



## UM EXEMPLO DE PESQUISA-AÇÃO NA INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

### AN EXAMPLE OF RESEARCH-ACTION IN THE INSERTION OF MODERN PHYSICS IN HIGH-SCHOOL

CAMPOS, Lidiane Benites<sup>1</sup>

PORTO, Claudio Maia<sup>2</sup>

CRUZ, Frederico Alan de Oliveira<sup>3</sup>

PORTO, Maria Beatriz Dias da Silva Maia<sup>4</sup>

#### RESUMO

Este trabalho apresenta um exemplo de inserção de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física da Educação Básica. A partir de uma abordagem CTS, que acentua o caráter significativo do conhecimento, evidenciando suas relações com os vários aspectos da organização social, e da metodologia da Pesquisa-ação, foi elaborada uma sequência didática a respeito do tema "Energia Nuclear", na verdade como subtema do tópico mais amplo dos processos de geração de energia elétrica. Apresentamos os elementos essenciais da sequência e os resultados de sua aplicação em uma turma do 2º ano do Ensino Médio de um colégio público estadual, localizado no município de Angra dos Reis, RJ, valendo-nos do fato de que lá se situam as usinas nucleares brasileiras, reforçando assim o caráter contextualizador da abordagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Física; Física Moderna; Pesquisa-ação; abordagem CTS; Energia Nuclear.

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) / Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGEduCiMat). Seropédica, RJ, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8037-5635>. e-mail: [lidiane\\_benites@hotmail.com](mailto:lidiane_benites@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) / Departamento de Física / Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGEduCiMat). Seropédica, RJ, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5991-4566>. e-mail: [claudio@ufrj.br](mailto:claudio@ufrj.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) / Departamento de Física / Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGEduCiMat). Seropédica, RJ, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2612-3952>. e-mail: [frederico@ufrj.br](mailto:frederico@ufrj.br)

<sup>4</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) / Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAp-UERJ) / Departamento de Ciências da Natureza (DCN) / Programa de Pós-Graduação de Ensino em Educação Básica (PPGEB – UERJ). Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-1953>. e-mail: [beatrizrj@mail.com](mailto:beatrizrj@mail.com)



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

**ABSTRACT**

This work presents an example of insertion of Modern and Contemporary Physics content in the teaching of Physics in Basic Education. Based on a STS approach, which enhances the significant character of this knowledge, making clear its relations with the various aspects of social organization, and also based on the methodology of Action-Research, a didactic sequence was elaborated on the theme of Nuclear Energy, in fact as a subtopic of the broader issue of electric energy generation processes. We present the essential elements of the didactic sequence and the results of its application in a class of 2nd year High School of a state public school, located at the city of Angra dos Reis, RJ, using the fact that the brazilians' nuclear power plants are situated there and thus reinforcing the contextualizing nature of the approach.

**KEYWORDS:** Physics Teaching, Modern Physics, Research-action, STS Approach, Nuclear power.

**INTRODUÇÃO**

A reflexão a respeito do ensino de Física tem reiteradamente apontado para a necessidade de inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, tendo em vista que são conhecimentos desenvolvidos e amadurecidos em muitos casos já há mais de um século e cujos desdobramentos tecnológicos estão presentes, muitas vezes de forma determinante, no modo de vida das sociedades contemporâneas. Diversos documentos norteadores, estabelecendo as diretrizes do ensino da Física (PCNEM,1997; PCN+), já apontam nessa direção, recomendando a atualização urgente dos conteúdos a serem abordados, em consonância com a necessidade de uma alfabetização científico-tecnológica dos cidadãos em uma sociedade visceralmente estruturada em torno de avanços técnico-científicos, que possuem enorme impacto nos mais diversos aspectos da organização social. Assim também o faz, por exemplo, o atual Currículo Mínimo de Física do Estado do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ, 2012), destinando à orientação curricular do ensino de nível Médio ministrado pela rede pública desse Estado. Dentro de uma perspectiva clara de contextualização dos conhecimentos, este documento introduz uma série de inovações programáticas no ensino de Física, destacando-se a inclusão de diversos temas referentes aos desenvolvimentos científicos e tecnológicos ocorridos no século XX, até então, em sua imensa maioria, ausentes das salas de aula da Educação Básica.

Em que pesem essas novas orientações, rotineiramente são colhidos diversos depoimentos de professores em atividade manifestando seu ceticismo em relação à possibilidade de implementação dessa proposta curricular, bastante diferente da tradição do ensino de Física praticado até então no país, em particular no Estado do Rio de Janeiro. A descrença sobre a viabilidade dessas orientações curriculares se volta, justamente, para a dificuldade de inserção, sem perda de rigor, de temas da



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

chamada Física Moderna, cuja formalização exigiria uma elaboração conceitual abstrata e um domínio de ferramentas matemáticas totalmente distantes da realidade do estudante das escolas públicas estaduais.

A estrutura educacional pública está, portanto, colocada diante de um desafio, bastante compreensível em vista das mudanças propostas: demonstrar que, ao contrário do que talvez sugiram as experiências – nada desconsideráveis – dos profissionais de ensino que há décadas enfrentam a rotina problemática, senão desestimulante, da educação pública no país, as novas orientações curriculares apresentadas são viáveis em sua concepção inovadora, sobretudo no que se refere à atualização do ensino de ciências, especialmente incorporando conhecimentos científicos que hoje já datam de um século e compõem um patrimônio cultural das sociedades humanas, a ser devidamente compartilhado com seus membros.

Este trabalho trata, pois, dessa questão, apresentando uma experiência bem sucedida de implementação no ensino de Física da rede pública de temas de Física Moderna, mais especificamente, a Física Nuclear, obedecendo à cronologia e às indicações temáticas estabelecidas pelo documento do Currículo Mínimo estadual. Combinando-se duas elaborações conceituais, a saber, uma abordagem educacional “Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)”, com sua ênfase no caráter significativo do ensino, voltado, sobretudo, para a participação consciente do cidadão em sua realidade social e ambiental, e o instrumento metodológico da Pesquisa-ação, dotado da flexibilidade e do dinamismo necessários para uma construção didática bastante diferente da usual, foi possível elaborar, aplicar e aperfeiçoar, com resultados muito promissores, em uma escola da rede pública estadual localizada no município de Angra dos Reis, RJ, uma sequência didática centrada no ensino dos princípios e usos da energia nuclear, preservando o rigor conceitual e a formalização matemática mínima, característica da Física como ciência descritiva da Natureza.

A preocupação didática com tema da Física Nuclear certamente não é inédita. Existem boas referências na literatura brasileira a respeito, como, por exemplo, o artigo (Oliveira et al., 2007), assim como outras elencadas naquele texto. No nosso caso, a escolha do tema, previsto na programação curricular da segunda série do Ensino Médio (EM), foi determinada em boa medida pela importância que ele adquire no contexto regional - dada a localização no município das únicas usinas termonucleares do país - se adequando perfeitamente aos princípios de uma abordagem educacional CTS. Some-se a essa natureza extremamente significativa do tema, o fato de envolver conhecimentos mais contemporâneos de Física, promovendo a mencionada atualização do estudo de ciências.

