: localidades do campo de pesquisa, temas, disciplinas e níveis de educação escolar contemplados nas investigações. Nesse processo, fez-se análise de todos os textos, na íntegra, e não apenas dos resumos. Igualmente, admite-se que este estudo se aproxima, em boa medida, de um “estado da arte”; haja vista que contém uma abrangente avaliação de conhecimentos provenientes de ampla produção de artigos relativa ao EME, tendo como preocupação:

[...] conhecer o já construído e produzido para depois buscar o que ainda não foi feito, de dedicar cada vez mais atenção a um número considerável de pesquisas realizadas de difícil acesso, de dar conta de determinado saber que se avoluma cada vez mais rapidamente e de divulgá-lo para a sociedade (FERREIRA, 2002, p. 259).

Assim sendo, há neste artigo uma revisão de literatura com indicativos relevantes do que vem sendo apontado por pesquisas relativas ao EME, com singulares interpretações dos autores sobre os trabalhos analisados e fecundas contribuições para a área de Educação/Ensino de Ciências. Ressalta-se, contudo, que o interesse por esse estudo teve origem em uma tese de doutorado (do primeiro autor) com encaminhamentos ao ensino de matriz energética na educação CTS, desenvolvida no Grupo de Pesquisa Educação Científica e Cidadania (GPECC), da Universidade de Brasília.

II. Levantamento de produção acadêmica relacionada ao ensino de matriz energética

Em consulta ao Portal de Periódicos da Capes foram selecionados para a pesquisa, conforme mostra o Quadro 1, 26 periódicos de estratos *webqualis* A1, A2 e B1, para 2013, nas áreas de Educação e (ou) Ensino, sendo dez nacionais e 16 internacionais. Nessa lista, dois periódicos nacionais estavam avaliados com *webqualis* A1, três com A2 e cinco com B1. No tocante aos periódicos internacionais, 11 estavam com A1, dois com A2 e três com B1. Em visitas aos *websites* desses periódicos, confirmou-se que todos os resumos e grande parte dos textos completos estavam disponíveis para *download* gratuito. Entretanto, alguns artigos internacionais tiveram de ser adquiridos com recursos próprios.

⁵ A opção por periódicos de estratos *webqualis* A1, A2 e B1 foi em razão de que fossem selecionados artigos submetidos a rigoroso processo de avaliação para serem publicados.

Quadro 1 – Periódicos nacionais e internacionais selecionados para análise, acompanhados dos respectivos estratos *webqualis* 2013.

Periódicos	Webqualis 2013
Alexandria	B1 (em Ensino)
Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)	B1 (em Educação e Ensino)
Ciência & Ensino (C&Ens)	B1 (em Ensino)
Ciência & Educação (C&Ed)	A1 (em Ensino)
Ensaio	A2 (em Educação e Ensino)
Experiências em Ensino de Ciências (EEC)	B1 (em Ensino)
Investigações em Ensino de Ciências (IEC)	A2 (em Educação e Ensino)
Química Nova na Escola (QNE)	B1 (em Ensino)
Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	A1 (em Ensino)
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)	A2 (em Educação)
Cultural Studies of Science Education (CSSE)	A1 (em Ensino)
Enseñanza de las Ciencias	A1 (em Educação e Ensino)
Góndola: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias (GEAC)	B1 (em Ensino)
International Journal of Science and Mathematical Education (IJSME)	A1 (em Educação)
International Journal of Science Education (IJSE)	A1 (em Educação e Ensino)
Journal of Research in Science Teaching (JRST)	A1 (em Educação)
Journal of Science Education and Technology (JSET)	A1 (em Educação)
Research in Science & Technological Education (RSTE)	A1 (em Ensino)
Research in Science Education (RSE)	A1 (em Educação e Ensino)
Revista de Educación de las Ciencias (REC)	A1 (em Ensino)
Revista de Enseñanza de la Física (REF)	B1 (em Educação e Ensino)
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)	A2 (em Educação e Ensino)
Revista Electrónica de Investigación en Educación em Ciências (REIEC)	A2 (em Ensino)
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (REEDC)	B1 (em Ensino)
Science & Education (S&E)	A1 (em Educação e Ensino)
Science Education (SE)	A1 (em Educação)

Fonte: Elaboração própria.

Em todas as buscas, primeiro aplicou-se o critério de que os artigos deveriam conter em seus títulos, resumos e (ou) palavras-chave, o termo energia (ou suas traduções *energy* e *energía*). Nos periódicos que dispunham de buscadores eletrônicos, a seleção se efetivou de

modo mais rápido, porém, na ausência desses, a exploração foi realizada diretamente no conjunto de edições disponíveis. Posteriormente, todos os trabalhos passaram por uma leitura fluente, a fim de que fossem selecionados para análise, apenas artigos com discussão de resultados de pesquisa que guardassem alguma relação com questões ligadas à matriz energética, produção e (ou) seu consumo. Assim, o levantamento dos artigos nos buscadores dos periódicos contemplou desde os primeiros volumes de indexação até os últimos de 2013. Conforme mostra a Tabela 1, foram identificados 37 artigos de investigação alocados em sete, dos dez periódicos nacionais; e em 11, dos 16 periódicos internacionais.

Tabela 1 – Distribuição dos artigos relacionados ao ensino de matriz energética por periódico.

Periódicos	Período analisado	Quantidade
Alexandria	2008 a 2012	2
CBEF	1984 a 2013	1
C&Ens	1996 a 2008	2
C&Ed	1998 a 2012	2
Ensaio	1999 a 2012	0
EEC	2006 a 2013	3
IEC	1996 a 2012	0
QNE	1995 a 2013	1
RBEF	1979 a 2013	4
RBPEC	2001 a 2013	0
CSSE	2006 a 2013	0
Enseñanza de las Ciencias	1983 a 2013	4
GEAC	2006 a 2013	1
IJSME	2003 a 2013	2
IJSE	1987 a 2013	4
JRST	1963 a 2013	1
JSET	1992 a 2013	4
RSTE	1983 a 2013	1
RSE	1971 a 2013	0
REC	2000 a 2013	0
REF	1985 a 2012	1
REEC	2002 a 2013	2
REIEC	2006 a 2013	0
REEDC	2004 a 2013	0
S&E	1992 a 2013	1
SE	1930 a 2013	1
Total de artigos		37

Fonte: Elaboração própria.

Em linhas gerais, os artigos selecionados contêm relevantes resultados de pesquisa. Igualmente, neste estudo, apresenta-se uma análise, em profundidade, de uma produção bastante diversificada relativa ao EME.

III. Ensino de matriz energética em artigos de investigação publicados em periódicos nacionais e internacionais

Neste estudo, todos 37 artigos analisados contêm resultados de investigações vinculadas ao EME e suas indexações remontam desde 1988 até 2013 (Fig. 1). Igualmente, despontam-se aspectos que são, sobretudo, fruto de interpretações qualitativas dos autores. Grande parte das publicações, principalmente nacionais, encontra-se concentrada a partir de 2001/2002; anos em que a população brasileira presenciou graves transtornos no suprimento de energia elétrica, inclusive, com apagões e medidas de racionamento impostas, à época, pelo governo federal (PINTO, 2015).

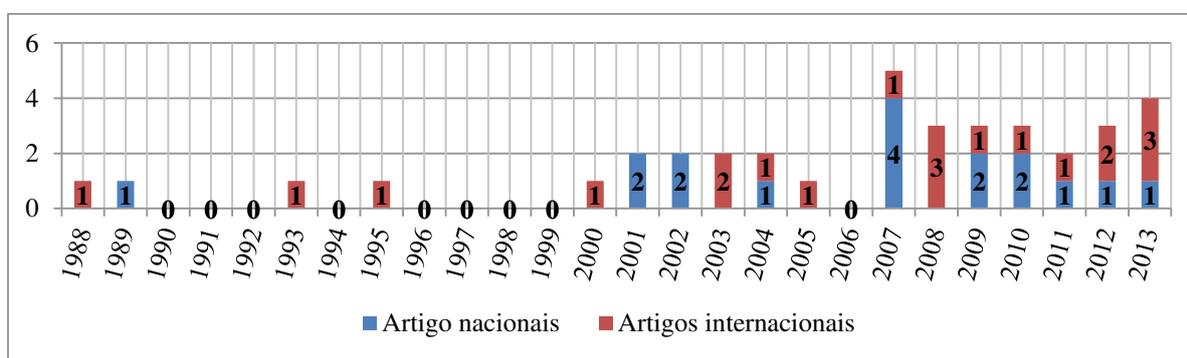


Fig. 1 – Distribuição de artigos por ano de publicação. Fonte: Elaboração própria.

