UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

THAIZ REGINA ANTISZKO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE COM ENFOQUE CTS NO ENSINO MÉDIO

DISSERTAÇÃO

PONTA GROSSA
2016

THAIZ REGINA ANTISZKO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE COM ENFOQUE CTS NO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia no exame de Qualificação, do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus de Ponta Grossa.

Orientadora: Profª Dra. Elenise Sauer

Co-orientador: Profª Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira

PONTA GROSSA

2016

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação está licenciada sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/ ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.06/15

A633 Antiszko, Thaiz Regina

Sequência didática para o ensino de radioatividade com enfoque CTS no ensino médio. / Thaiz Regina Antiszko. – 2016.
123 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profª Dra. Elenise Sauer
Coorientador: Profª Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

1. Radioatividade. 2. Química - Estudo e ensino. 3. Ciência - Aspectos sociais. 4. Tecnologia - Aspectos sociais. I. Sauer, Elenise. II. Silveira, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV. Título.

CDD 507

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus de Ponta Grossa
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação Nº 114/2016

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE COM ENFOQUE CTS NO ENSINO MÉDIO

por

Thaiz Regina Antiszko

Esta dissertação foi apresentada às **15 horas** do dia **12 de dezembro de 2016** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, com área de concentração em Ciência, Tecnologia e Ensino, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profª. Drª. Leila Ines Follman Freire (UEPG)

Profª. Drª. Eloiza Aparecida Silva Avila de Matos (UTFPR)

Profª. Drª. Elenise Sauer (UTFPR) ï
Orientador

Profª. Drª. Eloiza Aparecida Silva Avila de Matos (UTFPR)
Coordenador do PPGECT - Mestrado

A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NO DEPARTAMENTO DE REGISTROS ACADÊMICOS DA UTFPR ï CÂMPUS PONTA GROSSA

AGRADECIMENTOS

Agradeço muito a Deus pela vida, por essa incrível experiência de vivermos neste mundo, de conhecer e conviver com inúmeros tipos de pessoas, de aprender. Agradeço aos meus pais, Mariana e Estefano. Sem eles nada disso seria possível, sem o apoio, as palavras de incentivo e por acreditarem em mim. Agradeço ao meu irmão, Marcos Antiszko por se preocupar tanto comigo, sempre me oferecendo um ombro amigo em todas as horas.

Agradeço infinitamente a minha orientadora Elenise. Deus foi muito generoso em colocá-la em minha vida. Agradeço por todas as orientações, pelo incentivo, por acreditar em mim mesmo quando eu não acreditava. Foram momentos de estudo muito valiosos. Agradeço por me tornar uma nova professora, com um novo olhar para o ensino de química. É o exemplo de professora que eu sonho em ser.

Agradeço a minha co-orientadora pelos ensinamentos na área do CTS, pelas suas aulas sempre animadas e pelo seu carisma. Exemplo de pessoa e profissional.

Agradeço ao meu noivo Marcos por todo o apoio neste processo, desde o dia que resolvi realizar minha inscrição. Sua presença, seu carinho, sua compreensão e seu cuidado fez com que esta etapa da minha vida fosse da maneira mais prazerosa possível. Agradeço muito pelo companheiro maravilhoso que ele é para mim.

Agradeço a diretora do Colégio onde realizei a pesquisa, a qual é uma pessoa e profissional maravilhosa, que eu muito admiro.

Agradeço aos estudantes que fizeram parte do projeto e abraçaram a causa junto comigo. O trabalho de um professor só é válido quando é reconhecido por seus estudantes e foi isso o que senti ao realizar este estudo. A eles, muito obrigada.

Agradeço aos meus amigos e familiares pelo apoio e a todos que de maneira direta ou indireta fizeram parte deste trabalho.

Ah!
Se o mundo inteiro me pudesse ouvir
Tenho muito pra contar
Dizer que aprendi.
(Azul da Cor do Mar- Tim Maia)

RESUMO

ANTISZKO, Thaiz Regina. **Sequência didática para o ensino de radiotividade com enfoque CTS no ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Tecnologias) ï Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa. 2016.