Este trabalho resultou das discussões motivadas pelo desenvolvimento de um projeto de mestrado profissional no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFRRJ e está estruturado da seguinte forma: na seção 2, tratamos sinteticamente dos fundamentos da abordagem CTS, enquanto na seção seguinte fazemos uma apresentação, também resumida, dos aspectos essenciais da



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

metodologia intitulada "pesquisa-ação". Na seção 4, apresentamos os elementos da proposta didática e, por fim, na seção 5, comentamos os resultados de sua aplicação no contexto escolar citado.

## **A ABORDAGEM CTS**

A reação da sociedade aos impactos gerados pelos desenvolvimentos científicos e tecnológicos sobre os diversos aspectos da vida social inicialmente foi tímida. Quem sabe estivesse a sociedade seduzida pelas possibilidades otimistas de riqueza e bem-estar material. No entanto, na segunda metade do século passado, com o estabelecimento da Guerra Fria e suas ameaças de aniquilação em escala planetária, bem como diante dos temores causados pelo uso, mesmo pacífico, da tecnologia nuclear, essas reações se intensificaram significativamente, ganhando relevo principalmente a partir das décadas de 1960 e 70. (GARCIA et al, 1996; AULER, 2007; SANTOS, 2007; CHRISPINO, 2009).

O movimento CTS foi uma expressão dessa reação. Sua tônica consistia na defesa da necessidade de participação consciente dos cidadãos nos processos decisórios relacionados às grandes questões e encaminhamentos políticos e sociais. Para tanto, era necessário proporcionar a esses cidadãos os meios educacionais requeridos para esse fim.

Esse movimento traduziu-se, por conseguinte, em uma abordagem educacional, pautada nos seguintes eixos norteadores: a alfabetização científica de toda a sociedade (Fourez, 1995), ou seja, fornecer aos seus membros a capacidade de "ler, compreender e expressar opiniões sobre ciência e tecnologia" (Krasilchik e Marandino, 2004, p. 26), permitindo que se posicionem nos debates sobre problemas sociais e soluções tecnológicas; o desenvolvimento do espírito crítico necessário a uma participação consciente no processo decisório, evitando a adoção passiva de soluções tecnocráticas.

Uma educação com esses objetivos não se resume à simples promoção de uma cultura técnica, constituída pelo acúmulo de conteúdos de natureza científica; pelo contrário, o tipo de participação consciente vislumbrada exige uma formação crítica capaz de submeter os juízos supostamente técnicos a uma avaliação criteriosa sobre as diversas implicações das soluções propostas, em suas múltiplas dimensões: ética, ambiental, econômica, etc... Portanto, não se trata somente de uma rediscussão de conteúdos curriculares, mas de uma nova metodologia didática, voltada para o estímulo ao contraditório e ao discernimento crítico, desenvolvendo habilidades como a comunicação escrita e oral, o pensamento lógico e racional para a solução de problemas, a flexibilidade cognitiva, a capacidade de tomada de decisão, o aprendizado cooperativo, a responsabilidade social e o interesse em atuar em questões sociais". (HOFSTEIN et al apud SANTOS E MORTIMER, 2001).

Santos e Mortimer (2001) destacam que, para preparar os estudantes para a



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

tomada de decisão consciente e para uma ação social responsável, um ensino CTS não pode se resumir ao desenvolvimento de métodos tecnocráticos ou decisionistas<sup>5</sup>, apoiados apenas na razão técnica, uma vez que as questões sociais envolvem aspectos valorativos, culturais e éticos. Em lugar disso, advogam a adoção de um modelo pragmático-político, em que, tal como ocorre na sociedade, há negociação entre especialistas e cidadãos, de modo que o debate público irá fornecer uma solução que atenda aos interesses da maioria. Como consequência, a educação científica para a cidadania não deve fornecer soluções prontas para os problemas em questão, nem tampouco propor ou impor uma resposta ou modelo previamente tido como certo, mas apenas fornecer a informação, levantar os questionamentos e apontar os critérios, cabendo a cada aluno, mediante debates coletivos, decidir o que é ou não é aceitável. O processo de tomada de decisão vai além da capacidade de argumentar e expressar ideias; envolve a capacidade de ouvir opiniões divergentes, avaliar e negociar uma solução de interesse comum. (SANTOS E MORTIMER, 2001).

Na busca desses objetivos apresentados, a abordagem educacional CTS se notabiliza, portanto, pela defesa de um ensino contextualizado, que enfatize as relações concretas entre a ciência e a sociedade, utilizando questões reais como elementos motivadores para as elaborações conceituais. Essa contextualização acentua o caráter significativo do conhecimento a ser apropriado, dado que deixa bastante evidente onde e em que medida ele se insere na realidade do indivíduo e, assim, é capaz de produzir impactos significativos em sua vida. Além desse aspecto mais nitidamente pedagógico, a adoção de um ensino voltado para a solução de problemas reais, analisados em suas várias dimensões, também contribui para o desenvolvimento da capacidade de julgamento e decisão socialmente responsável.

Esses elementos da filosofia CTS se traduzem em uma abordagem necessariamente temática. (DELIZOICOV et al, 2002). Entretanto, nem todos os temas são adequados a essa concepção. Pelo contrário, a pesquisa educacional CTS estabelece critérios para a escolha dos temas motivadores para as elaborações conceituais. Em linhas gerais, esses temas devem ter um significado real para os alunos, envolvendo-os na solução de situações-problema, que os estimulem a assumir um compromisso social. Para tanto, os temas não devem simular questões distantes da vida dos alunos, mas sim reproduzir as suas realidades. (RANSEY, 1993). Devem ser temas científicos ou tecnológicos, potencialmente problemáticos do ponto de vista social. (RUBBA, 1991; RANSEY, 1993; SANTOS, 2002).

Um tema com essa natureza pode ser identificado a partir de três critérios apontados por Ransey (1993):

---

<sup>5</sup> Os processos de tomada de decisões sobre temas de CTS podem ser descritos pelos modelos tecnocráticos, decisionistas e pragmático-políticos. No modelo tecnocrático, a decisão é tomada pelos especialistas. No modelo decisionista, os cidadãos determinam as condições e os critérios para que os especialistas escolhidos tomem as decisões. No modelo pragmático-político a decisão é conjunta entre especialistas e cidadãos. (SANTOS E MORTIMER, 2001).



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

- 1) Deve abordar um problema de natureza controvertida;
- 2) Deve ter um significado social;
- 3) Deve ser relativo à ciência e à tecnologia.

O primeiro critério significa que devem existir opiniões diversas sobre o tema, de modo que se incentive um debate, uma comunhão de diferentes ideias e discutam-se possibilidades diversas para encontrar uma solução; o segundo indica que o tema deve ser, de fato, um problema que atinja a sociedade (quando se fala aqui em sociedade, o aluno deve se enxergar como parte dela) e a envolva, de tal sorte que sua solução implique uma melhora nas suas condições de vida; o terceiro critério significa que não basta ser um problema social, mas uma questão relacionada à ciência ou à tecnologia, uma vez que a proposta é promover a educação científica, estudando as implicações da ciência e da tecnologia em um determinado produto ou situação em todos os seus aspectos: sociais, ambientais, históricos, econômicos, éticos e culturais.