É importante salientar que, no bojo dos artigos analisados, 17 referem-se a investigações realizadas no Brasil e 20 relacionadas a outros países da América do Sul, América do Norte, Oriente Médio, Europa, Ásia e Oceania (Fig. 2).

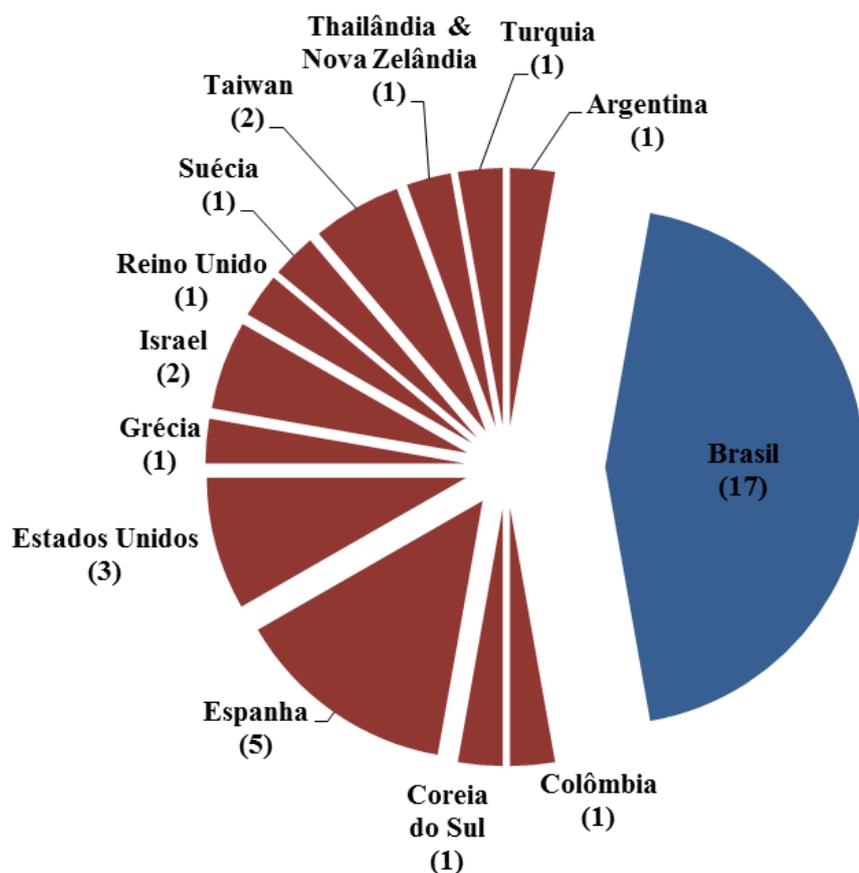


Fig. 2 – Distribuição dos artigos de investigação segundo a localidade do campo de pesquisa. Fonte: Elaboração própria.

Tanto os estudos brasileiros quanto os estrangeiros contemplam diferentes temas relacionados ao ensino de matriz energética (Tabela 2).

Tabela 2 – Quantitativo de artigos por temas relacionados ao ensino de matriz energética.

Temas	Cenário nacional	Cenário internacional
Produção, consumo energético e (ou) centrais elétricas	7	7
Energia solar	2	3
Radioatividade e energia nuclear	2	2
Biocombustíveis ou outras fontes alternativas de energia	5	5
Energia, sociedade, meio ambiente e (ou) sustentabilidade	1	3
Total	17	20

Fonte: Elaboração própria.

Além disso, esses estudos vêm ocorrendo em diferentes disciplinas da área de Ciências Naturais (como Física, Química, Biologia e Ciências), de Educação Ambiental, de Geografia, de Didática, entre outras. Contudo, enquanto no cenário nacional tenha-se constatado o seu predomínio em Física, Química ou Ciências (12/17); boa parte dos artigos internacionais (12/20) não informou as disciplinas.

Já em relação aos níveis de educação escolar (Tabela 3) contemplados nos artigos analisados, a maioria das pesquisas nacionais (11/17) e internacionais (15/20) é dirigida à educação básica; ainda que, de modo geral, há sinalizações de uma necessidade de investimentos em outros níveis, sobretudo, na formação de professores.

Tabela 3 – Quantitativo de artigos por níveis de educação contemplados nas pesquisas.

Níveis de educação	Cenário nacional	Cenário internacional
Educação básica	11	15
Educação básica e formação de professores	0	1
Educação básica e superior	1	0
Educação profissionalizante	1	0
Educação superior	2	2
Formação de professores	2	2
Total	17	20

Fonte: Elaboração própria.

Mais detalhes sobre esses estudos serão gradativamente explicitados à medida que se aprofundar os conhecimentos construídos na amostra de artigos de investigação analisada.

III.1 Estudos brasileiros

As 17 pesquisas realizadas no Brasil, apresentadas nas alíneas a seguir, contemplaram distintas disciplinas e níveis de educação escolar, sendo que nove delas tiveram seus campos de pesquisa centrados na Região Sudeste (sete em São Paulo, um no Rio de Janeiro e um em Minas Gerais); sete na Região Sul (quatro no Rio Grande do Sul e três em Santa Catarina); e apenas um na Região Nordeste (na Bahia).

a) Pesquisas brasileiras relacionadas ao tema produção, consumo energético e (ou) centrais elétricas

Motivados por um mito popular de que garrafas cheias de água mantidas próximas ao contador de energia elétrica reduzia o registro de consumo, Basso e Rocha Filho (2001) propuseram uma atividade experimental a alunos dos cursos de Física e Engenharia Elétrica com objetivo de esclarecer fisicamente a questão. Após a realização da prática, ambas as turmas puderam confirmar que, em termos físicos, as garrafas cheias de água próximas ao medidor da

companhia elétrica não produziam efeito significativo na leitura de consumo de energia. Contudo, a explicação apontada pelos estudantes para esse mito é que a presença visível das garrafas sobre o contador, sempre colocadas em um lugar de destaque na entrada da residência, atua como um ícone que (re)lembra, continuamente, o morador sobre a necessidade de economizar energia elétrica.

Diante da carência de material de ensino médio que trata da temática ambiental no contexto da geração de energia em larga escala, o artigo de Silva e Carvalho (2002) diz respeito a uma investigação que teve por objetivo identificar algumas possibilidades de como tratar, na forma de conteúdo escolar, alguns dos principais debates que ocorrem em produções técnicas e científicas. De acordo com o estudo, diversos elementos podem ser incorporados na abordagem do conteúdo, que contemplam desde uma análise técnica até outras dimensões históricas, econômicas, políticas, sociais e ambientais que se mesclam e se fundem. Nessa direção, os autores indicaram, em rara e singular observação, que uma possibilidade muito rica para ser explorada é o reconhecimento e questionamento da necessidade de produção crescente de energia elétrica, em contraponto aos impactos sociais e ambientais. Entretanto, admitiram que para alcançar uma conversão de saberes disseminados pelos meios técnicos e científicos em saber escolar, há outros problemas, relativos à formação dos professores e suas condições de trabalho, que precisam ser enfrentados.

Considerando a possibilidade de se construir estratégias para discutir e explorar a produção e consumo de energia elétrica como tema Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), Bernardo, Vianna e Fontoura (2007) realizaram uma pesquisa para compreender como um grupo de professores de Física do ensino médio lidava com essa questão. Com base nos resultados apresentados, houve evolução do grupo em relação à tomada de consciência da pertinência de CTSA para tratar da temática produção e consumo de energia elétrica. Entretanto, persistiu uma percepção limitada dos professores em relação à articulação dos diferentes aspectos que caracterizam a multidisciplinaridade CTSA. Na ótica desses autores, os elementos que parecem concorrer como limitações ao processo de construção das estratégias passam pela complexidade da própria formação dos professores que é carente de práticas CTSA.

Para tratar do tema “produção de energia elétrica” no nono ano do ensino fundamental e segunda série do ensino médio, Damasio e Tavares (2007) desenvolveram um projeto no qual os estudantes tiveram de pesquisar, estudar e debater as vantagens e desvantagens de diferentes alternativas energéticas. Em cada turma, o engajamento mais efetivo por parte dos professores de Física e Geografia contribuiu significativamente para orientar os estudos. Ao final, o projeto culminou com uma ampla apresentação e simulação de um julgamento no auditório da escola. Segundo os autores, houve grande receptividade e envolvimento de alunos e professores, sendo que a maior virtude do projeto foi, certamente, a de aproximar os estudantes de questões científicas que influenciavam seu cotidiano.

