

O JÚRI SIMULADO COMO ETAPA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE RADIOATIVIDADE

THE JURY SIMULATED AS A STAGE OF A DIDACTIC SEQUENCE FOR THE TEACHING-LEARNING OF RADIOACTIVITY

Fábio Marques de Oliveira⁶³

Eluzir Pedrazzi Chacon⁶⁴

Resumo

O trabalho apresenta a elaboração, aplicação e avaliação de uma Sequência Didática para o ensino-aprendizagem de Radioatividade, envolvendo 21 alunos do 3º ano do Ensino Médio em uma escola particular de Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro, que articulou o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade às ideias de Paulo Freire. A “crise hídrica” foi o tema motivador e sustentou toda a metodologia. Questionários com perguntas abertas e fechadas foram aplicados como pré e pós-teste e a avaliação da aprendizagem foi realizada por meio de júri simulado. Resultados mostram que a Sequência Didática gerou uma aprendizagem abalizada sobre o assunto e despertou o interesse por novos conhecimentos, tornando os educandos mais críticos, analíticos e capazes de avaliar riscos e benefícios do uso da Radioatividade.

Palavras-chave: Radioatividade. CTS. Sequência Didática.

Abstract

The work presents the elaboration, application and evaluation of a Didactic Sequence for the teaching-learning of Radioactivity, involving 21 students of the 3rd year of High School in a private school in Nova Iguaçu, in Rio de Janeiro, which articulated the Science-Technology-Society to the ideas of Paulo Freire. The “water crisis” was the motivating theme and supported the entire methodology. Questionnaires with open and closed questions were applied as pre- and post-test and the learning assessment was carried out through a simulated jury. Results show that the Didactic Sequence generated a more grounded learning on the subject and aroused interest in new knowledge, making students more critical, analytical and able to assess risks and benefits of using Radioactivity.

Keys words: Radioactivity. STS. Didactic Sequence.

⁶³ Licenciado em Química, mestre em Ensino de Ciências da Natureza e doutorando em Educação em Ciências e Saúde. Professor da Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro e da rede privada de ensino. E-mail: fabiomarques.quimica@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0720-1062>.

⁶⁴ Licenciada e bacharel em Química, mestre em Geociências e doutora em Química Orgânica pela Universidade Federal Fluminense. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza da Universidade Federal Fluminense. E-mail: eluzir_pedrazzi@id.uff.br. <https://orcid.org/0000-0002-1939-6506>.



Introdução

A Química utiliza uma linguagem própria com símbolos e fórmulas específicas que muitas vezes são memorizadas e não colaboram para o entendimento do mundo que cerca o educando. Um ensino focado neste tipo de aprendizagem não contribui para a formação de um indivíduo crítico, capaz de analisar e tomar decisões sobre os problemas que afetam a sociedade. Neste sentido, a utilização de Sequências Didáticas (SD) com o objetivo de promover uma aprendizagem mais crítica e com abordagens de conteúdos de forma interdisciplinar, nas quais o aluno pode perceber a importância do conhecimento e ser instigado a aprender significativamente, apresenta grande relevância. De uma forma simples, pode-se definir uma SD como “certo número de aulas planejadas e analisadas previamente, com a finalidade de observar situações de aprendizagem” (PAIS, 2002⁶⁵ *apud* GIORDAN, 2012, p. 2). Para Zabala (1998, p. 20), “sequência didática é uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática”.

No presente trabalho, que é um recorte de uma dissertação de mestrado, optou-se em elaborar uma SD com base nos referenciais teórico-metodológicos do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e de Paulo Freire. Diversos autores, como Auler (2007), Palacios *et al.* (2003), Mortimer; Machado e Romanelli (2001), Santos e Schnetzler (2010), dentre outros, defendem a aplicação deste campo teórico-metodológico voltado ao Ensino de Ciências, pois possibilita uma alternativa ao ensino tradicional pautado na transmissão-recepção de conteúdo, o qual Freire (2014) denomina de “educação bancária”, indo ao encontro de uma educação problematizadora, cujo objetivo é libertar os homens (oprimidos) da “opressão”.

[...] que nesta visão “bancária” da educação, os homens sejam vistos como seres da adaptação, do ajustamento. Quanto mais se exercitem os educandos no arquivamento dos depósitos que lhes são feitos, tanto menos desenvolverão em si a consciência crítica de que resultaria a sua inserção no mundo, como transformadores dele. (FREIRE, 2014, p. 83)

⁶⁵ PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

Não obstante, em uma educação problematizadora o ensino deve ser centrado no aluno, devendo o professor abandonar o modelo da narrativa que, segundo Freire (2014, p. 80), “a narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado” e com isso, atuar como um mediador da aprendizagem, fazendo com que na sala de aula, os conceitos possam ser discutidos e seus significados negociados, havendo deste modo, a participação ativa do aluno na construção do conhecimento (MOREIRA, 2011).