Em vista de tudo isso, nossa proposta didática se baseou na abordagem CTS para tratar do tema da produção de energia elétrica em suas variadas formas, porém com ênfase na modalidade term nuclear, devido à existência das usinas nucleares no município de Angra dos Reis, em uma de cujas escolas foi aplicada. A escolha do tema atende a todos os requisitos estabelecidos pela concepção CTS.

Em primeiro lugar, trata-se de uma questão concreta, de total relevância para a comunidade local, tendo em vista o papel referencial que as usinas desempenham na realidade local. O tratamento do tema permite a discussão de todos os benefícios, prejuízos e riscos para a região da presença dessas unidades produtoras de energia, revestindo-se, portanto, de um caráter completamente significativo para sua população. Por outro lado, a questão da produção energética é, sem sombra de dúvida, uma questão de extrema importância social, devido a seus imensos impactos econômicos e ambientais. Além disso, pela amplitude desses impactos não pode fugir à controvérsia a respeito de suas possíveis soluções. Por fim, o caráter obviamente científico e tecnológico dessas soluções completa então o atendimento aos três de critérios listados anteriormente.

## **A METODOLOGIA DA PESQUISA-AÇÃO**

A metodologia escolhida para fundamentar este trabalho foi a chamada Pesquisa-ação. Este tipo de metodologia preocupa-se com a participação ativa dos grupos sociais nos processos de tomada de decisões sobre assuntos de seu interesse, envolvendo diretamente os sujeitos da pesquisa em um processo de reflexão, análise da realidade, produção de conhecimentos e enfrentamento de problemas. No caso da Pesquisa-ação, especificamente, isso remete também à necessidade de promover maior articulação entre a teoria e a prática na produção de novos saberes. (TOLEDO e JACOBI, 2013).

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

Nas décadas de 1960 e 1970, as pesquisas-participantes surgem na América Latina nos trabalhos de Paulo Freire, Carlos Rodrigues Brandão, Danilo Strech e outros, que se preocupavam com “a participação de grupos sociais considerados excluídos na tomada de decisão sobre problemas coletivos”. (TOLEDO E JACOBI, 2013). Paulo Freire se destaca neste contexto, principalmente na área da educação, pois em seus trabalhos fica evidente “a importância da reflexão crítica dos sujeitos sobre suas práticas e da problematização da realidade para seu enfrentamento”. (TOLEDO E JACOBI, 2013). Nas décadas seguintes, René Barbier e Michel Thiollent, com seus trabalhos (Barbier, 1977; Barbier, 1996; Thiollent, 2011) desenvolvidas de forma semelhante a uma espiral cíclica, ou seja, a fase do planejamento deve ser retomada após a terceira fase, de modo que os resultados da ação sejam incorporados ao novo planejamento, o que torna as ações cada vez mais ajustadas às necessidades coletivas. O esquema apresentado na figura 1 (Lewin, 1946) representa a organização da pesquisa ação segundo o autor.

Fig. 1: Organização da pesquisa-ação segundo Lewin (1946).



Fonte: os autores

O planejamento se refere à escolha do tema e elaboração da sequência didática, incluindo todas as atividades e avaliações que serão desenvolvidas. Já a ação consiste da aplicação da sequência, aula após aula e as atividades que serão desenvolvidas. Por último, os resultados poderão ser obtidos através da observação do dia-a-dia, das avaliações e reações dos sujeitos diante da ação, inclusive das dificuldades do professor (pesquisador), permitindo, desta forma, que o planejamento seja refeito e as ações sejam modificadas a cada aula, adequando as atividades às necessidades identificadas.

Assim, a metodologia da pesquisa-ação é considerada um sistema aberto, isso porque diferentes rumos podem ser tomados no decorrer do seu desenvolvimento em função das demandas encontradas. Inicia-se evidentemente com um planejamento. Porém, conforme afirma Thiollent (2011), há um ponto de partida, que é a fase exploratória, e um ponto de chegada, referindo-se à divulgação dos resultados, mas no intervalo haverá uma multiplicidade de caminhos em função das



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

diferentes situações diagnosticadas ao longo do processo (TOLEDO E JACOBI, 2013, p. 159).

Neste trabalho, este formato de organização será adotado, de modo que o planejamento é mutável; de acordo com as necessidades observadas, sempre haverá possibilidade de refazê-lo, adequando-o ao contexto e ao público, e, com isso, contribuindo para que a ação se torne cada vez mais ajustada às necessidades.

### A SEQUÊNCIA DIDÁTICA E SUA APLICAÇÃO

A partir do referencial teórico CTS e do instrumento metodológico da pesquisa-ação, foi elaborada, aplicada e aperfeiçoada uma sequência didática dedicada ao tema-motivador da geração de energia elétrica, com destaque especial para o processo de geração termonuclear. A aplicação se valeu da oportunidade de um dos membros dessa pesquisa ser professora regular de um colégio estadual em Angra dos Reis, RJ, responsável, entre outras séries, pelo ensino de Física de turmas da 2ª série do Ensino Médio.

A elaboração da proposta didática teve como etapa inicial a aplicação às turmas da 2ª série sob a responsabilidade da Professora de um questionário a respeito do conhecimento prévio que os estudantes tinham sobre o tema e de sua avaliação sobre os problemas de sua cidade. (Quadro 1) As respostas serviram como orientação para a elaboração da sequência didática, tanto em termos de conteúdos, quanto de recursos didáticos a serem adotados.

Quadro 1: Questões para avaliação prévia

<b>AVALIAÇÃO PRÉVIA</b>
<b>1</b> - Quais os problemas da cidade de Angra dos Reis?
<b>2</b> - Porque você acha que esses problemas existem?
<b>3</b> - Quais as soluções para esses problemas em sua opinião?
<b>4</b> – De onde você acha que vem a energia e a água que chega até a sua casa?

Fonte: os autores

A aplicação do questionário forneceu como resultados a percepção generalizada de problemas em educação, em saúde, problemas políticos, sociais, ambientais e de infraestrutura. Foram apontados a falta de escolas, universidades e de ensino profissionalizante, de médicos, hospitais, saneamento básico e moradias, má qualidade de transportes públicos, poluição de rios, mares e praias, violência e tráfico de drogas,



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

dentre outros grandes problemas. Grande parte dos alunos apontaram os problemas peculiares à cidade, resultantes de suas características geográficas, econômicas e sociais, o que mostra que eles são observadores e críticos ao analisarem o ambiente em que vivem. Porém, poucos alunos identificaram problemas relacionados ao tema escolhido (produção de energia elétrica) ou à usina nuclear instalada na cidade.

No geral, pelas respostas verificou-se que os alunos não possuem muito conhecimento sobre o tema. Os que demonstraram conhecer um pouco não conseguiram expressar suas ideias de forma suficientemente clara ou fizeram confusão entre as diferentes fontes de energia. Muito poucos conseguiram identificar os problemas causados pela usina nuclear à cidade. Embora muitos saibam de sua existência, não têm ideia de qual é o seu objetivo, nem tampouco consciência dos riscos que ela oferece. É importante ressaltar que, ainda que esta avaliação não faça parte da sequência didática, pois seu objetivo era constatar as necessidades dos alunos para melhor adequação da proposta, realizar uma avaliação prévia a fim de conhecer o perfil dos alunos e saber quais conhecimentos eles já possuem auxilia o professor a planejar seus próximos passos, identificando as maiores dificuldades, dúvidas e curiosidades.