Em outro artigo, Prestes e Silva (2009) fizeram um estudo sobre as contribuições do educar pela pesquisa⁶ no ensino de energia com alunos do ensino médio. Nessa iniciativa, os estudantes foram envolvidos com um estudo de caso, no qual tiveram que decidir sobre qual seria o melhor sistema de geração de energia elétrica para abastecer as necessidades de uma casa. Com base nos resultados apresentados, a estratégia adotada favoreceu um cenário de permanente questionamento e convivência com o fato de que o conhecimento não é algo pronto. Para as autoras, esse tipo de trabalho pode ser bastante enriquecedor, pois permite ir além de uma visão disciplinar centrada no uso do livro didático e no professor.

Macedo e Silva (2010) investigaram, no âmbito do tema “produção de energia elétrica em larga escala”, formas de contextualização e visões de ciência e tecnologia presentes nos livros didáticos de Física, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (o, então, PNLEM) de 2007. Nesse estudo, os autores identificaram que embora o assunto tenha se manifestado em cinco das seis coleções recomendadas, em nenhum dos textos foram encontradas contextualizações em uma perspectiva crítica, no sentido de questionar mitos de neutralidade científica e determinismo tecnológico. De acordo com a pesquisa, a maioria dos livros analisados apresentava uma visão reducionista de ciência e tecnologia. Tais resultados foram considerados alarmantes, sobretudo porque esses materiais didáticos podem induzir professores a reforçarem em suas aulas uma perspectiva menos crítica de ciência e tecnologia.

De outro lado, em relação a uma polêmica instaurada na mídia sobre a construção da hidrelétrica de Belo Monte, Koepe, Lahm e Borges (2013) desenvolveram uma estratégia para trabalhar a questão ambiental com alunos do ensino fundamental. No artigo, os autores mencionaram a realização de seminários, visualizações de imagens orbitais no *Google Earth*, vídeos e discussões em grupo. Os resultados dessa pesquisa sinalizaram que as ideias desencadeadas pela turma durante as atividades contribuíram para a construção de uma visão antropocêntrica de natureza. Nessa perspectiva, os estudantes demonstraram estar preocupados com uma futura crise no setor de energia e passaram a emitir opiniões coerentes frente aos impactos ambientais e às injustiças sociais. Por fim, o estudo advertiu que evoluir como sujeito ecológico é um processo lento; mas entende-se que um ensino de Ciências, ao evocar elementos desencadeadores desse processo, “*pode subsidiar discussões que ampliem os horizontes dos alunos, impulsionando o desenvolvimento da consciência, a consolidação de justiça ecológica e a busca por transformações democráticas*” (KOEPE; LAHM; BORGES, 2013, p. 26).

b) Pesquisas brasileiras vinculadas ao tema energia solar

Pimentel, Luciano e Moraes (1989) apresentaram uma proposta de construção de aquecedor solar direcionada ao uso didático. No estudo, foram relatados resultados de alguns testes experimentais realizados com o protótipo que, segundo os autores, mostraram-se apropriados

⁶ Educar pela pesquisa é entendida como uma abordagem educacional construtivista que utiliza-se da pesquisa para introduzir o aprendiz em um processo de reconstrução do conhecimento que efetivamente fomenta sua aprendizagem. (DEMO, 2000).

para provocar discussões com estudantes tanto da educação básica quanto superior sobre os princípios de seu funcionamento, a potencialidade e o aproveitamento da energia solar.

Damasio e Steffani (2007) também desenvolveram em uma escola do ensino médio um projeto de construção de um aquecedor solar com garrafas de polietileno tereftalato (PET) e caixas longa-vida com o objetivo principal de despertar a consciência ecológica dos estudantes, pais e comunidade escolar. Segundo os autores, além de uma ampla divulgação das vantagens socioambientais do aquecedor, a iniciativa possibilitou aos professores de Física, Química, Geografia e Artes uma abordagem de diferentes conceitos com os alunos.

c) Pesquisas brasileiras pertinentes ao tema radioatividade e energia nuclear

Samagaia e Peduzzi (2004) desenvolveram um trabalho com alunos do ensino fundamental que contemplou discussões sobre Projeto Manhattan e energia nuclear. Com adoção da técnica *role-playing game* (ou jogo de papéis), houve também a exploração de um caso em que a classe teve de decidir sobre a liberação de uma verba bastante expressiva destinada a um fictício projeto de construção de uma superbomba, que seria utilizada para encerrar um conflito de grandes proporções. De acordo com os resultados apresentados, essa proposta se mostrou bastante produtiva no sentido de atender aos objetivos de uma abordagem CTS, de modo que os estudantes exercitaram o pensamento crítico e a responsabilidade social, em discussões voltadas à avaliação do custo-benefício do progresso científico e ética na tomada de decisão.

Almeida (2007), por sua vez, ao expor uma resenha do filme “Início do Fim” (sobre o Projeto Manhattan), destacou diversos trechos que reforçavam a pertinência de utilizá-lo como recurso didático para abordar as inter-relações CTS, no ambiente da sala de aula. No artigo, ainda foram apresentados resultados obtidos com sua aplicação em disciplinas de Didática e Prática de Ensino em um curso de Licenciatura em Física. De acordo com a autora, o filme possibilita introduzir desde discussões sobre concepções de ciência até outros debates em torno do uso de energia nuclear e produção da bomba atômica. Deve-se considerar, porém, que a diversidade de posições manifestada pelos estudantes é um indicativo de que a leitura do filme subentende um imaginário cuja construção não se inicia ao assisti-lo. Dessa forma, entende-se que “*as histórias de vida e condições socioculturais determinam posições que se manifestam nessas interpretações*” (ALMEIDA, 2007, p. 5).

d) Pesquisas brasileiras associadas ao tema biocombustíveis ou outras fontes alternativas de energia

Ao trabalhar o tema “Proálcool” nas aulas de Ciências do ensino fundamental, Andrade e Carvalho (2002) pesquisaram quais inter-relações CTS se faziam presentes nos posicionamentos dos estudantes. Durante um período de aproximadamente sete meses, um conjunto de atividades foi executado, intercalando conteúdos de energia previstos no currículo com discussões sobre o Proálcool. Como instrumentos de coleta de dados, os autores utilizaram registros em diário de observação e materiais produzidos pelos alunos (como, por exemplo, redações

e respostas a questionários). Com base nos resultados apresentados, as ideias dos estudantes demonstraram forte vínculo com o cotidiano e uma concepção de tecnologia muito associada a algo moderno, demarcando uma visão anistórica da mesma. Apesar disso, os adolescentes conseguiram estabelecer algumas inter-relações CTS associadas à tecnologia como agente facilitador da vida diária; contribuições do desenvolvimento científico-tecnológico à resolução de problemas sociais; ocorrência de problemas sociais advindos do desenvolvimento científico-tecnológico; e aspectos sociais e econômicos envolvidos na produção do conhecimento científico-tecnológico. De acordo com o estudo, estando o professor interessado e sendo lhe oferecidas condições para tal (como, por exemplo, disponibilidade de tempo para planejamento e reflexão), é possível sim, contemplar diferentes dimensões CTS no ensino de Ciências.

No artigo de Lindemann *et al.* (2009), foi realizada uma análise a respeito das compreensões dos professores sobre como introduzir o tema “biocombustíveis” nas aulas de Ciências. Na pesquisa, constatou-se que todos os conteúdos sugeridos pelo grupo tinham algum vínculo com a problemática ambiental, porém, seu ensino parece sofrer forte influência midiática. Segundo os autores, existe entre os professores uma concepção salvacionista de ciência e tecnologia. Além disso, parece que existe certa confusão com relação aos conceitos de interdisciplinaridade, contextualização, questionamento e problematização, pondo em evidência a necessidade de se investir na formação desses professores.

Brito e Sá (2010) realizaram uma pesquisa com estudantes do ensino médio, na qual tiveram de produzir argumentos, em um júri simulado, a respeito da instalação de uma fictícia fábrica de biodiesel. Para as autoras, embora a turma tenha apresentado algumas informações incorretas, as estratégias de estudo de caso e júri simulado se mostraram pertinentes para promover habilidades argumentativas, de maneira que os alunos conseguiram expor um grande número de argumentos estruturados, segundo um padrão toulminiano, com dados, justificativas, conclusões, apoios e refutações. Todavia, sugere-se, no artigo, que antes de solicitar a argumentação dos educandos é preciso explorar melhor os conhecimentos específicos e a extensão dos conteúdos pertinentes à situação tratada.