Neste sentido, a escolha do conteúdo a ser trabalhado na SD foi fruto de uma autocrítica sobre a forma de ensinar a Radioatividade ao longo dos anos, que pode ser resumida em uma prática baseada na transmissão-recepção, onde os alunos “decoravam” as equações de estabilização do núcleo e aprendiam a resolver de forma mecânica os cálculos de períodos de meia vida, faziam a prova e depois esqueciam tudo que memorizaram. Deste modo, algumas questões nortearam a idealização e o desenvolvimento da Sequência Didática apresentada neste trabalho, tais como: De que maneira podemos tornar este assunto mais relevante? Como fazer com que a aprendizagem deste conteúdo tenha significado para a vida do discente? A Radioatividade é um conteúdo importante e polêmico que possibilita a articulação com questões tecnológicas, sociais e ambientais; além de ser impregnado de preconceitos e visão deturpada, estando quase sempre relacionado a males ou desastres, provavelmente devido aos famosos acidentes de Chernobyl em 1986 e Goiânia em 1987. Entretanto, entende-se que é altamente relevante trabalhar os diversos aspectos que envolvem este assunto, pois ele está relacionado com a vida do homem moderno, como por exemplo, na realização de procedimentos médicos ou na conservação de alimentos, sem mencionar que os alunos participantes da pesquisa vivem no único estado brasileiro que possui uma usina nuclear.

Segundo Santos e Schnetzler (2010) a abordagem de temas sociocientíficos deve ter uma estruturação, que segue os seguintes passos: (1) uma questão social é introduzida; (2) uma tecnologia relacionada ao tema social é analisada; (3) o conteúdo científico é definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; (4) a tecnologia correlata é estudada em função do conteúdo apresentado e (5) a questão

social original é novamente discutida. O processo de avaliação escolar no ensino CTS é outro ponto contundente. Thomas (1985)⁶⁶ citado por Santos e Schnetzler (2010), aponta três dificuldades: a natureza do comportamento a ser avaliado; problemas de mensuração e transferência de situações reais para o contexto acadêmico. Já Yager e McCormack⁶⁷ (1989), também referenciados por Santos e Schnetzler (2010), propõem áreas de domínio e aspectos relevantes que devem ser levados em conta no processo avaliativo, tais como: conhecimento e compreensão (domínio da informação); exploração e descoberta (domínio do processo da Ciência); imaginação e criação (domínio da criatividade); sensibilização e valorização (domínio de opiniões) e uso e aplicação (domínio de aplicações e conexões).

Uma das maneiras para promover situações onde o aluno tenha contato com “problemas reais” e “aplicações da Ciência e da Tecnologia”, é a utilização de simulações educacionais, como um teatro ou um júri simulado. A partir do desenvolvimento destas atividades, os alunos constroem significados acerca dos processos da Ciência e da Tecnologia ao mesmo tempo em que se mobilizam para tentar resolver um problema mediante a aplicação das mesmas. Palacios *et al.* (2003) nos sugere a utilização dessas simulações, quando afirma:

As simulações educacionais das situações onde a inovação tecnológica leva a aplicações sociais controversas são solidárias com uma ideia de educação (e da educação tecno-científica) que não se limite a aquisição de rotinas ou esquemas rígidos de caráter predominantemente conceitual. Tais simulações poderiam consistir no estabelecimento de controvérsias públicas, [...] que teriam sua origem na implantação ou desenvolvimento de algum processo tecnológico que gere incertezas acerca de suas aplicações sociais (p. 70).

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar uma SD elaborada e aplicada para o ensino-aprendizagem da Radioatividade que envolveu a utilização de vídeos, aulas expositivas, rodas de conversa e a avaliação através de um júri simulado.

⁶⁶ THOMAS, I. D. Assessing student understanding of Science-technology-society interactions. **The Australian Science Teachers Journal**, v. 31, n.1, p. 33-37, 1985.

⁶⁷ YAGER, R. E., McCORMACK, A. J. Assessing teachers/learning successes in multiple domains of Science and Science education. **Science Education**, v. 73, n. 1, p. 45-58, 1989.

Metodologia

O trabalho é de natureza aplicada e abordagem qualitativa, onde uma turma participou de uma Sequência Didática (SD), com objetivo de construir conceitos acerca da Radioatividade, utilizando-se um enfoque CTS. A abordagem qualitativa, segundo Moresi (2003), deve ser usada quando se deseja entender detalhadamente o comportamento de um indivíduo ou grupo de indivíduos. Foi aplicado a uma turma de 3º ano do Ensino Médio, com 21 alunos, de um colégio particular localizado no centro do município de Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro. A escola é relativamente pequena e recebe alunos de diferentes classes sociais. Possui o perfil de curso preparatório, principalmente para concursos militares, sendo as aulas principalmente voltadas para este fim, e focadas na resolução de questões de concursos passados. Porém, há certa liberdade do professor, que pode variar suas aulas, contando com recursos tecnológicos como computadores ou projetores, além de televisão, desde que cumprindo o conteúdo programático. Os alunos possuem faixa etária regular, com idades entre 17 e 18 anos, são bem informados e sempre atentos às questões veiculadas na mídia.

A metodologia deste trabalho teve os seguintes momentos:

- ✓ Elaboração de uma situação-problema para servir de estímulo para o desenvolvimento das ações que norteariam este trabalho;
- ✓ Planejamento e elaboração de um material didático para servir de apoio ao desenvolvimento do conteúdo;
- ✓ Elaboração, aplicação e avaliação de um questionário diagnóstico para o levantamento das concepções prévias dos educandos a respeito do assunto;
- ✓ Elaboração de uma Sequência Didática para ministrar o conteúdo;
- ✓ Busca de recursos didáticos alternativos para dar suporte a Sequência Didática elaborada, como vídeos e documentários disponíveis na internet;

- ✓ Avaliação do aprendizado a partir da aplicação de uma atividade lúdica como um júri simulado.
- ✓ Avaliação do material didático de apoio e da Sequência Didática, utilizando-se pré e pós-testes na forma de questionários mistos, com perguntas abertas e fechadas.