Superada a etapa preliminar da avaliação dos conhecimentos prévios dos estudantes, tanto gerais, sobre a realidade local, quanto específicos sobre o tema, passou-se à elaboração da sequência didática. Fiel à filosofia CTS de fugir a um ensino tradicionalista, de assimilação passiva de conhecimentos antecipadamente classificados como certos e inquestionáveis, a proposta didática procurou estimular o desenvolvimento crítico do estudante, incentivando sua participação nos estudos, através da realização de atividades cooperativas como debates, e pesquisas. Nesse intuito, foram utilizados diversos recursos e práticas didáticas distintas, notadamente vídeos previamente selecionados, aplicativos computacionais e, posteriormente, um jogo de cartas, de conteúdo vinculado ao tema, elaborado pela Professora-pesquisadora.

A sequência compôs-se de quinze aulas, que incluíam atividades diversificadas para serem realizadas em sala de aula e fora dela. Foi planejada para dois bimestres, conforme a programação da diretriz curricular do Estado, sobrando tempo para serem realizadas outras atividades e avaliações, a critério do professor e da escola em que fosse aplicada. Cada aula apresentava o subtema e o assunto que seria abordado, o local onde as atividades seriam desenvolvidas - na própria escola ou em outro local, o tempo de duração previsto para cada aula, os pré-requisitos para sua compreensão, seus objetivos, como se daria o desenvolvimento do tema, como seria feita a verificação de aprendizagem e os recursos didáticos utilizados.

As primeiras cinco aulas seriam dedicadas ao tema da produção hidroelétrica de energia. Apresentava-se aos alunos, por meio de vídeos disponíveis na internet, as usinas hidroelétricas e seu funcionamento, desde a geração até a distribuição, dimensionando, através do levantamento das maiores hidroelétricas no mundo, o



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

potencial instalado no Brasil, chamando a atenção que entre as dez maiores estão algumas brasileiras. Com essa contextualização, visa-se em seguida a apresentar uma polêmica real envolvendo a construção de uma usina hidrelétrica, no caso, a Hidrelétrica Belo Monte, utilizando vídeos que mostram pontos de vistas distintos, estimulando os questionamentos sobre os impactos negativos causados pelas hidrelétricas em contraposição às suas vantagens e, com isso, levando os alunos a refletir sobre pontos positivos e negativos deste modo de produção de energia.

Quadro 2: Seriam propostas as seguintes questões, para debate em sala:

### Questões para debate em sala

Tendo em vista que os vídeos apresentados são de produção da Eletrobrás e do Governo Federal, foram apresentados apenas os pontos positivos das usinas hidrelétricas, será que não há pontos negativos?

Será que todos os cuidados com o meio ambiente são tomados conforme mostram os vídeos?

Será que a energia de uma hidrelétrica pode ser considerada limpa e segura?

Quais os impactos que elas podem causar na opinião de vocês?

Será que elas só impactam o meio ambiente ou existem outros impactos?

Vocês já ouviram falar da Usina Hidrelétrica de Belo Monte?

Vocês já tinham visto este vídeo?

As hidrelétricas são boas para o Brasil? Caso sim, por que, na opinião de vocês, existe um movimento contra a construção desta usina?

Na opinião de vocês, por que esses artistas estão participando deste movimento?

Na opinião de vocês, quais seriam os interesses por trás deste movimento?

Agora que vocês conhecem a Usina Hidrelétrica Belo Monte e todos os seus aspectos, tanto positivos quanto negativos, na opinião de vocês, ela deve ser construída ou não?

Todas as questões levantadas durante a aula servem como base para o debate, podendo ser modificadas conforme as discussões, ou ainda, outras questões podem ser acrescentadas. Os questionamentos são uma iniciativa para que os alunos participem e exponham suas opiniões.

Fonte: os autores

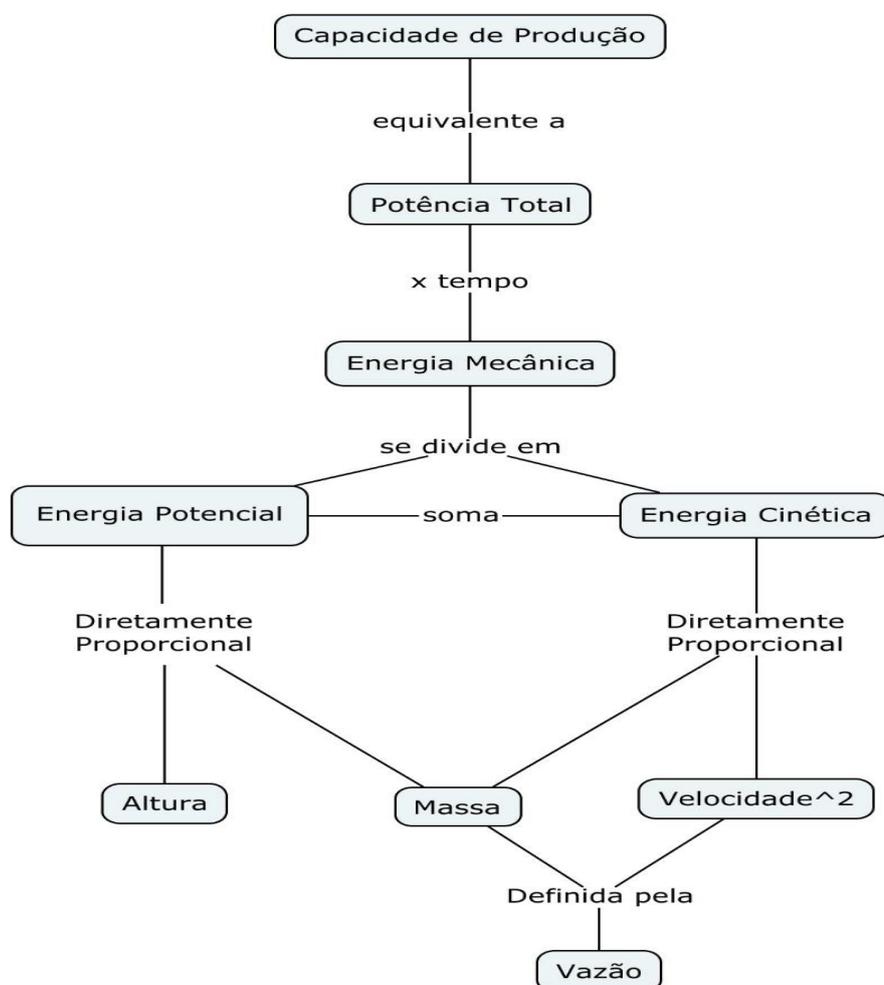
Os alunos deveriam ser incentivados a participar dando opiniões, sem que o professor emitisse juízos sobre elas, nem tampouco apresentasse uma resposta tida como correta, mas apenas as ouvisse. Após essas exposições e debates iniciais, os

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

alunos seriam instigados a promover um debate formal entre posições contrárias e favoráveis à instalação de energias hidroelétricas. Para tanto, seria solicitado que fizessem um levantamento de notícias a respeito do tema que pudessem apoiar suas posições: contrárias ou favoráveis. Mais uma vez, o que se buscava é, a partir de um exemplo concreto e contextualizado, estimular o debate, cientificamente bem fundamentado, a respeito das vantagens e desvantagens de determinado tipo de produção de energia.