Com o objetivo de levar os alunos a investigarem o uso de novas fontes energéticas, Souza e Martins (2011) desenvolveram, em uma escola do ensino médio, um projeto intitulado “biogás - energia renovável para o futuro”. De acordo com o estudo, ao se envolverem com um trabalho de experimentação investigativa utilizando um biodigestor, os estudantes conseguiram compreender conceitos e reconhecer na prática a produção de biogás como uma alternativa viável econômica e ambientalmente.

Em outro artigo, Araújo e Formenton (2012) desenvolveram um estudo que consistiu em investigar as contribuições de uma abordagem CTS ao ensino do tema “fontes alternativas de energia automotiva”, em um curso técnico. Além da aplicação de pré e pós-teste, um conjunto de variadas atividades (como, por exemplo, estudos em grupo, seminário, debate e experimentação) foi empreendido com a turma. De acordo com a pesquisa, com esse trabalho, foi possível constatar avanços modestos por parte dos alunos na compreensão das inter-relações

CTS, principalmente, com relação ao fato de que o conhecimento científico é uma produção humana historicamente construída e que as decisões tecnocientíficas e políticas podem gerar sérias consequências à sociedade e ao meio ambiente. Ademais, os autores defenderam que a aquisição de conhecimentos não se encerra na sala de aula. Nessa direção, a apresentação de seminários e realização de debates demandou grande dedicação aos estudos, potencializando, assim, a aprendizagem dos educandos.

e) Pesquisa brasileira relacionada ao tema energia, sociedade e meio ambiente

Benjamin e Teixeira (2001) investigaram os efeitos da leitura de um texto paradidático sobre “Energia e Meio ambiente” na construção de conhecimentos relacionados às noções de energia e conscientização da problemática ambiental no ensino médio. Nesse estudo, as autoras analisaram redações dos alunos, respostas a questionários e entrevistas individuais. Segundo a pesquisa, embora parte da classe não tenha mostrado evolução em suas noções básicas sobre energia, no geral, a leitura contribuiu satisfatoriamente para gerar uma postura mais preocupada com a preservação do meio ambiente.

III.2 Estudos estrangeiros

As 20 pesquisas estrangeiras, apresentadas nas alíneas a seguir, também contemplaram distintas disciplinas, níveis de educação escolar e tiveram seus campos de investigação centrados na Argentina, Colômbia, Coreia do Sul, Espanha, Estados Unidos, Grécia, Israel, Nova Zelândia, Reino Unido, Suécia, Taiwan, Tailândia e Turquia.

a) Pesquisas estrangeiras relacionadas ao tema produção, consumo energético e (ou) centrais elétricas

No artigo de Gámez, Ruz e López (2013), houve uma preocupação em expor como o tema “produção e consumo de energia” era tratado nos livros didáticos de Física, Química e Ciências, adotados na educação secundária espanhola. Após análise de uma amostra de 36 títulos, as pesquisadoras concluíram que os manuais se dedicavam mais às implicações ambientais do que às questões econômicas e políticas. Constatou-se ainda que, no geral, a forma como os textos se apresentavam ocultava aos estudantes o lado controverso da temática. Alguns livros, por exemplo, chegaram a assumir o gás natural como uma fonte limpa de energia. Segundo a pesquisa, a abordagem presente nos livros não favorece a tomada de consciência sobre os reais problemas de energia.

Buscando entender como os estudantes da educação secundária lidavam com o processo de tomada de decisão em questões sociocientíficas, a pesquisa das estadunidenses Rose e Barton (2012) envolveu um estudo de caso, no qual, os jovens tiveram que se posicionar acerca da substituição de uma antiga central termelétrica a carvão por outra híbrida (a carvão e bio-

massa). Todas as sessões desenvolvidas em horário extraclasse foram gravadas em áudio e vídeo para análise. No artigo, as autoras optaram pela análise qualitativa dos posicionamentos de dois alunos, sendo que ambos apresentavam elevados desempenhos escolares e participavam de um grupo de estudos sobre “tecnologias de energia verde”. De acordo com os resultados apresentados, os alunos identificaram múltiplas razões que lhes davam suporte para tomarem suas decisões. Enquanto um deles reconheceu a central híbrida como uma solução associada a uma história de progresso, o outro demonstrou uma postura favorável, mas com ressalvas. Destacando a complexidade dessa questão, pontuou-se que as tomadas de decisão dos jovens refletem tensões entre suas compreensões científicas e experiências culturais. Nesse contexto, emergiram quatro temas de suas justificativas: (I) aquecimento global e seus impactos no futuro do planeta; (II) demanda e aumento do custo de energia; (III) desemprego e economia; e (IV) poluição como uma ameaça à saúde pública. De acordo com esse estudo, conclui-se que as experiências dos alunos integradas à instrução escolar são recursos legítimos para se promover a compreensão de questões sociocientíficas.

Em outro artigo, os estadunidenses Calhoun, Shrigley e Showers (1988) apresentaram um estudo que teve como propósito projetar um teste que fosse apropriado para avaliar atitudes de estudantes universitários, associadas ao uso de energia nuclear na geração de energia elétrica. Nessa direção, foi construído e validado um questionário de atitudes composto por 20 itens, em escala *Likert*, com indicadores positivos e negativos. Com base no estudo, o instrumento se mostrou viável para medir a qualidade de atitudes relacionadas ao uso de energia nuclear.

Em um estudo realizado em duas escolas secundárias em Taiwan, Yang e Anderson (2003) fizeram uma análise do raciocínio dos estudantes em um caso hipotético de contaminação de água em uma central nuclear a fim de identificar (1º) suas preferências por diferentes tipos de informações (científicas, sociais ou uma combinação); (2º) como seus modos de raciocínio se associavam a um tipo preferido de informação; e (3º) em que medida suas características, ligadas às bases de conhecimento, ditaram a preferência de um tipo de informação durante uma tomada de decisão. Na pesquisa, além de entrevistas semiestruturadas envolvendo um caso de contaminação na central nuclear, foi aplicado um teste de avaliação de preferência, com orientações (ou pontos de vista) científicas e sociais; e outro teste contendo itens sobre energia nuclear, propriedades atômicas e radioatividade. Com base nos resultados apresentados no artigo, a maioria dos estudantes se mostrou aberta a ambos os tipos de orientações (científicas e sociais combinadas); mas, alguns participantes foram classificados como “orientados mais cientificamente” ou “mais socialmente”. Contudo, a evidência de um raciocínio altamente polarizado (extremamente científico ou social) não se traduziu em garantia de respostas mais completas. Em contrapartida, os estudantes que apresentaram raciocínios com “orientações combinadas” foram mais aptos a projetarem diferentes perspectivas durante a análise da questão sociocientífica apresentada.

Em outra pesquisa desenvolvida em uma escola secundária em Taiwan, Wu e Tsai (2007) investigaram o raciocínio informal dos alunos em um estudo de caso relacionado à construção de uma nova central nuclear no país. Nesse trabalho, foi desenvolvida uma estrutura de análise com indicadores vinculados a (a) modos de tomada de decisão (intuitivo ou baseado em evidência) & mudança de posição (com posição mantida ou alterada); (b) modos de raciocínio (de orientação social, econômica, ecológica ou científica/tecnológica); e (c) níveis (ou qualidades) de raciocínio (argumento de suporte, contra-argumento ou refutação). Segundo os resultados apresentados no artigo, quase três quartos dos alunos decidiram com base em evidências, sendo que estes, após terem lido um relatório, tiveram maior inclinação a mudarem de posição com base na informação disponibilizada. De outro lado, os demais alunos, que decidiram de maneira intuitiva, foram mais propensos a manterem a posição original. Em média, os alunos utilizaram mais de dois modos de raciocínio, sendo que havia pouca recorrência à orientação científica/tecnológica, sinalizando certa dificuldade dos mesmos em estabelecer conexões entre conhecimentos tecnocientíficos e problemas reais. Pouco mais de três quintos dos estudantes apresentaram argumentos de suporte, mas com contra-argumentos de baixo nível e não conseguiram construir refutações. Os demais que tiveram raciocínios de nível elevado, além de recorrerem mais às múltiplas orientações (científica/tecnológica, social, econômica e ecológica), apresentaram não só argumentos de suporte, mas maior número de contra-argumentos e foram também os únicos a construir refutações. Segundo essa pesquisa, a proposição de mais contra-argumentos parece ter uma associação positiva (espécie de correlação) com a construção de refutação e a habilidade em usar mais modos de raciocínio.