Resultados e discussão

A questão problema que norteou este trabalho perpassou por uma tomada de decisão tendo como base a crise hídrica que atingiu principalmente a região sudeste do Brasil em 2015. No caso da escassez da água, as usinas hidroelétricas têm seus potenciais energéticos reduzidos e, faz-se necessário uma fonte alternativa de produção de energia elétrica. A alternativa indicada para combater a crise energética nesta proposta foi à utilização das usinas nucleares para produção de energia elétrica. Assim, para que houvesse a aquisição de uma postura crítica sobre o assunto, os estudantes tiveram que desenvolver uma visão não simplista e ingênua do tema, e também adquirir um conhecimento que possibilitasse a tomada de decisão de forma consciente, avaliando seus riscos e benefícios.

Um material didático na forma de uma apostila foi elaborado para dar suporte instrucional a Sequência Didática a ser aplicada, pois a escola não adotava livro didático. O material foi confeccionado segundo a visão CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – iniciando-se com pequeno texto que trazia o tema gerador, que versava sobre a crise energética vivida no Brasil em 2015 e era baseado em um artigo publicado na Revista Superinteressante⁶⁸. Ressalta-se que na concepção Freireana os temas geradores “só são geradores de ação-reflexão-ação se forem carregados de conteúdos sociais e políticos com significado concreto para a vida dos educandos” (TOZONI-REIS, 2006, p.103).

Um questionário diagnóstico foi elaborado e aplicado para conhecer as concepções prévias dos alunos sobre o assunto, para então, introduzir o conteúdo. O

⁶⁸ A era da falta d'água. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/a-era-da-falta-dagua/>. Acesso em 07/09/2021.

questionário constou de cinco perguntas abertas e fechadas. Para este trabalho, nos interessa focar nas questões da diagnose que demonstrassem a opinião pessoal do aluno e identificar se estas apresentam grande elaboração ou se tratam de visões simplistas, ingênuas e de senso comum. Deste modo, nem todas as questões constantes na diagnose serão discutidas aqui.

Uma questão respondida na diagnose apresentava a característica citada, e dizia: *“Quando você ouve falar em radioatividade, você acha que é uma coisa boa ou ruim? Por quê?”*. Neste caso, as possíveis respostas eram *“Boa”*, *“Ruim”* ou *“Depende do contexto”* e foi permitido aos alunos marcarem duas opções.

Mesmo com a influência negativa dos acidentes e desastres relacionados com a Radioatividade veiculados na mídia, somente dois alunos apontaram que este fenômeno é algo ruim, com as seguintes justificativas:

Porque me vem à memória o ataque sobre as cidades de Hiroshima e Nagasaki (Aluno 1).

Pelo fato de eu associar a materiais radioativos que podem trazer danos à saúde (Aluno 2).

Dentro do grupo dos alunos que só enxergam a Radioatividade como algo bom, algumas justificativas encontradas foram:

Por ser a mais limpa, mas tem que ter muito cuidado, pois algo feito de maneira errada prejudicará por longos anos a população (Aluno 3).

Pelo uso na cura do câncer (Aluno 4).

Pelo uso da radioatividade na ciência (Aluno 5).

Por ajudar no tratamento de doenças (Aluno 6).

Pois acredito que seja a forma de energia perfeita (Aluno 7).

A maior parte da turma, oito alunos, marcaram as duas opções: boa e ruim. Uma análise que se pode fazer é sobre a consciência demonstrada pelos alunos sobre os aspectos benéficos e maléficos da Radioatividade, e suas justificativas levam em

conta os riscos e benefícios, mostrando uma postura crítica. As justificativas encontram-se na sequência a seguir:

Boa nos avanços científicos em geral, mas ruim quando é mal-empregada (Aluno 1).

É boa por ser uma energia que polui pouco, mas ruim por ser cara (Aluno 2).

Boa para o uso na saúde, porém, perigoso (Aluno 3).

Depende do propósito em que ela será utilizada (Aluno 4).

Pois ela pode ser boa em alguns casos e ruim em outros (Aluno 5)

Depende para que fins que ela é utilizada, podendo ser boa para o tratamento de doença e ruim para utilização em armas (Aluno 6).

Depende para o que ela vai ser usada, pois ela pode destruir cidades e matar pessoas, como também pode ajudar alguns (Aluno 7).

Depende em que a radioatividade será usada (Aluno 8).

De maneira geral, estes alunos conseguiram ter uma visão da Radioatividade como algo que pode ser utilizado para o bem-estar social como para prejudicar uma população. Por outro lado, em algumas justificativas apresentadas, os exemplos não são bem detalhados e as respostas são genéricas, o que mostra uma visão parcialmente superficial do conhecimento prévio destes alunos.

Na questão *“Você é contra ou a favor da utilização de energia nuclear para produzir energia elétrica? Por quê?”*, as possíveis opções eram “Contra”, “A favor” ou “Não sei”. Esta última opção foi colocada no questionário considerando que o aluno, para ter uma postura crítica de tomada de decisão sobre algum aspecto social de grande relevância, necessita ter conhecimento da causa, avaliando seus fatores de risco e benefícios. Como se tratava de uma avaliação prévia, consideramos que este conhecimento ainda não tinha sido bem consolidado e assim, admite-se que o aluno não saiba, ainda, se é a favor ou contra esta utilização.