Em seguida, seriam trabalhados os conceitos físicos relacionados ao tema, como energia potencial, cinética, mecânica e potência. O esquema mostrado na figura 2 representa como se deu a introdução de todos os conceitos.

Fig. 2: Esquema conceitual mostrando as relações Físicas entre as grandezas envolvidas na produção de energia hidroelétrica.



Fonte: os autores



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

Após essa sequência inicial, as duas aulas seguintes (6 e 7) seriam dedicadas às outras formas de produção de energia elétrica, como as termoeletricas, a energia solar, a energia eólica e a energia associada às marés. Seriam, então, exibidos vídeos sobre usinas elétricas das diferentes modalidades listadas acima, buscando mostrar as especificidades de cada modo de produção, visando a identificar vantagens e desvantagens de cada tipo. A partir da exibição desses vídeos, foi iniciado um debate sobre a importância de se conhecer e compreender todas as formas de produção de energia e saber opinar a respeito do tema. Em seguida, o professor discutiria e aprofundaria alguns pontos mais importantes apresentados, levantando questionamentos e, mais uma vez, incentivando o debate entre os alunos. Feita essa discussão, de caráter mais geral, a sequência avançaria para a abordagem mais técnica, apresentando os fenômenos físicos envolvidos nas usinas termoeletricas, eólicas, de ondas e solares, mostrando que todos os modos de produção de energia elétrica representam um processo de transformação de alguma forma de energia em energia elétrica e não uma geração propriamente dita.

A partir, então, da aula 8, a sequência entra no tema da energia nuclear. Novamente, seguindo as diretrizes metodológicas da abordagem CTS, inicia-se a discussão através de uma situação real e concreta: o acidente nuclear com a usina de Tchernobyl, na ex-União Soviética, também apresentada através de um vídeo. A apresentação do episódio serviria de questão geradora para a abordagem dos temas da radioatividade, das reações nucleares, da utilização da fissão nuclear com fins bélicos e pacíficos e, do tema específico das usinas termonucleares, com destaque para as Usinas de Angra dos Reis. Para o tratamento desses temas utilizaram-se novamente vídeos (Bomba de Hiroshima, acidente do Césio-137, em Goiânia-GO), aplicativos computacionais para a ilustração e simulação das reações nucleares no interior de um reator e uma visita técnica guiada dos estudantes às Usinas de Angra.

Por fim, o trabalho de todo esse conteúdo se encerraria na aula 14, com um grande debate a respeito das vantagens e desvantagens das usinas nucleares, em particular, as de Angra dos Reis. Para tanto, na aula anterior os alunos seriam instados a se organizar em pequenos grupos e produzir, conforme sua escolha, um vídeo caseiro favorável ou desfavorável à utilização deste modo de produção de energia, baseado nos pretensos benefícios e malefícios identificados. Na aula 15, os vídeos produzidos seriam exibidos e debatidos pela turma.

## **RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Conforme dissemos, a sequência didática foi aplicada em uma turma da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública estadual, situada no município de Angra dos Reis, durante os anos de 2015 e 2016. Os temas abordados e as repercussões foram os seguintes:

Na Aula 1 e na Aula 2, que versaram sobre “Hidroelétricas”, foram utilizados ao



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

todo sete vídeos, com duração média de 5 minutos, com o objetivo de apresentar as hidroelétricas mais importantes do país, bem como causar um impacto visual sobre o tema. Além disso, ao longo da apresentação dos vídeos, foram sendo discutidas a importância, o funcionamento e os impactos causados por elas em diversos aspectos. Uma constatação importante foi o grande impacto sobre os alunos ao saberem que dentre as dez maiores hidrelétricas do mundo três estão no Brasil, fato este totalmente desconhecido por eles e que demonstrou a falta de informação sobre o potencial de geração de energia hidroelétrica que o país possui.

Na Aula 1 houve uma maior discussão dos temas, ao longo dos 100 minutos, já que da Aula 2, dos 100 minutos da aula, 50 minutos foram utilizados para montagem de cartazes com material sobre o tema, que tinham sido previamente solicitados ao final da primeira aula.

Na Aula 3 cada grupo apresentou o cartaz confeccionado para o restante da turma, justificando suas ideias e opiniões. Esse passo apresentou algumas dificuldades pela falta de recursos financeiros de alguns alunos para conseguir imprimir notícias que eles acharam interessante. Contudo, é possível afirmar que a atividade atendeu às expectativas de uma forma geral e cumpriu os objetivos de promover o debate, a reflexão crítica, o posicionamento sobre o tema e o desenvolvimento de uma ação social, que consistiu na exposição dos cartazes para as demais turmas da escola.

Na Aula 4 a atividade realizada teve como objetivo introduzir os conceitos físicos envolvidos na produção de energia elétrica, bem como as equações pertinentes ligadas ao tema, por meio de distribuição aos alunos cartões com os dados técnicos das seis maiores usinas hidroelétricas do Brasil para conhecerem e analisarem. Desde o primeiro momento, os alunos se mostraram muito interessados pela atividade; eles comentavam entre si e comparavam os dados das diferentes usinas. O fato de estarem trabalhando com informações reais foi o fator mais atrativo. Eles se mostravam impressionados com a altura, a capacidade de produção e começaram a fazer perguntas para a Professora, querendo saber o que significava MW (megawatts), o que diferenciava as turbinas, qual era a relação entre os dados, entre outras perguntas.

Em seguida, os dados foram organizados no quadro para que pudessem ser ordenados por capacidade de produção e separados por tipo de turbina. Durante todo esse processo, que foi realizado com a participação ativa dos alunos, eles estiveram muito atentos, faziam perguntas e demonstraram grande interesse pela atividade. Essa etapa inicial de informação foi interessante, pois quando foram apresentadas as expressões matemáticas envolvidas ao tema houve um interesse maior dos alunos em compreender se os termos presentes tinham alguma relação com os cartões.

Na Aula 5 a atividade proposta teve como objetivo verificar o aprendizado das aulas anteriores por meio de resolução em sala de uma lista de exercícios, contendo exercícios comuns aos livros didáticos. Essa etapa teve como objetivo verificar se, após a compreensão dos conceitos e equações apresentados por meio de algo real, que são



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

as usinas hidroelétricas, os alunos teriam mais facilidade para resolver exercícios que abordam situações hipotéticas com objetos abstratos. Foi constatado que, mesmo os alunos tendo compreendido bem os conceitos e relações matemáticas apresentados na aula 4, eles apresentaram muita dificuldade para resolver os exercícios propostos na lista. Além da dificuldade em compreender os enunciados, foi constatada uma desmotivação ao retornarem para o modelo tradicional a que já estão acostumados e não se percebeu questionamentos sobre os problemas, para compreender as possíveis aplicações, nem participação semelhante à das aulas anteriores.