Kiliç, Boyes e Stanisstreet (2013) também investigaram como os estudantes de três cidades turcas percebiam as vantagens e as desvantagens de se construir centrais nucleares naquele país. Com base na análise de questionários aplicados aos alunos, verificou-se que mais da metade do grupo pesquisado estava convencida das vantagens das centrais nucleares em termos de suficiência e fornecimento de energia; aproximadamente um terço considerou que esse tipo de sistema poderia gerar energia elétrica a um custo menor; e menos de um quinto admitiu que tais centrais eram seguras e ajudavam a reduzir o aquecimento global. Outro ponto destacado diz respeito ao fato de que os estudantes com mais idade foram menos pessimistas do que os mais jovens. Também foram registradas diferenças de gênero. De modo geral, as alunas deram mais atenção aos efeitos prejudiciais ao meio ambiente e aos seres vivos, enquanto que os alunos enfatizaram mais os interesses econômicos. Por outro lado, a pesquisa apontou que os estudantes em condições de risco, das escolas situadas em duas cidades consideradas como mais propícias à instalação de centrais nucleares, demonstraram maior preocupação com os aspectos negativos e valorizaram menos os aspectos positivos do que aqueles que residiam em cidades impróprias aos empreendimentos nucleares. Nesse estudo, os autores aconselharam que, ao expor a questão nuclear em sala de aula, é bom que o professor ofereça uma perspectiva equilibrada de riscos e benefícios, pois isso favorece a manifestação dos alunos com suas opiniões e seus valores.

Em outro estudo, desenvolvido na Coreia do Sul, Jho, Yoon e Kim (2013) investigaram como os conhecimentos de ciência e as atitudes dos estudantes de um curso universitário se relacionavam à tomada de decisão em um estudo de caso da geração nucleoeletrica naquele país. Nessa investigação, porém, não se ateuve ao processo pelo qual os alunos chegaram a determinada escolha. O que se fez foi uma análise de questionários aplicados antes e após a realização de um minicurso, de quatro semanas, no qual, os alunos exploraram vários assuntos ligados à energia nuclear. De acordo com os resultados apresentados, houve melhora significativa no desempenho dos estudantes acerca dos conhecimentos de ciência e de contexto, porém a tomada de decisão tanto no pré-teste quanto no pós-teste manteve-se a mesma. Além disso, foi identificada certa correlação entre as atitudes e a tomada de decisão dos alunos. De modo que aqueles que demonstravam atitudes mais positivas para com a energia nuclear foram mais propensos a optarem pela manutenção das centrais nucleares sul-coreanas.

b) Pesquisas estrangeiras associadas ao tema energia solar

Hugerat *et al.* (2003) desenvolveram um projeto intitulado “vila solar, iniciativa educacional para crianças”, em que o ambiente de uma escola israelense foi totalmente transformado para que os estudantes pudessem vivenciar a energia solar na prática. De acordo com o estudo, além de participarem da implantação de um novo sistema na escola, os educandos tiveram a oportunidade de realizar grupos de estudos e refletir sobre a importância dos recursos energéticos alternativos na sociedade.

Em outro artigo, Hugerat *et al.* (2004) avaliaram os impactos desses projetos de construção de modelos solares em três escolas israelenses. Na análise de questionários, foi possível constatar que esse tipo de trabalho tem grande aprovação por parte de estudantes, professores e pais, contando com repercussões positivas, tanto na aprendizagem dos conteúdos quanto socialmente.

Já Juez e Navarro (2008) desenvolveram e testaram um módulo didático de ensino de energia solar para a educação básica colombiana. Entre as atividades sugeridas, destacam-se leituras relacionados à evolução tecnológica, vídeos e experimentos sobre energia solar. De acordo com os autores, a proposta de articular conhecimentos de diferentes disciplinas como Física, Química, Biologia e Ciências Sociais se mostrou bastante viável e serviu de apoio aos professores na inclusão do tema em seus programas.

c) Pesquisas estrangeiras associadas ao tema radioatividade e energia nuclear

Gutiérrez *et al.* (2000) apresentaram um estudo sobre as concepções prévias dos alunos de escolas de nível médio argentinas, tendo como foco conceitos de Física Moderna ligados à radioatividade, estrutura atômica e energia nuclear. Nessa pesquisa, após aplicação e análise de quase 400 questionários, constatou-se que grande parte dos alunos (I) admitia a emissão radioativa, mas sem reconhecer que a liberação de energia alterava a estrutura da matéria; (II) reconhecia que a quantidade de radiação emitida se mantinha constante ou reduzia com o passar do

tempo; (III) aceitava que os átomos eram componentes da matéria, mas não tinha ideia acerca de suas dimensões; (IV) reconhecia a existência de forças nucleares, porém com ideias ambíguas quanto à natureza das mesmas; (V) associava energia nuclear, predominantemente, a perigo e poluição; (VI) considerava as reações nucleares (controladas) em um reator nuclear como sendo idênticas às que ocorrem em uma bomba atômica, demonstrando não conhecer bem o assunto fissão nuclear; e (VII) demonstrou desconhecer as centrais nucleares que funcionavam em seu país. Diante desse cenário, os autores recomendaram investir em novas alternativas metodológicas que possam auxiliar os alunos a superarem essa carência de conhecimentos acerca da energia nuclear.

No artigo de García Carmona e María Criado (2008), também foi feita uma análise do tratamento CTS atribuído à energia nuclear nos livros didáticos de Física e Química, adotados na educação secundária espanhola. Em um conjunto de onze livros, foram constatadas, em semelhantes proporções, duas tendências: uma direcionada a integrar CTS durante o desenvolvimento dos conteúdos básicos e outra que relegava tal abordagem às seções suplementares. Com base nessa pesquisa, menos de um quinto dos livros continha alguma atividade para ser desenvolvida pelos alunos. Mais da metade introduzia discussões sobre os aspectos ambientais e culturais, ainda que os aspectos sociais, econômicos e políticos tenham sido pouco explorados. Diante disso, os pesquisadores reconheceram a necessidade de se apelar aos editores para que deem mais atenção a CTS nos livros didáticos, além de incentivar os professores a construírem seus próprios materiais didáticos.

d) Pesquisas estrangeiras relacionadas ao tema fontes de energia

Após analisar propostas oficiais e entrevistas realizadas com professores, Abenza (1993) constatou que o ensino de energia na educação espanhola, de nível médio, tem-se pautado, exaustivamente, na exposição de definições científicas que carecem de conexões com aspectos sociais e tecnológicos presentes no cotidiano dos educandos. Diante disso, o autor apresentou uma estrutura alternativa para o ensino de energia e recursos energéticos que tem sido aplicada junto aos estudantes de um curso de formação inicial de professores de Ciências. No artigo, foram sugeridas orientações relativas ao planejamento, seleção de conteúdos e estratégias metodológicas para a sua implementação.

De outro lado, em um estudo com alunos do ensino primário no Reino Unido, Qualter (1995) identificou que grande parte das crianças detinha uma compreensão bastante deficitária acerca das fontes de energia, embora reconhecia que a energia elétrica era gerada e se transmitia pelos fios. De acordo com a pesquisa, houve também diferença de gênero associada a esse entendimento. De maneira que os meninos se mostraram mais propensos a reconhecer algumas fontes de energia e a relacionar produção e consumo de energia elétrica, em relação às meninas.

Em uma pesquisa realizada na Grécia, Liarakou, Gavrilakis e Flouri (2009) identificaram conhecimentos e atitudes de professores de ensino médio acerca das fontes renováveis de energia (FRE). Na análise de questionários aplicados a 121 professores de diferentes áreas

(como Ciências Naturais, Humanas, Tecnologia e Informação), constatou-se que as FRE mais conhecidas pelo grupo eram a eólica e a solar. Outras FRE, como hidráulica, geotérmica, biomassa e ondas, foram pouco citadas.

Além disso, a maioria dos professores reconheceu que os painéis fotovoltaicos transformam energia solar em elétrica; porém, apenas 25,5% admitiram que o aquecedor solar fosse um sistema ativo. Ao serem questionados sobre suas preferências, os professores, em sua grande parte, manifestaram-se contrários ao uso das fontes nucleares, mas favoráveis ao gás natural e às FRE. Com relação às expectativas para o futuro, os percentuais dos que apostavam nas fontes nucleares e no gás natural aumentaram, mas o percentual relativo às FRE reduziu significativamente. Para a maioria, a região onde habitava tinha potencial suficiente para atender quase todas as necessidades com base em suas FRE (principalmente, eólica e solar); e, além disso, não enxergou nenhum problema em residir próximo a uma central eólica ou solar.