A análise dos questionários respondidos mostrou que nenhum aluno foi contra a utilização da energia nuclear para obter energia elétrica. Levando-se em conta a questão da tomada crítica de decisão, podemos observar que praticamente metade da

turma não sabe se é a favor ou contra, e suas justificativas pairam sobre a falta de conhecimentos específicos na área para tomar uma posição. Algumas justificativas são descritas a seguir.

Não sou totalmente a favor, pois acredito que a influência desta fonte no nosso dia a dia traria malefícios à saúde, porém, dada a atual situação do país, seria uma forma de tentar consertar o que estamos vivendo (Aluno 1).

Pois existem riscos muito grandes de contaminar o meio ambiente e existem outras energias mais limpas (Aluno 2).

Pois é o meio mais limpo para obtenção de energia, porém é perigosa (Aluno 3).

Se houver uma outra energia mais barata e mais limpa, eu sou contra, mas se não, eu sou a favor (Aluno 4).

Pois nunca pesquisei sobre o assunto (Aluno 5).

Ainda não tenho uma opinião formada, mas, levando em consideração a crise energética, acho muito provável que a energia nuclear seja usada para obtenção de energia elétrica (Aluno 6).

É uma maneira para economia de água, porém, muito cuidado é pouco para utilizá-la, pois feito de modo errôneo, prejudicará a população por longos anos (Aluno 7).

Dentre os alunos que são a favor da utilização da energia nuclear para produção de energia elétrica, algumas justificativas apresentadas foram:

Uma maneira limpa (se houver boa manutenção) e com bastante capacidade de energia (Aluno 1).

Pois a energia nuclear pode ser considerada limpa, já que não emite gases estufa (Aluno 2).

Com determinado controle e precaução, ela poderia gerar quantidades gigantescas de energia (Aluno 3).

Porque utilizada corretamente não têm riscos (Aluno 4).

Pois assim, e casos de emergência, como na crise hídrica, ela pode ser usada (Aluno 5).

É uma energia limpa que não afeta tanto o meio ambiente (Aluno 6).

Por ser a energia mais limpa para se utilizar e ser bastante segura, sendo muito difícil acontecer algum desastre (Aluno 7).

As respostas dos alunos a favor mostram uma visão de que a energia nuclear é uma fonte de energia limpa. A questão que envolve o lixo nuclear é algo que pode ser desconhecida pelos alunos, já que em nenhum momento foi citado. Pelo contrário, a caracterização da energia nuclear como uma fonte limpa de energia foi predominante nas opiniões analisadas. As respostas obtidas na avaliação diagnóstica serviram para sustentar os conteúdos e a metodologia utilizada na elaboração e aplicação da SD, pois foram desenvolvidos de maneira a complementar o entendimento dos alunos acerca do tema.

Elaboração da Sequência Didática

O desenvolvimento do tema seguiu uma Sequência Didática (SD) que foi dividida em três etapas denominadas: Construção do Conhecimento, Consolidação do Conhecimento e Verificação Formal da Aprendizagem, que envolveram sete aulas de 90 minutos/aula. Na Construção do Conhecimento foram utilizados como materiais instrucionais, a apostila confeccionada com teoria e exercícios e também dois vídeos, que abordavam questões relativas ao conteúdo. Além disso, aulas expositivas dialogadas e rodas de conversa permitiram a abertura de um espaço de diálogo e interação na sala de aula, possibilitando aos educandos falarem sobre suas reflexões e percepções sobre o assunto de forma espontânea, sendo, portanto essenciais nesta etapa, pois influenciaram o desenvolvimento das áreas de domínio apontadas por Santos e Schnetzler (2010). Para Paulo Freire (1996) “ensinar exige saber escutar”, pois ao escutar as compreensões, dúvidas e incertezas dos educandos, o professor aprende a falar com ele, entende seus questionamentos e pode se colocar com desenvoltura e coerência, estabelecendo um diálogo rico e produtivo. Neste sentido, a roda de conversa consiste em um excelente instrumento de aproximação dos sujeitos no espaço escolar e permite a troca de saberes (CRUZ; MELO, 2014). A etapa de Consolidação do Conhecimento constou de um teatro na forma de Júri Simulado, no

qual toda a turma foi envolvida. O professor iniciou a confecção do roteiro com um contexto que envolvia um problema e os alunos tinham como tarefa elaborar propostas, através de pesquisas, contrárias ou favoráveis à resolução de tal problema, e a partir daí promover um Júri Simulado, no qual a capacidade argumentativa e crítica deveriam ser estimuladas. A terceira etapa, Verificação Formal da Aprendizagem foi adaptada buscando não perder a essência da proposta introduzida, mas sem deixar de explorar o padrão de avaliação utilizado pela escola. Ressaltamos que em todos os momentos os alunos foram avaliados e houve a percepção do aumento da criticidade e da capacidade analítica, pois durante as rodas de conversa expressavam suas opiniões, impressões e vivências. O Quadro 1 mostra de forma resumida os momentos da SD.