Na Aula 6 foi introduzido o subtema: "Outros modos de produção de energia", onde foram exibidos seis vídeos, que apresentaram as usinas termoeletricas, conforme diversos tipos de combustíveis, as usinas de ondas, as usinas solares e as usinas eólicas. Os alunos se mostraram bastante interessados em conhecer esses novos processos, sobre alguns dos quais a maioria jamais tinha ouvido falar, e ficaram particularmente impressionados com os impactos causados pelas termoeletricas, bem como a simplicidade e benefício da usina de ondas.

A Aula 7 teve como objetivo esclarecer e discutir os processos físicos envolvidos na produção de energia, visto que a aula anterior serviu apenas para ser elemento motivador da discussão.

Ao final desse primeiro conjunto de aulas, foi realizada uma avaliação que, embora nos moldes previstos pelos sistemas de avaliação adotados pela Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro, pôde ser conciliada com os propósitos da abordagem CTS, por meio da contextualização das questões propostas, extraídas de provas das avaliações propostas pelo Sistema de Avaliação da Educação do Estado do Rio de Janeiro (SAERJ) de anos anteriores, tratando dos impactos sociais e ambientais e dos diversos aspectos envolvidos nos diferentes modos de produção de energia estudados até o momento. Não é possível, contudo, fazer qualquer conclusão de caráter quantitativo sobre o desempenho dos alunos, pois não há resultados anteriores à aplicação da sequência didática para comparação, uma vez que o trabalho com estas turmas foi iniciado pouco antes do início da pesquisa.

Na aula 8 o subtema Usinas Nucleares foi introduzido através de um documentário que relata o acidente ocorrido na Usina Nuclear de Chernobyl, na União Soviética, em 1986. A exibição deste vídeo causou grande impacto nos alunos, como esperado, pois eles puderam conhecer uma situação real, ocorrida em uma usina nuclear em outro país, mas que pode ser projetada para a realidade deles. Com o vídeo foi possível mostrar a dimensão do risco oferecido por uma usina nuclear e a importância de se conhecer e compreender os processos envolvidos neste modo de produção de energia. Após o vídeo começaram a perguntar sobre os processos físicos, a debater os motivos do acidente e a comparar aquilo que foi mostrado com sua realidade, questionando-se sobre a Usina Nuclear de Angra dos Reis. O que pôde ser percebido é que a introdução do subtema com a utilização deste documentário se



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

mostrou muito eficiente no sentido de despertar o interesse pelo aprendizado e levar os alunos a refletir sobre sua própria realidade.

Na aula 9 foi exibido um documentário sobre o lançamento da bomba atômica sobre a cidade de Hiroshima, no Japão, ocorrido em 1945, com o como objetivo promover reflexões sobre o poder e a aplicação da energia nuclear no mundo e fazer uma relação com a tecnologia utilizada em uma usina nuclear. O vídeo também despertou muito a curiosidade nos alunos, tanto sobre os processos físicos envolvidos, quanto sobre as questões históricas e políticas envolvidas no acontecimento. Esse documentário representou a continuação da problematização do subtema e cumpriu o objetivo de despertar nos estudantes a vontade de aprender sobre a Física envolvida no processo e compreender todos os aspectos envolvidos neste acontecimento.

A aula 10 teve como objetivo esclarecer todas as dúvidas geradas na aula anterior sobre os acontecimentos apresentados e abordar todos os fenômenos físicos envolvidos, tanto na produção de energia através das usinas nucleares, como na explosão de uma bomba atômica. Foram enfatizados os impactos ambientais e os riscos oferecidos por uma usina nuclear, sempre tomando como exemplo a Usina Nuclear de Angra dos Reis e identificando na realidade dos alunos esses impactos e riscos.

Embora esta aula tenha sido uma aula expositiva com a utilização de slides, os alunos não foram passivos no processo de aprendizagem, pois sua participação foi constante, perguntando e comentando sobre o assunto. Durante todo o tempo, eles associavam aquilo que estava sendo mostrado à sua realidade, comparando com a Usina Nuclear de Angra dos Reis. Foi possível constatar que os vídeos exibidos nas aulas anteriores foram determinantes para tornar esta aula dinâmica e participativa, pois os alunos se mostravam ansiosos por compreender o que havia sido apresentado. Também, a utilização do aplicativo virtual foi essencial para a compreensão das reações nucleares e foi muito atrativo, pois de uma forma muito simples, os alunos conseguiram visualizar o processo, facilitando, assim, o entendimento.

Na aula 11, os alunos foram levados à Usina Nuclear de Angra dos Reis para uma visita ao centro de informações. Infelizmente, não foi possível fazer a visita no interior da usina, pois não é permitido pela empresa o acesso de pessoas com menos de 18 anos. O local onde os alunos foram recebidos é um centro de informações que fica ao lado da usina. Nesse local há um auditório e um pequeno museu, com uma réplica de um reator nuclear, uma maquete da usina e uma exposição com informações gerais e com a história da usina.

A visita se iniciou com uma palestra, bem simples e breve, ministrada por uma colaboradora da usina. Foram apresentados alguns slides sobre o funcionamento do reator, alguns vídeos mostrando as vantagens deste modo de produção de energia e enfatizando os cuidados com a segurança e o meio ambiente e foi disponibilizado um momento para perguntas. Os alunos se mantiveram atentos, comentando entre eles e



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

vários participaram, fazendo perguntas para a palestrante. Foram levantados questionamentos, principalmente, sobre a segurança e os impactos ambientais. Após a palestra, os alunos foram direcionados para o museu e ficaram à vontade para conhecê-lo. Eles gostaram muito de poder ver a réplica do reator em tamanho real e a maquete mostrando o interior da usina, porém ficaram ainda mais curiosos para entrar na usina real.

Em seguida, os alunos foram levados para outro local, onde fica um simulador da sala de controle do reator nuclear. A palestrante acompanhou os alunos e fez uma breve explicação sobre o funcionamento da sala, sobre o treinamento dos operadores da sala de controle e abriu espaço para perguntas. Os alunos participaram e gostaram muito desse momento da visita, pois puderam ver de perto os operadores em treinamento, como se estivessem na usina real. Além disso, no documentário exibido sobre o acidente na usina de Chernobyl, esse espaço foi bastante mostrado, então eles puderam ver que a usina de Angra dos Reis é semelhante à de Chernobyl, o que mostrou que os riscos oferecidos por elas são os semelhantes.

Na aula 12, foi exibido um vídeo sobre o acidente Césio-137 ocorrido na cidade de Goiânia, no Brasil, em 1987, com o objetivo de apresentar outras aplicações da Física Nuclear, introduzir o conceito de radioatividade e enfatizar a importância do conhecimento e da informação para todo cidadão. Foi possível notar que os estudantes não tinham qualquer informação sobre o tema e o fato de o evento ter tido repercussão mundial chamou muito a atenção dos alunos.