No tocante aos impactos socioambientais, a maioria também discordou que as usinas eólicas prejudicavam a paisagem, mas não opinou sobre problemas de ruído produzido pelas aeroturbinas e danos aos pássaros. Quando questionados a respeito do fato de que as centrais solares usavam enormes áreas que poderiam ser ocupadas para outros fins, a maioria novamente não se posicionou. O mesmo ocorreu com relação à poluição visual. De acordo com os pesquisadores, essas evidências denotam insuficiência de conhecimento sobre o assunto.

Entretanto, abordando a questão do uso doméstico das FRE, grande parte dos professores respondeu que já fazia uso residencial de sistemas de aquecimento solar e gostariam de instalar aerogeradores e painéis fotovoltaicos caso tivesse alguma ajuda. Ao serem indagados sobre o que poderia ser feito para que eles tivessem melhores condições de incluírem em suas aulas discussões sobre as FRE, grande parte requereu cursos de formação continuada, material didático apropriado e currículo mais flexível. No estudo, os pesquisadores defenderam a promoção de encontros formativos com os professores com o propósito de tratar tanto da construção de novos conhecimentos sobre FRE como também das atitudes e valores relativos à educação ambiental.

Em outro artigo, Uskola, Maguregi e Jiménez Aleixandre (2010) fizeram uma análise das discussões orais de três grupos de estudantes universitários espanhóis, de uma disciplina de Educação Ambiental e Informal, frente a um estudo de caso em que os mesmos tiveram de escolher um sistema de aquecimento para ser instalado em uma hipotética edificação. Para solucionar o problema, foram lhes apresentadas cinco opções: usar óleo diesel, gás natural, propano, biomassa ou energia elétrica. Nesse cenário, buscou-se identificar os critérios usados pelos alunos na construção de seus argumentos. Segundo os resultados apresentados, foram assumidas sete categorias explícitas ou implícitas (fator econômico, poluição, pragmatismo/viabilidade técnica, conservação dos recursos energéticos, conforto, sustentabilidade ou outros relativos ao fator social e inovação) como critérios nas tomadas de decisão dos alunos. Todavia, a maioria optou pela energia elétrica, sendo que, no geral, o fator econômico e a poluição foram os critérios mais recorrentes. Com relação aos significados conceituais, somente um primeiro

grupo conseguiu distinguir claramente as fontes renováveis das não renováveis. Outros dois grupos, apesar de admitirem as fontes renováveis de energia como inesgotáveis, não conseguiram reconhecer, por exemplo, que a biomassa era uma fonte renovável. De outro lado, o conceito de sustentabilidade esteve mais presente nas discussões dos dois primeiros grupos. Além disso, no primeiro grupo, o conceito de sustentabilidade se mostrou claramente relacionado a futuras gerações; no segundo, os alunos não indicaram um significado para esse conceito; e, no terceiro grupo, um único aluno se manifestou a esse respeito, quando usou o fator tempo para expressar sua preocupação com as futuras alterações climáticas. Nesse estudo, as autoras destacaram que empreender esse tipo trabalho possibilita instaurar em sala de aula um contexto propício ao desenvolvimento de habilidades da tomada de decisão e do pensamento crítico, ambos objetivos da Educação em Ciências.

Bodzin (2012), por sua vez, desenvolveu um estudo em cinco escolas secundárias da Pensilvânia (Estados Unidos), no qual, se investigou os conhecimentos prévios dos alunos relacionados aos recursos energéticos e seus usos sociais. Nessa pesquisa foram aplicados questionários contendo 39 itens relacionados à (I) aquisição de recursos renováveis e não renováveis; (II) geração, armazenamento e transmissão de energia; e (III) consumo energético. De acordo com os resultados apresentados no artigo, os jovens demonstraram precária base conceitual acerca da energia e dificuldade em reconhecer impactos sociais e ambientais. Para o autor, o sucesso na aprendizagem dos alunos depende urgentemente da adoção de currículos mais apropriados. Além disso, é preciso que os professores sejam melhores formados para oferecer um ensino de qualidade, trabalhando a questão conceitual e suas implicações sociais e ambientais.

e) Pesquisa estrangeira relacionada ao tema energia, sociedade, meio ambiente e (ou) sustentabilidade

López Alcantud *et al.* (2005) apresentaram um programa para o estudo de energia com ênfase na promoção de comportamentos mais sustentáveis frente a atual situação de emergência planetária. Nesse trabalho, os autores apresentaram um conjunto de 69 atividades acompanhadas de comentários sobre os resultados alcançados tanto em cursos de formação de professores, bem como, com estudantes de escolas secundárias. Segundo o estudo, o esforço empreendido na proposta possibilita gerar nos alunos atitudes mais adequadas frente aos problemas globais da energia.

Já Yuenyong, Jones e Yutakom (2008) realizaram uma pesquisa com foco nas atitudes de jovens estudantes tailandeses e neozelandeses relacionadas a questões tecnológicas e sociais de energia. Após análise de respostas dos estudantes a questionários, os autores identificaram que os educandos guardavam diferentes julgamentos sobre o futuro do setor energético nos dois países. Enquanto, de um lado, os neozelandeses demonstraram avaliações mais ligadas à preservação ambiental e ao debate público, os tailandeses pautaram-se mais na cultura e no desenvolvimento nacional. No estudo, os autores defendem que é necessário ter certo cuidado quanto

às aproximações feitas no ensino de Ciências em diferentes países, pois “*sociedades, culturas e realidades ambientais diferentes conduzem a ideias normativas distintas por parte dos estudantes*” (YUENYONG; JONES; YUTAKOM, 2008, p. 309, tradução própria).

Preocupados com o estudo de sistemas sustentáveis de energia no ensino de Física da escola secundária sueca, Engström, Gustafsson e Niedderer (2011) realizaram uma pesquisa que se subdividiu em três fases. Na primeira, um grupo de onze especialistas de diversas áreas (Física, Ensino de Física e especialista do Setor de Energia) foi questionado sobre quais assuntos deveriam ser tratados com os estudantes. Em outras duas etapas, foram analisados alguns manuais didáticos e a prática de um professor.

De acordo com esses autores, das indicações dos especialistas emergiram vários assuntos que, após análise, conduziram a uma estrutura composta de cinco eixos: (A) noções básicas de Física, (B) suas aplicações aos fenômenos científicos e à tecnologia, e (C) ao contexto mais amplo das necessidades da humanidade e ética; (D) problemas de produção e uso da energia, conectado (E) às estratégias e soluções para o futuro. Constatou-se, ainda, que havia uma distribuição relativamente uniforme entre o quantitativo de indicações relacionadas à Física (categorias A e B) e à sociedade e soluções para o futuro (categorias C, D e E).

Com relação aos manuais didáticos, os pesquisadores identificaram que a maioria priorizava conceitos, leis e cálculos, de modo que outros contextos eram pouco contemplados. De igual modo, a análise de algumas aulas de Física mostrou que, na maior parte do tempo, o professor se dedicou às noções conceituais (de trabalho, energia cinética, etc.), sendo que algumas aplicações tecnológicas só foram apresentadas ocasionalmente. Questões como, por exemplo, sobre o uso de energias renováveis e melhor aproveitamento energético não foram mencionadas em momento algum. Na ótica dos autores, para tratar de um ensino de sistemas sustentáveis de energia, em nível médio de educação, faz-se necessário diversificar os contextos de sua abordagem, buscando atingir as categorias A, B, C, D e E. No entanto, para isso deve-se “*intensificar investimentos na reformulação de manuais e na formação dos professores*” (ENGSTRÖM; GUSTAFSSON; NIEDDERER, 2011, p. 1293, tradução própria).

IV. Síntese e assunções

Neste estudo, destaca-se que, especialmente no cenário nacional, diante da relevância da contextualização tão preconizada em recomendações de documentos educacionais oficiais (como antigos parâmetros curriculares nacionais, orientações complementares para o ensino médio, entre outros), a produção de artigos relacionada ao EME aumentou justamente a contar de 2001/2002, período em que o país teve a pior crise do setor elétrico de toda sua história.

Nesse sentido, revelou-se um forte indicativo de como as pesquisas associadas ao EME, no campo da Educação/Ensino de Ciências, foram influenciadas por conta de um momento adverso vivenciado no país. Igualmente, entende-se que isso tenha resultado de esforços em diferentes níveis de educação escolar, incluindo a formação de professores, passando a valorizar mais determinada questão de investigação a partir de um contexto concreto.