Esta dissertação apresenta um estudo do desenvolvimento e avaliação de uma sequência didática em um enfoque CTS para o ensino do tema radioatividade no ensino de Química. A sequência didática elaborada contemplou diferentes atividades envolvendo as relações do conteúdo científico com o cotidiano dos estudantes, além das relações que a radioatividade possui com a ciência, tecnologia e a sociedade. A abordagem metodológica utilizada foi a qualitativa de natureza interpretativa, realizada com 18 estudantes, do segundo ano do ensino médio, do turno matutino, de um colégio da rede estadual de ensino da cidade de Ivaí ï PR. A coleta de dados se deu por meio de questionário, observação participante, anotações em diário de campo, atividades desenvolvidas pelos estudantes, fotos e filmagens. Os principais resultados indicaram contribuições para a compreensão do conhecimento científico e as relações de CTS a respeito do tema, além dos aspectos positivos para motivar os estudantes a refletir e formar opinião sobre as questões científicas e tecnológicas. A dramatização apresentada como item finalizador foi um ponto de destaque da sequência, evidenciou a relação e a compreensão obtida pelos estudantes a respeito dos aspectos negativos e positivos da radioatividade, assim como proporcionou a motivação dos estudantes no estudo do tema. E, de forma geral, houve contribuição preponderante do enfoque CTS na transposição dos conceitos prévios dos estudantes, para a construção de novos conhecimentos a respeito da radioatividade, e para a percepção das suas diversas e controversas relações na sociedade, como na utilização em tratamentos médicos, produção de energia nuclear, construção de bombas, entre outros.

Palavras-chave: Sequência didática. CTS. Radioatividade. Ensino de Química

ABSTRACT

ANTISZKO, Thaiz Regina. **Didactic Sequence to the radioactivity teaching using a STS approach on high school.** 2016. Dissertation (Master in Science and Technology Education) - Graduate Program in Science and Technology Education. Ponta Grossa. 2016.

This dissertation presents a study of the development and evaluation of a didactic sequence in a STS approach to teaching the subject radioactivity in the teaching of Chemistry. The elaborated didactic sequence contemplated different activities involving the relations of the scientific content with the daily of the students, besides the relations that the radioactivity has with the science, technology and the society. The methodological approach used was qualitative of an interpretive nature, carried out with 18 students, from the second year of high school, the morning shift, of a college of the state education network of the city of Ivaí - PR. The data collection was done by means of a questionnaire, participant observation, notes in field diary, activities developed by the students, photos and filming. The main results indicated contributions to the understanding of scientific knowledge and the STS relations on the subject, besides the positive aspects to motivate the students to reflect and to form opinion on the scientific and technological issues. The drama presented as a final item was a highlight of the sequence, evidenced the relationship and understanding of the students about the negative and positive aspects of radioactivity, as well as the students' motivation to study the subject. In general, there was a preponderant contribution of the STS approach in the transposition of students' previous concepts, in the construction of new knowledge about radioactivity, and in the perception of their diverse and controversial relations in society, as in the use of medical treatments, nuclear power production, pump construction, among others.

Key words: Didactic Sequence. STS. Radioactivity. Chemistry Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de uma sequência didática 38

Figura 2 - Momentos da sequência didática de ensino de radioatividade numa abordagem CTS 41

Figura 3: Linha do tempo construída pelos estudantes C e L 50

Figura 4: Linha do tempo construída pelos estudantes F e M.....50

Figura 5: Linha do tempo construída pelos estudantes D, E, O e P.....50

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Estudantes na análise das linhas do tempo 55

Fotografia 2: Estudantes na leitura dos textos a respeito da Energia Nuclear 55

Fotografia 3: Estudantes elaborando o roteiro da dramatização 55

Fotografia 4: Estudantes do grupo A encenando a dramatização sobre as descobertas de Marie Curie 56

Fotografia 5: Estudantes do grupo B encenando a dramatização sobre o acidente com o elemento Césio-137 56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Respostas dos estudantes sobre definição de radioatividade.....57

Tabela 2 - Respostas dos estudantes sobre os meios pelos quais ouviram falar sobre 63

Tabela 3 - Respostas dos estudantes sobre a classificação de radioatividade.....66

Tabela 4 - Respostas dos estudantes sobre a presença da radioatividade 71

Tabela 5 - Respostas dos estudantes sobre onde está presente a radioatividade ...72

Tabela 6 - Respostas dos estudantes sobre o fator histórico envolvendo a radioatividade 74