Quadro 1: Atividades da SD

Etapas	Atividades	Objetivos	Tempo
Construção do Conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> ● Problematização ● Aula Expositiva e Roda de Conversa ● Exibição e debate sobre o vídeo “O Clã Curie”⁶⁹ ● Exercícios sobre o vídeo para casa 	Apresentar e discutir os aspectos históricos da descoberta da Radioatividade.	90 min
	<ul style="list-style-type: none"> ● Correção dos exercícios propostos ● Aula Expositiva e Roda de Conversa ● Exercícios do material de apoio 	Apresentar e discutir os aspectos referentes ao átomo e os processos de estabilização do núcleo.	90 min
	<ul style="list-style-type: none"> ● Aula Expositiva e Roda de Conversa ● Exercícios do material de apoio 	Apresentar e discutir os aspectos referentes à cinética de desintegração dos processos radioativos.	90 min
	<ul style="list-style-type: none"> ● Aula Expositiva e Roda de Conversa ● Pesquisa: Radioatividade e medicina 	Abordar e discutir os benefícios gerados pela Radioatividade	90 min
	<ul style="list-style-type: none"> ● Discussão sobre os benefícios na medicina ● Aula Expositiva e Roda de Conversa ● Aplicação do vídeo “Linha Direta Justiça – Césio 137”⁷⁰ ● Debate e Resenha para casa 	Abordar e discutir os malefícios gerados pela Radioatividade.	90 min
Consolidação da Aprendizagem	Apresentação do teatro na forma de um júri simulado.	Avaliar o conhecimento construído através de uma atividade lúdica.	90 min

⁶⁹ “O clã Curie” dirigido por Bernar Choquet e disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kRgutN8PZ44>

⁷⁰ “Linha Direta Justiça – Césio 137” - disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=MfshO3PvIYs>

Verificação Formal da Aprendizagem	Aplicação da prova bimestral	Avaliar o conhecimento construído através de uma avaliação dissertativa que envolve aspectos históricos, teóricos e sociais.	90 min
	Aplicação do Simulado	Avaliar o conhecimento construído através de uma avaliação objetiva que engloba aspectos teóricos sobre a Radioatividade.	90 min

Fonte: Própria

Consolidação da Aprendizagem – O Júri Simulado

A dramatização iniciou-se de acordo com o roteiro elaborado pelo professor-pesquisador, que apresentou um contexto contendo um problema, que é mostrado na sinopse.

SINOPSE: A peça conta a história de um casal adolescente que engravidam de gêmeos, mas, sem condições para criar os filhos, resolvem mandá-los para adoção. Um deles é adotado por uma família humilde, que com muito esforço se forma em Engenharia Ambiental e o segundo, criado por uma tradicional e rica família da região fictícia, herdeiro de uma empresa do ramo de energia hidroelétrica, que é um Químico Nuclear. Ambos não conhecem suas origens. Com a crise hídrica da região, a empresa resolve investir no campo nuclear, pretendendo construir uma usina na cidade. Surge aí uma rivalidade entre os irmãos que possuem opiniões completamente opostas e este é o pontapé inicial para o debate acerca dos benefícios e malefícios que esta usina pode causar para a região.

A ludicidade da atividade foi proposital, para que o tema não focasse demasiadamente nos aspectos técnicos do assunto e gerasse desmotivação nos alunos. O objetivo final do Júri era discutir as possibilidades de aplicação do conteúdo, procurando identificar os benefícios e malefícios, e através de reflexões e análises realizar uma tomada de decisão. Freire (1996) mostra que através do exercício da curiosidade, da observação e da delimitação do objeto que se dá a construção do conhecimento e neste sentido, na montagem das falas a serem utilizadas durante a atividade houve a necessidade de se aprofundar no tema, comparar os prós e os

contras da utilização da radioatividade e exercer a capacidade crítica a fim de defender uma posição favorável ou não.

A partir de pesquisas realizadas foram produzidas as falas elaboradas para o debate, as quais são transcritas a partir da gravação da apresentação. O debate começa com o grupo contra a construção da usina (GC), argumentando:

GC: Somos contra a construção desta usina, pois a nossa região possui grande quantidade de pessoas que dependem da pesca e essa construção causaria um problema de cunho econômico para a população que vive aqui. Além disso, essa usina pode causar a poluição das águas com materiais radioativos.

O grupo a favor (GF) rebate:

GF: Não existe fundamento na acusação sobre a poluição da água, pois a água que entra para o resfriamento da turbina, não entra em contato com o material radioativo. Além disso, a energia é gerada a partir do vapor d'água gerado no processo, assim, a radioatividade só serve para aquecer a turbina geradora do vapor.

GC: Mas a água que vocês devolvem ao mar estaria com a temperatura mais elevada, o que poderia comprometer a fauna e a flora marinha. Vocês não pensaram nisso?

GF: Claro que pensamos. Inclusive, estudos mostram que a elevação da temperatura da água do mar da região não ultrapassa 2°C, sendo esta pequena variação insuficiente para gerar tal desequilíbrio. Destacamos também que a construção desta usina pode gerar novos empregos, e assim, mais desenvolvimento para nossa região.

GC: E quanto à questão dos resíduos gerados pela usina? O que se faz atualmente é armazená-los em barris de chumbo e enterrá-los em caixas de concreto. O que vocês pretendem fazer com esse resíduo?

GF: Os resíduos gerados serão tratados como nos orienta as normas internacionais e colocados em locais apropriados.

GC: Quanto à economia, vocês já pararam para pensar nos custos desta obra? A construção de Angra 3, por exemplo, já gastou cerca de 8 bilhões de reais. Fora o custo de manutenção. Isso não seria um problema para a economia da nossa região?

GF: Certamente é um custo de implementação é alto, porém, a energia torna-se barata ao passo que uma pequena quantidade de urânio pode gerar enorme quantidade de energia elétrica. Fora o fato de que após sua construção, a usina contribuirá muito para a nossa economia. É um investimento a longo prazo, mas o retorno é certo.