De modo geral, também constatou-se grande inquietação com o ensino conteudista praticado nas diferentes disciplinas escolares (como Física, Química, Biologia, Ciências, Geografia, entre outras). Outrossim, os principais temas contemplados nas pesquisas relacionadas ao EME foram “produção, consumo energético e (ou) centrais elétricas”; “energia solar”; “radioatividade e energia nuclear”; “biocombustíveis ou outras fontes alternativas de energia”; e “energia, sociedade, meio ambiente e (ou) sustentabilidade”.

De outro lado, como esperado, as disciplinas mais recorrentes foram da área de Ciências Naturais (Física, Química ou Ciências). Ao passo que poucas foram as iniciativas em que estiveram presentes mais de duas disciplinas. Isso posto, de certo modo, aponta para carências no EME em contemplar múltiplas dimensões do conhecimento (e não apenas do ponto de vista das Ciências Naturais); que segundo Auler, Dalmolin e Fenalti (2009) podem induzir a recaídas científicas.

Uma característica frequentemente criticada em pesquisas brasileiras e estrangeiras (PIMENTEL; LUCIANO; MORAES, 1989; SOUZA; MARTINS, 2011; GUTIÉRREZ *et al.*, 2000; entre outros) reside na ênfase ao ensino de conteúdos centrados na exposição de teorias e modelos distantes da realidade dos alunos, que dificulta adentrar na discussão de problemas energéticos de relevância social. Porém, diante dessa preocupação, diversos pesquisadores (ANDRADE; CARVALHO, 2002; SAMAGAIA; PEDUZZI, 2004; GÁRCIA CARMONA; MARÍA CRIADO, 2008; entre outros) têm defendido que CTS pode ser um caminho para a ressignificação desse ensino.

É preciso considerar que a sociedade está cada vez mais conectada a conhecimentos científicos e tecnológicos para os mais diversos fins, tomadas de decisões e novas intervenções. Apesar disso, enquanto de um lado os jovens interagem constantemente com novos hábitos de consumo e criam novas formas de interação com o ambiente; paradoxalmente, a escola continua sendo conteudista e afastada da vivência deles. De modo que não se estabelece relações entre ciência, tecnologia, sociedade, ambiente, benefícios e malefícios dos chamados avanços tecnológicos (JULIO, 2010).

Nesse contexto, contudo, um aspecto por demais preocupante diz respeito ao silenciamento, em grande parte das pesquisas associadas ao EME, quanto à necessidade de se dedicar mais à problematização do modelo socioeconômico vigente, mormente no sentido de apontar que as demandas por energia, impostas pelo consumo desenfreado, são claramente insuportáveis (CECHIN, 2010; GEORGESCU-ROEGEN, 1971). Porquanto, no lugar de assumir um compromisso mais incisivo, os pesquisadores têm apontado posturas relativamente tímidas, geralmente, reduzindo essa discussão apenas ao nível de consequências de aplicação ou uso que se faz de diferentes fontes energéticas.

Usar temas sociais apenas como fator de motivação para “transmitir conteúdos” sinaliza para uma vertente equivocada de CTS, muitas vezes, entendida apenas como metodologia de apoio ao ensino e aprendizagem de conceitos. Esta, porém, distancia-se bastante de uma dimensão política de emancipação dos sujeitos e de democratização de processos decisórios

(AULER; DALMONIN; FENALTI, 2009). Entretanto, é de se esperar que as propostas de ensino tenham maior preocupação com a formação dos jovens, no sentido de transformá-los em uma geração de sujeitos livres, que sejam capazes de compreender por si mesmos o Universo que os cerca e sua real significação (JAPIASSU, 2005). Por isso, o argumento de relevância social do ensino de Ciências jamais deve ser posto a serviço de um discurso de manutenção do *status quo* do processo opressor que marca o mundo globalizado, em que valores de dominação, poder e exploração sobrepõem às condições humanas (SANTOS, 2008).

Em contrapartida, importa contrapor-se tanto à ideia de um presente bem-comportado como de um futuro pré-dado, conforme critica Freire (1982), em que alguns se julgam autorizados a proibir outros de serem sujeitos de sua própria história. Para Auler (2011, p. 92), reduzir o papel da educação à apropriação da cultura implica adaptar e aceitar uma “*cultura que é consumista (pano de fundo à degradação socioambiental), de valores consumistas, de valores tecnocráticos, alicerces da sociedade industrial capitalista, ou seja, sua reprodução*”.

As tentativas de negar a contradição entre o crescimento contínuo na economia e a conservação da natureza fazem com que muitas reivindicações atuais sejam quase esquizofrênicas, pois ao mesmo tempo em que se pede mais e mais crescimento, se pede também para salvar o planeta (CECHIN, 2010, p. 178).

Por mais que seja importante estabelecer uma nova matriz energética, no sentido de buscar outras fontes que sejam renováveis e menos poluentes, deve-se admitir que essa saída tem limitações. Isso porque, de fato, não haveria, dentro do atual modelo socioeconômico, recursos suficientes para atender uma crescente demanda de produção que comporta processos irreversíveis de intensa degradação de energia (CECHIN, 2010; GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

No entendimento de Léna (2012), resta pouco tempo para reverter o atual modelo de desenvolvimento e isso requer profundas mudanças na sociedade; haja vista que o metabolismo da humanidade, marcado pela destruição de ecossistemas e biodiversidade, consumo de matérias-primas renováveis e não-renováveis, produção de lixo e poluição, tem atingido dimensões alarmantes e chega a por em risco sua própria existência, ao menos na forma com que se concebe a civilização.

Considerando que a ficção de crescer infinitamente em um mundo finito não se sustenta (LÉNA, 2012), importa que os educadores que atuam em CTS possam tratar das questões de energia com rejeição às soluções tecnocientíficas milagrosas.

[...] estabelecer relações de compromisso entre o conhecimento tecnocientífico e a formação para o exercício de uma cidadania responsável, visando à máxima participação democrática, implica criar condições para um ensino de Ciências contextualizado, social e ambientalmente referenciado e comprometido (von LINSINGEN, 2007, p. 14).

Não obstante, sem qualquer pretensão de prescrever uma sequência de tópicos ou protocolos para serem incorporados em sala de aula, aponta-se com o presente trabalho, sobretudo, para a necessidade de se ampliar as discussões com os estudantes sobre outras providências que vão desde a redução no consumo mundial com mudanças em estilos de vida e limitação de crescimento demográfico a investimentos em pesquisa, medidas educativas, entre outros (VILCHES; GIL PÉREZ, 2008).

Fazer com que justiça social ande de mãos dadas com sustentabilidade e que não seja utopia a mais, é outro desafio. O antigo e reconhecido fosso de desigualdades que separa a população mundial, terá que ser, necessariamente, considerado se a questão da sustentabilidade for levada a sério (VEIGA; ISSBERNER, 2012, p. 129).

Há de convir, contudo, que inovações de práticas pedagógicas voltadas ao ensino de matriz energética na educação CTS não é algo simples; justamente porque o educador não pode se omitir do compromisso de instigar o educando a refletir sobre “*sua condição no mundo frente aos desafios postos pela ciência e tecnologia*” (SANTOS, 2008, p. 122). Destarte, tendo em vista a amplitude dessa preocupação, recomenda-se enfrentar essa questão desde a formação de professores a fim de que se consiga despertar, principalmente naqueles que ministram disciplinas da área de Ciências Naturais, concepções mais críticas de inter-relações CTS, orientadas por outro modelo de desenvolvimento e que possam colocar em xeque o mito de “crescimento ilimitado”.

Referências

- ABENZA, L. M. H. Tareas de planificación del modulo <la energía y los recursos energéticos> en el marco de la formación del profesorado. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 247-254, dez. 1993.
- ALMEIDA, M. J. P. M. Um olhar na perspectiva do ensino de inter-relações entre ciência, tecnologia e ambiente: o início do fim. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, p. 1-5, nov. 2007.
- ANDRADE, E. C. P.; CARVALHO, L. M. O Proálcool e algumas relações CTS concebidas por alunos de 6ª série do ensino fundamental. **Ciência & Ensino**, v. 8, n. 2, p. 167-185, 2002.
- ARAÚJO, M. S. T.; FORMENTON, R. Fontes alternativas de energia automotiva no ensino médio profissionalizante: análise de uma proposta contextualizada de ensino de Física em um curso técnico. **Alexandria**, v. 5, n. 1, p. 33-61, mai. 2012.
- AULER, D. Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora UnB, 2011.