Tabela 7 - Respostas dos estudantes sobre a relação da radioatividade com a política e a sociedade.....79

Tabela 8 - Respostas dos estudantes sobre a relação da radioatividade com Ciência e Tecnologia.....82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14
2.1 ENSINO DE QUÍMICA NA ESCOLA 14
2.2. RADIOATIVIDADE NO ENSINO 20
2.3 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS) 27
2.4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA 37
3 METODOLOGIA 39
3.1 COLETA DE DADOS 46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NUMA ABORDAGEM CTS 49
4.1 EVOLUÇÃO CONCEITUAL SOBRE RADIOATIVIDADE 57
4.2 MEIOS EM QUE OS ESTUDANTES OUVIRAM FALAR SOBRE A RADIOATIVIDADE 62
4.3 A RADIOATIVIDADE COMO MALÉFICA OU BENÉFICA 65
4. 4 PRESENÇA DA RADIOATIVIDADE NO COTIDIANO 70
4.5 PERCEPÇÃO HISTÓRICA DO QUE É RADIOATIVIDADE 74
4.6 RELAÇÕES SOCIAIS E POLÍTICAS DA RADIOATIVIDADE 79
4.7 RELAÇÕES COM A CIÊNCIA E TECNOLOGIA 81
4.8 CONTRIBUIÇÕES NA CONSTRUÇÃO DE UM PENSAMENTO CRÍTICO E REFLEXIVO 85
4.9 CONTRIBUIÇÕES NA MOTIVAÇÃO 87
5 CONCLUSÃO 91
REFERÊNCIAS 94
APÊNDICE A: AUTORIZAÇÃO DA DIRETO PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA DENTRO DO ESPAÇO ESCOLAR 100
APÊNDICE B ï AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA E IMAGENS 102
APÊNDICE C ï QUESTIONÁRIO INICIAL 104
APÊNDICE D ï LISTA DE EXERCÍCIOS SOBRE FISSÃO E FUSÃO NUCLEAR E EMISSÃO DE PARTÍCULAS 106
ANEXO A: TEXTOS SOBRE ENERGIA NUCLEAR 108

1 INTRODUÇÃO

O tema radioatividade chama a atenção dos estudantes pelo fato de ser atrelado a diversos acidentes que aconteceram ao longo da história. Ao ouvir a palavra radioatividade, é praticamente instantâneo e automático a lembrança do lançamento das duas bombas atômicas lançadas nas cidades japonesas Hiroshima e Nagasaki durante a Segunda Guerra Mundial.

A radioatividade também ficou marcada devido a diversos acidentes envolvendo elementos radioativos, por falhas técnicas em usinas nucleares e pela má utilização do conhecimento que este tema engloba. Os acidentes com as usinas nucleares de Chernobyl na Ucrânia, Three Mile Island nos Estados Unidos, Fukushima no Japão (o mais recente, ocorreu em 2011). E o acidente com o isótopo do elemento químico césio (Ce) em Goiânia, são exemplos de catástrofes relacionadas ao tema radioatividade.

Devido as inúmeras falhas e acidentes terem ocorrido pela utilização incorreta de elementos radioativos, a radioatividade passou a ser mal vista por muitas pessoas, que entendem que este conhecimento está ligado a algo que é prejudicial. Por muitas vezes o conhecimento científico da radioatividade foi mal utilizado ao longo dos anos, sendo assim, um dos principais motivos para ocorrência dos acidentes, além da falta de conhecimento das pessoas envolvidas nos fatos.

Assim como estes, existem muitos argumentos que fundamentam a necessidade de que este conteúdo seja trabalhado na escola, e, desta forma possa garantir que os estudantes tenham acesso a esse conhecimento científico, e que tenham a possibilidade de refletir a respeito de suas relações e implicações no meio em que vivem, despertando desta maneira o interesse pelo tema.

Para Azevedo (2013, p.3) ñO entendimento dos conceitos e processos advindos da química nuclear é extremamente importante para estabelecer uma visão crítica e reflexivaò. De acordo com Russell (2000) a radioatividade é o fenômeno que explica as emissões radioativas emitidas pelo núcleo atômico, que provocam mudanças na sua composição ou estrutura. Estas emissões podem ser de três espécies de raios ou de partículas: alfa, beta e gama.