GC: E por que não investir em uma outra fonte de energia, como a eólica, que seja limpa e não gere resíduos?

GF: Porque a construção de um parque eólico demoraria muito mais tempo do que a de uma usina nuclear.

GC: Mas, se novamente formos tomar como exemplo o caso de Angra 3, o tempo de construção é enorme!

GF: Sim, concordo com você. Mas você está esquecendo que Angra 3 é construída a partir de dinheiro público, ao passo que nossa usina será construída com verba majoritariamente privada. Isso aceleraria sua construção.

Depois da discussão, o júri decidiu que o grupo a favor da construção da usina nuclear apresentou melhores argumentos, e este ganhou a “causa”.

A análise destas falas nos permite inferir que o júri simulado foi de enorme valia para desenvolvimento de habilidades argumentativas e isso corrobora com a questão da tomada de decisão. Para debaterem, os alunos necessitaram pesquisar, entender e aprender mais sobre o tema para ter uma postura crítica. Para Auler (2007, p. 186) “não se forma um sujeito participante e autônomo falando sobre autonomia e democracia, mas exercitando-as”. Além disso, os argumentos apresentados abordaram visões científicas, econômicas e sociais, estando de acordo com os pressupostos do movimento CTS.

O teatro foi assistido pela direção da escola e contou com a participação de uma funcionária, atuando como a juíza do tribunal. O envolvimento de todos os alunos foi visto de maneira positiva pela direção, que deu total apoio à atividade, permitindo que esta fosse realizada em uma sala de aula. O cenário foi improvisado com mesas e cadeiras emprestadas pela escola e a cortina do teatro foi confeccionada e instalada pelos alunos, que se dispuseram a ficar na escola após o horário preparando todo espaço. Ressalta-se que a pesquisa e os ensaios ocorreram fora do espaço da sala de aula.

Avaliação das concepções finais sobre o assunto e da SD

Passadas as etapas propostas no cronograma, os alunos responderam a um questionário (com perguntas abertas e fechadas) como avaliação final sobre tudo o que foi trabalhado. A análise do questionário é mostrada a seguir.

Iniciamos com duas perguntas constantes no questionário diagnóstico (diagnose), a fim de verificar se houve alguma mudança de pensamento por parte dos alunos. A primeira pergunta foi: *“Quando você houve a palavra Radioatividade, você acha que é algo bom ou ruim?”*. As opções a serem marcadas eram “boa”, “ruim” ou “depende”. A essa altura, espera-se que o aluno tenha uma visão crítica e que marque a opção “depende”, já que se trata de uma pergunta muito ampla e sua posição quanto ao bom ou ao ruim, depende do contexto abordado. Dos 20 alunos que responderam ao questionário, 16 marcaram a opção “depende”. Isso mostra que o aluno entendeu que a Radioatividade – como tudo na vida – tem seu lado bom e seu lado ruim, depende da maneira como é utilizada. E esse foi o argumento apresentado por quem marcou esta opção. Dois alunos marcaram a opção “boa”, mas apenas um deles argumentou a favor, dizendo que *“a radioatividade é utilizada para fins médicos, em alimentos e na geração de energia elétrica”*. O outro aluno que marcou a mesma opção apresentou um argumento que se encaixa mais na opção “depende”, afirmando que *“as pessoas podem escolher fazer o bem ou o mal, mas ajuda na cura do câncer”*. Dos que marcaram a opção “ruim”, um argumentou que *“a primeira coisa que vem a minha cabeça são os acidentes”* e o outro, *“por causa das doenças causadas pela radiação, como por exemplo, o câncer”*. Ainda assim, podemos notar uma postura crítica a respeito do tema, utilizando argumentos pertinentes para justificar suas escolhas.

A segunda pergunta versava sobre a opinião do discente sobre a utilização da energia nuclear para produção de energia elétrica, perguntando especificamente *“Você é a favor ou contra a utilização da energia nuclear para geração de energia elétrica?”*. As possibilidades a serem marcadas eram “a favor”, “contra” ou “não sei”. Doze dos vinte alunos responderam ser a favor, e algumas justificativas são descritas a seguir:

Porque possui grande potencial energético e não emite gases do efeito estufa (Aluno 1).

Por ser uma fonte barata, não prejudicar a camada de ozônio e possuir grande fonte de energia (Aluno 2).

Pois se obtém energia barata e infinita (Aluno 3).

O país precisa ter estrutura para receber, porém, seria a melhor opção para resolver crises energéticas (Aluno 4).

Acho válido, pois em termos de obtenção de energia ela é mais potente do que outros meios (Aluno 5).

Seria uma boa opção para solucionar as crises energéticas, mas o país precisa ter estrutura para receber tal fonte (Aluno 6).

Acredito que se tomados os devidos cuidados, é um meio para gerar grande quantidade de energia elétrica, sobretudo limpa (Aluno 7).

Por ser uma energia limpa e muito difícil de dar problema (Aluno 8).

No contexto da economia mundial atual, muitos países são dependentes de combustíveis fósseis, o que está causando inúmeras crises econômicas. Com essa utilização, ocorrerá uma diminuição desta dependência (Aluno 9).

Porque é uma energia limpa e barata (Aluno 10).

É uma energia limpa, barata, que não gera poluição como as outras e tem um impacto ambiental muito pequeno (Aluno 11).