AULER, D.; DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI, V. S. Abordagem temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. **Alexandria**, v. 2, n. 1, p. 67-84, mar. 2009.

BASSO, D.; ROCHA FILHO, J. B. Garrafas de água em contadores residenciais de energia elétrica: desfazendo um mito. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 18, n. 1, p. 56-64, abr. 2001.

BENJAMIN, A. A.; TEIXEIRA, O. P. B. Análise do uso de um texto paradidático sobre energia e meio ambiente. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 74-82, mar. 2001.

BERNARDO, J. R. R.; VIANNA, D. M.; FONTOURA, H. A. Produção e consumo da energia elétrica: a construção de uma proposta baseada no enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA). **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, p. 1-12, nov. 2007.

BODZIN, A. Investigating Urban Eighth-Grade Students' Knowledge of Energy Resources. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 8, p. 1255-1275, 2012.

BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sociocientíficas com alunos do ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n.3, p. 505-529, 2010.

CALHOUN, L.; SHRIGLEY, R. L.; SHOWERS, D. E. Designing the nuclear energy attitude scale. **Science Education**, v. 72, n. 2, abr. 1988.

CAVALCANTI, C. Só existe desenvolvimento sustentável: a economia como parte da natureza. In: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. dos (Orgs.). **Enfrentando os limites do crescimento**: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

CECHIN, A. **A natureza como limite da economia**: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen. São Paulo: Editora Senac, 2010.

DAGNINO, R.; THOMAS, H.; DAVYT, A. El pensamiento em ciência, tecnología y sociedad em latinoamérica: uma interpretación política de su trayectoria. **Redes (Bernal)**, v. 3, n. 7, p. 13-51, 1996.

DAMASIO, F.; TAVARES, A. O ensino de Ciências através de debate sobre as alternativas energéticas com enfoque na questão ambiental. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 2, p. 57-68, ago. 2007.

DAMASIO, F.; STEFFANI, M. H. Ensinando Física com consciência ecológica e com materiais descartáveis. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 593-597, dez. 2007.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Autores Associados, 2000.

ENGSTRÖM, S.; GUSTAFSSON, P.; NIEDDERER, H. Content for teaching sustainable energy systems in physics at upper secondary school. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 9, n. 6, p. 1281-1304, dez. 2011.

FERREIRA, N. S. A. As pesquisas denominadas “estado da arte”. **Educação & Sociedade**, v. 23, n. 79, p. 257-272, ago. 2002.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. – 11ª Edição – Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982.

GÁMEZ, C. M.; RUZ, T. P.; LÓPEZ, A. J. El problema de la producción y el consumo de energía: ¿como es tratado en los libros de texto de educación secundaria? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 31, n. 2, p. 153-172, 2013.

GARCÍA CARMONA, A.; MARÍA CRIADO, A. Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de Física y Química de la ESO. **Enseñanza de las Ciências**, v. 26, n. 1, p. 107-124, 2008.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The Entropy law and the economic process**. Cambridge: Harvard University Press, 1971.

GUTIÉRREZ, E. E. et al. ¿Qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 2, p. 247-254, ago. 2000.

HUGERAT, M. et al. Solar village: education initiative for kids. **Journal of Science Education and Technology**, v. 12, n. 3, p. 309-315, set. 2003.

HUGERAT, M. et al. The impact of implementing an educational project, the solar village, on pupils, teachers, and parents. **Journal of Science Education and Technology**, v. 13, n. 2, p. 277-283, jun. 2004.

JAPIASSU, H. **Ciência e destino humano**. Rio de Janeiro, Himago, 2005.

JHO, H.; YOON, H. G.; KIM, M. The relationship of science knowledge, attitude and decision making on socio-scientific issues: the case study of students' debates on a nuclear power plant in Korea. **Science & Education**, v.22, n. 9, p. 1-22, set. 2013.

JUEZ, J. F.; NAVARRO, J. L. Modulo para la Enseñanza de la energía solar como una propuesta interdisciplinar para la Enseñanza de las ciencias en niveles de educación básica y media en Colombia. **Góndola: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 3, n. 1, p. 1-6, jul. 2008.

JULIO, A. B. **As atitudes de alunos do ensino médio em relação a ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTS-A) no contexto da produção de cana de açúcar e etanol**. 2010. 130 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, UNIMEP, Piracicaba.

KILINÇ, A.; BOYES, E.; STANISSTREET, M. Exploring students' ideas about risks and benefits of nuclear power using risk perception theories. **Journal of Science Education and Technology**, v. 22, n. 3, p. 252-266, jun. 2013.

KOEPE, C. H. B.; LAHM, R. A.; BORGES, R. M. R. Usina hidrelétrica de Belo Monte: uma polêmica atual para despertar a educação ambiental crítica. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 17-28, mai. 2013.

LÉNA, P. Os limites do crescimento econômico e a busca pela sustentabilidade: uma introdução ao debate. In: LÉNA, P; NASCIMENTO, E. P. dos (Orgs.). **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

LIARAKOU, G.; GAVRILAKIS, C.; FLOURI, E. Secondary school teachers' knowledge and attitudes towards renewable energy sources. **Journal of Science Education and Technology**, v. 18, n. 2, p. 120-129, abr. 2009.

LINDEMANN, R. H. et al. Biocombustíveis e o ensino de ciências: compreensões de professores que fazem pesquisa na escola. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 342-358, 2009.

LÓPEZ ALCANTUD, J. et al. Papel de la energía en nuestras vidas: una ocasión privilegiada para el estudio de la situación del mundo. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 18, n. 2, p. 53-91, 2005.

MACEDO, C. C.; SILVA, L. F. Contextualização e visões de ciência e tecnologia nos livros didáticos de Física aprovados pelo PNLEM. **Alexandria**, v. 3, n. 3, p. 1-23, nov. 2010.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

PIMENTEL, J. R.; LUCIANO, E. A.; MORAES, M. B. Sistema de aquecimento solar didático. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 11, n. 1, p. 3-14, dez. 1989.

PINTO, T. S. "O apagão energético de 2001"; **Brasil Escola**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/historiab/apagao.htm>>. Acesso em: 23 de setembro de 2015.

PRESTES, R. F.; SILVA, A. M. M. As contribuições do educar pela pesquisa no estudo de questões energéticas. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 7-20, ago. 2009.

QUALTER, A. A source of power: young children's understanding of where electricity comes from. **Research in Science & Technological Education**, v. 13, n. 2, p. 177-186, 1995.

RAMOS, T. C.; FERNANDES SOBRINHO, M.; SANTOS, W. L. P. dos. Ensino de matriz energética na educação CTS: uma demarcação conceitual. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 1296-1310, 2016.

ROSE, S. L.; BARTON, A. C. Should great lakes city build a new power plant? How youth navigate socio-scientific issues. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 5, p. 541-567, mai. 2012.

SAMAGAIA, R. R.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma experiência com o Projeto Manhattan no ensino fundamental. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 259-276, 2004.

SANTOS, W. L. P. dos. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino CTS. **Alexandria**, v. 1, n. 1, p. 109-131, mar. 2008.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. A temática ambiental e o ensino de Física na escola média: algumas possibilidades de desenvolver o tema produção de energia elétrica em larga escala em uma situação de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 3, p. 342-352, set. 2002.

SOUZA, F. L.; MARTINS, P. Ciência e tecnologia na escola: desenvolvendo cidadania por meio do projeto “biogás – energia renovável para o futuro”. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 1, p. 19-24, fev. 2011.

USKOLA, A.; MAGUREGI, G.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. The use of criteria in argumentation and the construction of environmental concepts: a university case study. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 17, p. 2311-2333, nov. 2010.

VEIGA, J. E.; ISSBERNER, L. Decrescer crescendo. In: LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro dos (Orgs.). **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012, p. 107-134.

VILCHES, A.; GIL PÉREZ, D. La sostenibilidad y el debate nuclear. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 5, n. 1, p. 94-99, jan. 2008.

von LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v.1, n. especial, p. 1-19, nov. 2007.

WU, Y.; TSAI, C. High school students’ informal reasoning on a socio-scientific issue: qualitative and quantitative analyses. **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 9, p. 1163-1187, jul. 2007.

YANG, F.; ANDERSON, O. Roger. Senior high school students’ preference and reasoning modes about nuclear energy use. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 2, p. 221-244, fev. 2003.

YUENYONG, C.; JONES, A.; YUTAKOM, N. A comparison of Thailand and New Zealand students ideas about energy related to technological and societal issues. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 6, n. 2, p. 293-311, jun. 2008.