O tema radioatividade pode ser amplamente explorado pelos professores de química, que além de apresentar um contexto histórico, como o lançamento das bombas atômicas, também está relacionada a assuntos atuais, como o tratamento do câncer pela radioterapia, a irradiação dos alimentos para maior tempo de conservação, as usinas nucleares na produção de energia, a radiação utilizada em diversos aparelhos domésticos, como o micro-ondas e o próprio celular.

Em todos os fatos apresentados, pode-se identificar a relação da radioatividade com a ciência, a tecnologia e a sociedade, sendo possível perceber que nem sempre a utilização de um conhecimento químico pela ciência, pode trazer avanços tecnológicos que propiciem somente benefícios à sociedade. As bombas atômicas são um exemplo de que um avanço tecnológico pode afetar de maneira direta o bem-estar social, causando como neste caso, mortes e destruição no meio social.

Ensinar os conteúdos relacionados ao tema radioatividade nas aulas de química tem como objetivo primordial de desenvolver nos estudantes a capacidade de participar criticamente nas questões da sociedade, visto que este está presente em nossas vidas.

Durante muito tempo se propagou a ideia de que a ciência é neutra e que tanto avanços científicos quanto tecnológicos trariam apenas bem-estar social. ñSe a ciência é valorativamente neutra, então os artefatos, produtos de sua aplicação, também o serão; ou ainda, será bom o uso que se faça deles, pois não geram problemas éticos, políticos e sociaisò(PALACIOS, et al., 2003, p.43).

É necessário, portanto, que o ensino de radioatividade apresente os dois lados da utilização deste conhecimento no meio científico, para que os estudantes tenham condições de discernir que o conhecimento não é ruim, mas sim a forma como este é utilizado. Além de que, possibilite perceber que a ciência e a tecnologia não são neutras, ambas possuem interferências externas e ambas interferem na sociedade. A visão que a maioria das pessoas possui a respeito do que é ciência e tecnologia necessita ser redimensionada, considerando o fato de que nem sempre algo originado no meio científico trará benefícios para a população.

Segundo Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007, p.73):

> Pode ser perigoso confiar excessivamente na ciência e na tecnologia, pois isso supõe um distanciamento de ambas em relação às questões com as quais se envolvem. As finalidades e interesses sociais, políticos, militares e econômicos que resultam no impulso dos usos de novas tecnologias implicam enormes riscos, porquanto o desenvolvimento científico-tecnológico e seus produtos não são independentes de seus interesses.

Dentre as possíveis alternativas para o ensino do tema radioatividade, o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) apresenta-se de forma a auxiliar a transposição didática em sala de aula, pelo fato de que este possibilita uma aproximação do conceito estudado ao cotidiano. Além do que, conduz o estudante a refletir sobre o meio ao qual pertence, sobre as consequências do uso de determinado conhecimento científico, e em como, e o quanto esta utilização interfere na sua própria vida.

Para Firme e Amaral (2008, p. 253) ñna perspectiva CTS, as propostas de ensino incluem uma abordagem de conceitos científicos articulados a questões tecnológicas e sociais, buscando promover ampla discussão em sala de aulaò Atualmente é imprescindível trabalhar com os estudantes objetivando a despertá-los para o exercício da cidadania, fazendo-os refletir sobre a utilização do conhecimento científico, e sobre a interferência deste conhecimento sobre o avanço tecnológico e no meio social. E para isso, estes devem possuir um conhecimento mínimo para poderem participar criticamente desta sociedade tecnológica, com a necessidade de possuir bases para participar na tomada de decisões sociais.

Firme e Amaral (2008, p. 253) apontam algumas definições para o Movimento CTS:

> O Movimento CTS propõe, para o ensino de Ciências, uma nova estruturação de conteúdos e procedimentos de ensino. Isso ocorre com base em orientações curriculares que incluam questões tecnológicas e sociais, além dos conceitos científicos e estratégias de ensino que busquem promover uma aprendizagem ampla de conceitos científicos aliada à construção de uma postura cidadã.

O enfoque CTS apresenta uma enorme contribuição para o desenvolvimento deste pensamento crítico e reflexivo, fazendo com que os estudantes não somente aprendam determinado conteúdo, mas que o relacione com diversos aspectos, compreendendo desta forma a verdadeira importância em aprendê-lo. Além do que,

a necessidade de formar cidadãos que tenham cada vez mais conhecimento, e que assim, sejam capazes de opinar a respeito de diferentes situações, se faz cada vez mais importante na sociedade contemporânea e globalizada.