Pois tem formas de não vazar os elementos radioativos e atualmente só utilizamos 3%. Temos muita capacidade de fazer isso de forma segura (Aluno 12).

Observa-se que a postura frente à defesa da utilização da energia proveniente de fontes nucleares é diferente daquela abordada na avaliação diagnóstica, o que sugere uma mudança na forma de pensar dos alunos. Muitas respostas não condizem com a real situação, como por exemplo, alguns alunos citaram a energia nuclear como uma fonte barata e infinita. Se formos pensar no custo de implementação e manutenção de uma usina nuclear, não podemos afirmar que é barata. Apontam-se duas possibilidades para esta postura. A primeira herdada de um aspecto histórico, onde se discutiu que a Radioatividade no início do século vinte era vista como a energia do futuro e essa postura otimista pode ter influenciado esta visão e outra, tomando como foco apenas o processo de produção, onde uma pequena quantidade de urânio geraria energia que beneficiaria uma grande parcela da população.

Dos oito alunos restantes, quatro responderam que não sabiam se eram contra ou a favor e quatro disseram ser contra. As justificativas destes últimos foram:

Porque o custo de implantação é alto, a produção de energia é centralizada, gera pouco emprego, o risco de acidentes é alto e o lixo atômico gerado é prejudicial (Aluno 1).

Devido a muitos riscos que estamos sujeitos se alguma falha ocorrer (Aluno 2).

Porque o lixo nuclear precisa ser armazenado em locais seguros e isolados (Aluno 3).

Porque gera uma grande quantidade de lixo atômico e pode aquecer a água prejudicando a fauna marinha (Aluno 4).

Os que não souberam opinar justificaram sua escolha pautados em um lado benéfico e outro maléfico. Na verdade, analisando as justificativas de todos os alunos que responderam o questionário, podemos inferir que eles avaliaram os riscos e os benefícios para tomada de decisão, como nos orienta o movimento CTS (PALACIOS *et al.*, 2003).

Para avaliar a metodologia empregada durante o bimestre, os alunos responderam a três perguntas. Na primeira questão, foi pedido que o aluno avaliasse sua percepção quanto ao teatro, sendo possíveis as opções “legal e fácil de fazer”, “legal, mas difícil de fazer”, “chato, mas fácil de fazer” e “chato e difícil de fazer”. Trinta por cento dos alunos, ou seja, 6 alunos, marcaram a opção “legal e fácil de fazer”, sendo que apenas um justificou, afirmando: “Pois a situação vivenciada no teatro poderia ser real e, na verdade é, pois passamos por um momento em que este assunto é cogitado”. A outra parte da turma, 14 alunos, marcou que o teatro foi legal, porém, difícil de executar. A principal justificativa apresentada por estes alunos foi que, por se tratar de um trabalho que envolvia toda a turma, os momentos de encontro para ensaiar a peça e dividir tarefas eram poucos, o que acarretou certa dificuldade para execução. Além disso, uma pesquisa aprofundada teve de ser realizada a fim de que cada grupo se respaldasse sobre a posição adotada – contra ou a favor da utilização de uma usina nuclear.

Na segunda questão deste bloco de avaliação da metodologia, foi perguntado se o aluno achou a Radioatividade próxima de sua realidade e dezesseis alunos afirmaram que sim. Dentre as razões apresentadas por este grupo, encontram-se as aplicações da Radioatividade abordadas no próprio questionário, como diagnóstico e tratamento de doenças, irradiação de alimentos e utilização da fonte nuclear para produção de energia elétrica. Os alunos que responderam “não” a esta pergunta, justificaram com base no não entendimento da pergunta. Justificativas como *“acredito que minha região não tenha estrutura para receber tal usina”*, mostram que estes alunos interpretaram a questão como *“A construção de uma usina estaria próxima da realidade local onde você vive?”*.

Já na última questão deste bloco, os alunos foram perguntados sobre o que acharam da proposta CTS, podendo responder “totalmente válida”, “parcialmente válida” ou “desnecessária”. Dezoito alunos marcaram a primeira opção, porém, nem todos souberam justificar. Vale ressaltar que os alunos foram informados anteriormente sobre o que se trata a proposta CTS. As principais justificativas apresentadas são mostradas a seguir.

Porque quando envolve o dia a dia fica mais fácil de entender (Aluno 1).

Porque nos dá um conhecimento mais geral e aplicável do assunto (Aluno 2).

Pois assim a aula torna-se mais interessante (Aluno 3).

Porque o assunto é ensinado de forma que mostre as aplicações no dia a dia e na sociedade (Aluno 4).

Assim, podemos observar pelas respostas dadas, que a metodologia empregada no ensino-aprendizagem de Radioatividade trouxe um novo olhar para a sala de aula, mostrando a importância do conteúdo para a vida do educando e da sociedade, e deste modo, aumentando o seu interesse e disposição para aprender, além de permitir ao professor rever o seu papel na construção do conhecimento discente. Segundo Freire (2014, p. 97):

[...] o educador problematizador re-faz, constantemente, seu ato cognoscente, na cognoscitividade dos educandos. Estes, em lugar de

serem recipientes dóceis de depósito, são agora investigadores críticos, em diálogo com o educador, investigador crítico, também”.

Considerações finais

Para que um cidadão tenha domínio do conhecimento científico e da implicação deste na sociedade, é necessário que ele seja cientificamente alfabetizado. Este processo de alfabetização pode ocorrer mediante o envolvimento dos educandos com situações sociocientíficas, como afirmam Santos e Schnetzler (2010), em que sejam necessários conhecimentos acerca da Ciência e da Tecnologia para a tomada de decisão.