Na aula 13 foi apresentado o conceito de radioatividade e todas as suas implicações, utilizando slides com muitas imagens e exemplos de aplicações, sempre abordando os eventos apresentados nas aulas anteriores (acidente na usina de Chernobyl, lançamento da bomba em Hiroshima e acidente com Césio-137 em Goiânia). Todas as dúvidas levantadas sobre esse assunto foram esclarecidas. Embora tenha sido uma aula expositiva, foi muito dinâmica, com a participação ativa dos alunos. A problematização com os vídeos, a visita à usina, bem como a aula explicativa sobre energia nuclear foram essenciais para facilitar e motivar o aprendizado sobre este assunto.

Ao final da aula foi proposta uma atividade para ser feita em casa e apresentada na aula seguinte. Os alunos deveriam formar grupos em que todos os membros se posicionassem com a mesma opinião, ou seja, contra ou a favor das usinas nucleares. Eles deveriam então criar vídeos de conscientização expondo suas opiniões e motivos, sendo que esses materiais seriam apresentados na aula seguinte.

Na aula 14 foram realizadas as apresentações da atividade proposta na aula anterior. Alguns grupos se empenharam e fizeram excelentes vídeos, explicando como funciona e para que será utilidade de uma usina nuclear, apresentando suas desvantagens, riscos e impactos. Outros grupos fizeram entrevistas com professores e funcionários da escola perguntando suas opiniões, se eram contra ou a favor da usina



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

nuclear; no final do vídeo, os próprios alunos expuseram suas opiniões. Alguns alunos fizeram músicas e gravaram. Por fim, alguns alunos não fizeram a atividade sob a alegação de que não tinham acesso a computador ou não sabiam fazer os vídeos, entre outras.

Apesar da dificuldade de alguns alunos realizarem a tarefa, muitos dos participantes superaram as expectativas apresentando excelentes trabalhos e cumpriram o objetivo da atividade, qual seja, apresentar sua produção em sala de aula e explicar seus motivos, promovendo um debate sobre o assunto. Para que esta atividade fosse melhor aproveitada seria importante que eles a realizassem na escola, no entanto sabemos que a maioria das escolas não oferecem os recursos necessários para isto e desta forma caberia ao professor adotar estratégias para que todos os alunos possam participar plenamente da atividade.

#### **APLICAÇÃO DAS AVALIAÇÕES FINAIS**

Além da avaliação regular, prevista pelo sistema de ensino da SEEDUC-RJ, foi aplicada uma avaliação final (Teste 4º Bimestre), que teve como objetivo verificar o aprendizado dos alunos em relação a toda sequência didática aplicada durante o 3º e o 4º bimestre. Esta avaliação foi composta por oito questões: as sete primeiras foram sobre o tema estudado e tiveram como objetivo verificar se houve alguma evolução em relação à avaliação prévia, pois as perguntas tratavam dos mesmos assuntos, mas de forma mais específica. Já a última teve como objetivo saber se os alunos gostaram das aulas e dos recursos utilizados, bem como sua opinião sobre o próprio aprendizado, particularmente, se sentiram falta de algum recurso a que estavam acostumados. As questões são apresentadas no quadro 4.

Quadro 4: Avaliação Final

1 – De onde vem a energia elétrica que chega até a sua casa?

*Descreva como e onde ocorre a produção de energia elétrica e como ela é transferida até a sua casa. Não se esqueça que existem várias formas de se obter energia elétrica, as quais estudamos no 3º e 4º bimestre, fale sobre todas que se lembrar.*

2 - Em sua opinião, é necessária a existência da usina nuclear em Angra dos Reis? Ela poderia ser substituída por outro tipo de usina? Explique.

*Lembre-se que é preciso pensar nos recursos disponíveis na região. Pensando nisso, dê um exemplo de usina que poderia substituir a nuclear.*

3 - Você acha que um acidente, como o que ocorreu na usina de Chernobyl, poderia ocorrer nas usinas de Angra dos Reis? Justifique sua resposta.

4 – Você saberia o que fazer caso um acidente ocorresse na usina nuclear



de Angra dos Reis?

5 – Em sua opinião, qual foi a importância do nosso estudo sobre a produção de energia elétrica desde o início do 3º bimestre?

*Fale sobre o que você aprendeu de novo e como isso contribui para sua vida.*

6 – Você achou importante conhecer as situações reais que envolvem a produção de energia elétrica? Porquê?

*Como, por exemplo, o processo de construção da Usina Belo Monte ou o acidente na usina nuclear de Chernobyl.*

7 - Agora que você conhece um pouco mais sobre a energia nuclear, comente sobre os perigos que ela oferece para o mundo.

*Fale também sobre os perigos da bomba atômica e sua relação com as usinas nucleares.*

8 - Para terminar, dê sua opinião sobre as aulas de Física nestes dois últimos bimestres.

*Fale se gostou dos debates, dos vídeos, dos assuntos discutidos. Essas atividades contribuíram para o seu aprendizado? Você sentiu falta de algo (como copiar a matéria no caderno, utilizar fórmulas ou alguma outra coisa)? Você gostou de aprender Física dessa forma ou acha que o que estudamos não tem muito a ver com Física?*

Fonte: os autores

Em relação à primeira questão, a partir das respostas obtidas, pode-se afirmar que, embora os alunos ainda apresentem certa dificuldade em se expressar utilizando os termos técnicos, a maioria deles compreendeu que a energia elétrica pode ser produzida de diversas formas diferentes e que todas as fontes abastecem um sistema único de distribuição. Em geral, houve grande evolução em relação às respostas da avaliação prévia para esta. Alguns justificaram com o fato de a usina nuclear produzir uma quantidade relativamente pequena para valer a pena o risco que oferece e explicaram o motivo de não ser possível construir outros tipos de usinas na cidade. Embora não tenham considerado todos os tipos, as justificativas foram totalmente coerentes. Alguns alunos, responderam que sim, a usina nuclear é necessária para a cidade e as justificativas foram diversas.

Em relação à segunda questão, a maioria dos alunos respondeu que não é necessária a existência de uma usina nuclear na cidade, justificando que outras formas de produção de energia poderiam ser utilizadas. No entanto, nem todos sugeriram outras fontes segundo um critério tecnicamente correto. Os alunos ainda fazem algumas confusões em relação às fontes de energia e aos recursos disponíveis na



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

cidade. Todos expressam suas opiniões, justificam e fazem sugestões, o que mostra que, apesar da dificuldade de alguns para total compreensão do tema, foi desenvolvido um senso crítico em relação ao tema.

Em relação à terceira questão, quase todos os alunos responderam que acreditam que poderia ocorrer na Usina Nuclear de Angra dos Reis um acidente semelhante ao ocorrido na usina em Chernobyl. Os comentários e justificativas foram bem variados, mas em geral, eles acreditam que pode ocorrer uma falha humana na operação da usina ou que podem existir problemas desconhecidos na construção dos reatores - ambos os motivos foram os supostos causadores do acidente em Chernobyl. Os alunos, com raras exceções, se tornaram conscientes dos riscos oferecidos pela usina nuclear e conseguem enxergar esses riscos em suas realidades. Na avaliação prévia, a maioria não sabia exatamente o que era a usina nuclear e muito menos conhecia os riscos que ela oferece.