É fato que a Química ao longo dos anos foi ensinada apenas com definições de conceitos, fórmulas e teorias, não havendo a preocupação com a relação do conteúdo químico ao cotidiano, ou com a contribuição destes para o desenvolvimento da vivência social destes estudantes. Sendo desta forma, vista como uma disciplina õmuito difícilò, e que não desperta o interesse dos estudantes em aprendê-la.

No contexto de ciência exata, a Química realmente exige um conhecimento de fórmulas, de teorias e de conceitos, porém seu ensino não deve se limitar apenas a estes fatores, porque desta forma torna-se pouco interessante e significativo a quem for estudá-la.

Considerando estes argumentos, õnos últimos anos percebe-se que o ensino de ciências precisa passar por mudanças significativas, a fim de proporcionar aos estudantes uma compreensão crítica das implicações científicas e tecnológicas em sua sociedadeò (HYGINO; MARCELINO; LINHARES, 2013, p.50).

Nesta perspectiva, trabalhar o conteúdo de radioatividade com enfoque CTS, permite a inovação e a melhoria do ensino deste conteúdo. E, considerando que o tema radioatividade possui diversos aspectos científicos que são relacionados aos tecnológicos e aos sociais isto o possibilita a ser trabalhado de acordo com os alicerces do enfoque CTS. Adicionalmente, entende-se que a utilização de estratégias de ensino fundamentadas com essa orientação, estimulam o interessante dos estudantes, tornando-o significativo, podendo desta forma contribuir para o desenvolvimento do gosto dos mesmos pela disciplina de Química.

Num aspecto mais amplo, o ensino da radioatividade com um enfoque CTS permite que o estudante principie a reflexão sobre o meio em que está inserido e que comece a pensar, e a compreender a relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, possibilitando questionamentos e inferências de julgamentos baseados em argumentos sólidos sobre situações rotineiras que envolvem essas áreas.

As atividades constantemente utilizadas no ensino com base na postura metodológica CTS caracterizam-se em realizar questionamentos que conduzam a discussões a respeito de fatos, que por muitas vezes, não são valorizados no dia-a-

dia. Permite também evidenciar episódios a respeito da utilização do conhecimento científico em artefatos tecnológicos, propiciando que os estudantes comecem a refletir a respeito destas utilizações. Desmistifica-se deste modo, a visão carregada durante décadas a respeito da ciência, revelando que o avanço por detrás desta, nem sempre é em prol de um bem-estar social.

Durante algum tempo, o resultado observado na vivência como professora de química, no cenário da atuação em sala de aula, foi que o conteúdo de radioatividade além de ser pouco explorado pelos professores, muitas vezes não chega nem a ser trabalhado, conforme muitos colegas professores da disciplina relataram.

Portanto, na busca de promover mudanças nesse cenário, muitas reflexões ocorreram e que conduziram ao levantamento de informações que pudessem responder à questão em como promover o ensino de radioatividade numa abordagem CTS. Uma das alternativas convergiu para o planejamento de ações para desenvolver uma sequência didática para o ensino de radioatividade.

Com base no que foi exposto, este trabalho apresenta-se como uma alternativa de ensino para a abordagem deste conteúdo em sala de aula, desenvolvido no contexto, e a partir de uma situação real de ensino na prática do professor pesquisador. E, que, portanto, se configura como uma proposta que tem condições de ser desenvolvida por professores da educação básica, contribuindo acima de tudo para que da sua análise, propicie reflexões que minimizem os motivos pelos quais optam por não trabalhar este conteúdo.

Fundamentado no que foi apresentado coloca-se o seguinte problema de pesquisa: Quais as contribuições de uma sequência didática no enfoque CTS para o ensino do conteúdo de radioatividade aos estudantes do 2º ano do Ensino Médio?

Tendo como objetivos:

Geral

- Analisar a contribuição de uma sequência didática com o enfoque CTS para o processo de aprendizagem do conteúdo de radioatividade.

Específicos

- Elencar assuntos sociais, tecnológicos e científicos que envolvam o tema radioatividade a fim de promover uma evolução sobre a visão da

radioatividade na formação em nível médio por meio de uma sequência didática.