Deste modo, o trabalho visou desenvolver, aplicar e avaliar uma Sequência Didática para uma turma de 3º ano do Ensino Médio de uma escola particular, sobre o conteúdo de Radioatividade. Para isso, referenciais ligados ao movimento CTS e do educador Paulo Freire foram utilizados como eixos balizadores para desenvolvimento da pesquisa. Realizando uma análise *a posteriori*, podemos afirmar que a Sequência Didática aplicada foi válida, corroborando com o que foi previsto inicialmente.

O tema escolhido foi a crise hídrica, isto é, a falta de água que o país passou no início do ano de 2015, prejudicando o fornecimento de energia devido aos baixos níveis dos reservatórios das usinas hidroelétricas. A escolha deste tema vai ao encontro do que Paulo Freire denomina “temas geradores” e pode culminar com um melhor aprendizado a partir do momento em que o aluno tem despertada sua “curiosidade epistemológica”, como nos sugere o autor (FREIRE, 2014). Além disso, a visão deturpada e dogmática de Ciência, ou mais especificamente, da Química, dá lugar a uma visão menos ingênua e simplista, fazendo com o educando veja sentido no porquê de estudar determinado conteúdo e consiga investigá-lo criticamente, desenvolvendo assim, uma aprendizagem com significado para a sua vida.

Na Sequência Didática foram utilizados dois vídeos, o primeiro que mostrou a importância da Família Curie no entendimento sobre o fenômeno da Radioatividade e o segundo, que abordou as situações e os problemas envolvidos no acidente de

Goiânia. Os vídeos trouxeram para a sala de aula maior dinamismo e proporcionaram uma problematização em torno do tema. As aulas expositivas dialogadas e as rodas de conversa permitiram que os educandos manifestassem suas opiniões e reflexões espontaneamente, sem medo de errar ou de fazer críticas aos assuntos tratados. O Júri Simulado proporcionou uma análise e reflexão crítica sobre a teoria e, sendo aplicado a um caso concreto, suscitou uma oportunidade de realizar um debate aprofundado sobre o tema, e deste modo, mostrou-se uma excelente ferramenta para despertar nos educandos a importância do conhecimento para o pleno exercício da cidadania.

Por fim, acreditamos que a Sequência Didática desenvolvida e aplicada, bem como o material de apoio, cumpriram seus papéis, resultando em um processo de ensino-aprendizado problematizador, que fez com que os alunos buscassem o conhecimento para resolver questões sociocientíficas. Assim, podemos afirmar que esta metodologia pode ser uma grande aliada no percurso que pretende chegar à formação de um cidadão crítico e alfabetizado, diminuindo a aversão e o fracasso escolar relacionado às disciplinas científicas, principalmente a Química no Ensino Médio. No entanto, ressaltamos que as condições encontradas para realização deste trabalho foram propícias para se obter os resultados aqui expostos, como uma turma pequena, alunos interessados e dispostos a aprender, escola com infraestrutura e que dá liberdade para o professor introduzir novas metodologias, desde que a ementa da disciplina seja respeitada. Em outras realidades, o resultado pode não ser o mesmo.

Referências

AULER, D. Articulação entre os pressupostos do educador Paulo Freire e do movimento CTS: novos caminhos para educação em Ciência. **Contexto & Educação**, Ijuí, v. 22, n. 77, p. 167-188, jan./jun. 2007. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/1089>. Acesso em: 29/09/21.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 58 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. Instrumento para Construção e Validação de Sequências Didáticas em um Curso a Distância de Formação Continuada de Professores. In: ENCONTRO



NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0875-2.pdf. Acesso em: 07/09/21.

MELO, M. C. H.; CRUZ, G. C. Roda de conversa: uma proposta metodológica para a construção de um espaço de diálogo no Ensino Médio. **Imagens da Educação**, Maringá, v. 4, n. 2, p. 31-39, 2014. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/view/22222>. Acesso em: 30/09/21.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **Ensino, Saúde e Ambiente**, Niterói, v. 4, n. 1, p. 2-17, 2011. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/ensinosaudeambiente/article/view/21094>. Acesso em: 30/09/21.

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2003.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de Química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000. Disponível em: http://static.sites.sbg.org.br/quimicanova.sbg.org.br/pdf/Vol23No2_273_V23_n2_%2821%29.pdf. Acesso em: 07/09/21.

PALACIOS, E. M. G.; VON LINSINGEN, I.; GALBARTE, J. C. G.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; PEREIRA, L. T. V.; GORDILHO, M. M.; OSORIO, C.; VALDÉS, C.; BAZZO, W. A. Introdução aos estudos CTS. **Cadernos de Ibero-América**, 2003, 168f. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6906370-Introducao-aos-estudos-cts-ciencia-tecnologia-e-sociedade.html>. Acesso em: 30/09/21.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4 ed. rev. e atual. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

TOZONI-REIS, M. F. C. Temas ambientais como “temas geradores”: contribuições para uma metodologia educativa ambiental crítica, transformadora e emancipatória. **Educar**, Curitiba, n. 27, p. 93-110, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/er/a/NF53QF3xZhTHWjVVznd57zG/?lang=pt>. Acesso em: 04/11/21.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Data do envio: 09/09/2021

Data do aceite: 10/11/2021