Em relação à quarta questão, muitos alunos apenas responderam que não saberiam o que fazer caso ocorresse um acidente na usina nuclear de Angra dos Reis. Outros, porém, disseram de variadas formas que iriam para bem distante da cidade o mais rápido possível, enquanto outros responderam que não sairiam de casa, trancariam portas janelas e aguardariam recomendações. Em geral, as respostas foram curtas e objetivas e se resumem nestas três opções. Elas indicam, sobretudo, que não ficaram claros para os alunos as implicações de um acidente nuclear, os procedimentos de segurança e quais as áreas de maior risco. Sendo assim, seria interessante para os professores que desejem adotar essa proposta trabalhar mais este assunto, pois é essencial que os alunos tenham consciência dos riscos reais e dos procedimentos de segurança. Uma sugestão seria levá-los a uma palestra na defesa civil para tratar este assunto.

No caso específico das questões 5 e 6, percebeu-se que grande parte dos alunos considera importante conhecer o processo de produção de energia e os riscos associados em cada um dos casos.

Sobre a sétima questão, as respostas em geral foram bem completas e semelhantes, a maioria dos alunos mencionou os riscos da exposição à radiação, a produção de lixo atômico, as semelhanças com a bomba atômica, entre outros. O que se pode notar é que houve uma grande evolução no senso crítico em relação às usinas nucleares e na conscientização sobre os riscos que ela oferece.

A oitava questão foi a mais significativa para a pesquisa, pois seu objetivo foi conhecer a opinião dos alunos sobre todas as atividades realizadas durante os dois bimestres. De acordo com as respostas dos alunos, em geral, eles ficaram muito satisfeitos com as aulas, tanto com o tema, quanto com os métodos utilizados, principalmente os vídeos e os debates. Apenas um aluno fez uma crítica aos vídeos, dizendo ter sido um pouco repetitivo pela quantidade de vídeos exibidos. Poucos alunos disseram ter sentido falta de ter a "matéria" no caderno para estudar



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

posteriormente. Muito poucos, também, disseram ter sentido falta da utilização de cálculos e “fórmulas” e apenas um aluno demonstrou preocupação com o vestibular neste sentido.

## **CONCLUSÃO**

A reflexão sobre o ensino de Física tem apontado para a necessidade de inserção de conteúdos de física moderna e contemporânea nos currículos da Educação Básica, o que vem se refletindo em diversos documentos públicos de orientação e norteammento curriculares. Por outro lado, essa inserção enfrenta muitas vezes a descrença dos professores em atuação, em virtude das dificuldades que enfrentam em sua realidade profissional, principalmente na educação pública.

Esse trabalho apresenta um exemplo de implementação dessas inovações curriculares no Ensino Médio, através da metodologia da Pesquisa-ação, no caso, a abordagem do tópico energia nuclear, previsto pelo Currículo Mínimo de Física do Estado do Rio de Janeiro, como subtema do conteúdo mais amplo dos processos de conversão de energia e geração de energia elétrica. A estratégia de tratamento do tema se baseou na busca pelo caráter significativo desse conhecimento para o estudante, promovendo o debate a respeito das diversas dimensões envolvidas na questão, em conformidade com as diretrizes de uma abordagem CTS. Nesses termos, foi elaborada uma sequência didática com a previsão de variadas atividades participativas: debates, jogos, pesquisas e elaboração de vídeos.

A sequência didática assim elaborada foi aplicada durante os anos de 2015 e 2016 em uma turma da segunda série do Ensino Médio de um colégio da rede pública estadual, localizada no município de Angra dos Reis, RJ, valendo-se do fato de que um dos autores era professora de física dessa turma. De acordo com os princípios da Pesquisa-ação, o planejamento inicial da abordagem didática sofreu correções, a partir dos êxitos e, sobretudo, insucessos observados na aplicação. Em particular, o desmembramento de aulas, de forma a permitir uma contraposição mais eficaz entre vantagens e desvantagens associadas a determinados modos de produção de energia e o desenvolvimento pela Professora-pesquisadora de um jogo didático, incorporado à versão final da sequência.

Os resultados da aplicação foram relatados. Observou-se uma participação bem mais efetiva dos estudantes em comparação com temas anteriores, em que não fora aplicado o tratamento aqui utilizado, mostrando que uma abordagem mais significativa, problematizante e participativa estimula o aluno, potencializando o processo de aprendizado.



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

## REFERÊNCIAS

AULER, D. *Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade*: Pressupostos para o contexto brasileiro. *Revista Ciência e Ensino*, v. 1, Nov, 2007.

BARBIER, R. *La recherche-action dans l'institution éducative*. Paris: Gauthier-Villars, 1977, p.227.

BARBIER, 2002; *Pesquisa-ação*. Brasília: Liber Livro Editora, 2002.

CHRISPINO, A. *Ciência, Tecnologia e Sociedade*. Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2009.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.

FOUREZ, G. *A construção das ciências – Introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: UNESP, 1995.

GARCIA, M. I. G.; CERESO, J.A.L. e LÓPEZ J.L.L. *Ciencia, Tecnologia y Sociedad – Una introducción al estudio social de La ciência y La tecnologia*. Madrid: Tecnos, 1996.

KRASILCHIK, M. e MARANDINO, M. *Ensino de Ciências e Cidadania*. São Paulo: Ed. Moderna, 2004, p.26.

LEWIN, K. *Action research and minority problems*. *Journal of Social Issues*, Malden, v. 2, n. 2, p. 34-36, 1946.

Ministério da Educação e Cultura. *Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)*, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em 22 jul 2018.

Ministério da Educação e Cultura. *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)*. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em 22 jul 2018.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M. e GERBASSI, R. S., "Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores". In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.29, n.3, p.447-454, 2007.

RAMSEY, J. *The Science Education Reform Movement: Implications for Social Responsibility*, In: *Science Education*, v. 77, n. 2, p. 235-258, 1993.



DOI: 10.12957/e-mosaicos.2020.46043

RUBBA, P. *Integration STS Into School Science and Teacher Education: Beyond Awareness*. In: *Theory into Practice*, v. 30, n. 4, p. 303-315, 1991.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. *Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências*. In: *Ciência e Educação*, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. *Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira*. In: *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2. Dezembro, 2002.

SANTOS, W. L. P. dos; *Educação Científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios*. In: *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, n. 36, set./dez. 2007.

SEEDUC – Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro. *Currículo Mínimo de Física*, 2012.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-Ação*. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TOLEDO, R. F.; JACOBI, P. R. *Pesquisa-Ação e Educação: Compartilhando princípios na construção de conhecimentos e no fortalecimento comunitário para o enfrentamento de problemas*. In: *Educação & Sociedade*, v. 34, n. 122, p. 155-173. Campinas, jan/mar, 2013.

*Recebido em 20 de outubro de 2019*

*Aceito em 13 de abril de 2020*



A e-Mosaicos Revista Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAp-UERJ) está licenciada com uma Licença [Creative Commons - Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Os direitos autorais de todos os trabalhos publicados na revista pertencem ao(s) seu(s) autor(es) e coautor(es), com o direito de primeira publicação cedido à e-Mosaicos.

Os artigos publicados são de acesso público, de uso gratuito, com atribuição de autoria obrigatória, para aplicações de finalidade educacional e não-comercial, de acordo com o modelo de licenciamento Creative Commons adotado pela revista.