- Elaborar um Produto Educacional que contemple a sequência didática desenvolvida para o ensino de radioatividade numa abordagem CTS.
- Avaliar qual a contribuição da sequência didática no ensino de radioatividade numa abordagem CTS.

Trabalhar a radioatividade com um enfoque CTS permite que o estudante principie a reflexão sobre o meio em que está inserido e que comece a pensar e a compreender a relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, possibilitando questionar e inferir julgamentos baseados em argumentos sólidos sobre situações rotineiras que envolvem essas áreas.

Este modo de ensino caracteriza-se por apresentar questionamentos e realizar discussões a respeito de fatos, que por muitas vezes, passam por despercebidos em nosso dia-a-dia. Além do mais, permite evidenciar episódios a respeito da utilização do conhecimento científico em artefatos tecnológicos, propiciando que os estudantes comecem a refletir a respeito destas utilizações. Desmistifica-se deste modo, a visão carregada durante décadas a respeito da ciência, revelando que o avanço por detrás desta, nem sempre é em prol de um bem-estar social.

Visto que o trabalho desta área do conhecimento da química apresenta tantos pontos positivos com relação ao desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo e uma maior compreensão dos estudantes com o meio em que vivem, realizar esta pesquisa poderá trazer benefícios consideráveis ao ensino de Química.

E, pautada numa concepção de que a radioatividade apresenta tanto pontos positivos quanto negativos ao meio em que vivem os estudantes, bem como, da relevância na promoção do desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo, e, de possíveis relações no ensino de Química, esta pesquisa teve como objetivo avaliar quais as contribuições de uma sequência didática com o enfoque CTS para o ensino do conteúdo de radioatividade aos estudantes do 2º ano do Ensino Médio, a partir de seu desenvolvimento e análise.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ENSINO DE QUÍMICA NA ESCOLA

Ensinar química aos estudantes possui um aspecto de extrema importância, porque possibilita a compreensão de situações presentes no dia-a-dia, instiga a curiosidade e faz com que os mesmos construam um pensamento científico, compreendendo os conceitos que estão presentes em produtos, livros e demais itens do nosso cotidiano.

A Química é uma das disciplinas componentes do Ensino Médio que possui muita relação com o meio científico. E, é inegável que o avanço nos estudos desta área, possibilitou um desenvolvimento gigantesco no que diz respeito à tecnologia, nas áreas de ciência, saúde, eletrônicos e outras.

Apesar desta importância, seu ensino apresenta-se na maioria dos casos de modo desmotivador,

> Muitos estudantes demonstram dificuldades no aprendizado de química. Na maioria das vezes, não conseguem perceber o significado ou a importância do que estudam [...] os conteúdos são trabalhados de forma descontextualizada, tornando-se distantes da realidade e difíceis de compreender, não despertando o interesse e a motivação dos estudantes (PONTES et al., 2008, p.1).

Ao longo da história o ensino de Química realmente se caracterizou pelo excesso de conteúdo, não havendo relação entre os conceitos estudados com o cotidiano e tampouco a contextualização desses conceitos.

Mortimer (1996, p.21) apresenta que ña partir da década de 70 começou a haver mais estudos literários preocupados com os conteúdos das ideias dos estudantes em relação aos diversos conceitos científicos aprendidos na escolaò Ou seja, desencadeou-se a partir daí uma preocupação em oferecer um ensino de qualidade, capaz de relacionar os conceitos científicos com o mundo em que vivemos.

A preocupação com o modo que a química estava sendo ensinada ganhou cada vez mais destaque em textos e artigos científicos, visto que o método

tradicional não proporcionava um conhecimento real sobre o que estava sendo ensinado, com base apenas na reprodução do que o professor ministrava em sala de aula.

Até então, não havia a preocupação pela maioria dos docentes em tornarem este ensino próximo ao cotidiano de seus estudantes, não relacionando os conteúdos próprios da Química com assuntos do cotidiano e muito menos, contextualizando tais conteúdos.

Wharta, Silva e Bejarano (2013) apresentam reflexões com o intuito de tentar definir os conceitos de cotidiano e de contextualização.

> O termo cotidiano há alguns anos vem se caracterizando por ser um recurso com vistas a relacionar situações corriqueiras ligadas ao dia a dia das pessoas com conhecimentos científicos, ou seja, um ensino de conteúdos relacionados a fenômenos que ocorrem na vida diária dos indivíduos com vistas à aprendizagem de conceitos (DELIZOICOV; ANGOTTI e PERNAMBUCO, (2002); SANTOS; MORTIMER, (1999) apud WHARTA; SILVA; BEJARANO, 2013, p.84).

Esta definição de cotidiano vem sendo muito discutida, devido ao fato de que o que realmente ocorre ao tentar relacionar os conceitos químicos com o cotidiano é utilizar pequenos exemplos do dia-a-dia, enxertados aos poucos durante as aulas de química.

Para Chassot (2001) apud Wharta, Silva e Bejarano (2013, p.84) ñO cotidiano virou uma espécie de modismo com simples propósito de ensinar somente os conceitos científicosò E, nessa perspectiva pode ofuscar a necessária relação com o cotidiano do estudante, portanto, deve-se tomar cuidados ao fazer essa relação para não banalizar o ensino, transformando-o simplesmente num instrumento explicativo de fenômenos ocorridos no dia-a-dia.

Seguindo esta linha de pensamento, o autor ressalta a definição de contextualização, termo que vem sendo muito utilizado para que ocorra de fato esta aproximação dos conceitos científicos a vida diária dos estudantes.

> Contextuar é uma estratégia fundamental para a construção de significações na medida em que incorpora relações tacitamente percebidas. O enraizamento na construção dos significados constitui-se por meio do aproveitamento e da incorporação de relações vivenciadas e valorizadas no

> contexto em que se originam na trama de relações em que a realidade é tecida, em outras palavras, trata-se de uma contextuação (WHARTA; SILVA; BEJARANO, 2013, p.86).

De acordo com os PCNEM, contextualizar o conteúdo nas aulas com os estudantes significa primeiramente assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto (BRASIL, 1999). A contextualização se configura como uma maneira de fazer com que o estudante reconheça a relação dos conteúdos com o cotidiano, dando a eles um novo significado.

Para Mortimer (1996, p.24) ñaprender ciências envolve a iniciação dos estudantes em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo naturalò Ou seja, não basta apenas relacionar os conceitos científicos com fenômenos diários, é necessário que os estudantes reinventem seu modo de pensar e dessa forma consigam realmente compreender o que de fato é a química como ciência.

Para Santos e Schnetzler (1996, p. 1) a função do ensino de química deve ser a de desenvolver a capacidade de tomada de decisão, o que implica a necessidade de vinculação do conteúdo trabalhado com o contexto social em que o estudante está inserido.

Nesses pressupostos entende-se que ao utilizar-se da contextualização de conceitos durante as aulas de Química, permite-se que os estudantes sejam capazes de atribuir um maior significado nos conteúdos que lhe são apresentados. Além do mais, este modo de ensino faz com que os estudantes percebam que em seu contexto social há inúmeros fenômenos que são atrelados aos conceitos científicos, e que é necessário possuir um conhecimento químico para ter condições de interpretá-los.

Fundamenta-se deste modo a importância de utilizar-se da contextualização e de alternativas de ensino ao ministrar a disciplina de Química. Não somente para radioatividade, objeto dessa proposta, mas em encontrar as relações de cada conteúdo com a vivência social daqueles que frequentam a escola.

Principalmente considerando que a Química na condição de ciência exata, é composta por copiosas teorias, com definições, resoluções de fórmulas, e, apresenta uma simbologia própria e singular, que necessita de compreensão que permitam aos estudantes o acesso ao conhecimento científico nessa área.

Evidencia-se assim que este estudo necessita de saberes que realmente envolvem formulários e teorias, característicos desta área do conhecimento. ñSem as representações simbólicas próprias da cultura científica, o estudante muitas vezes se mostra incapaz de perceber, nos fenômenos, aquilo que o professor deseja que ele perceba (MORTIMER, 1996, p.24) ò

Portanto a contextualização, o uso de novas metodologias e alternativas de ensino, e a instigação da curiosidade dos estudantes são muito necessárias, mas sem deixar de lado os conceitos científicos, essenciais para a compreensão para os fenômenos químicos. Dar importância apenas às relações que o conteúdo possui com os fatos observados, sem usar-se dos conceitos, teorias e formulários, acaba tornando o ensino vago e sem sentido.

Percebe-se desse modo a importância que este ensino representa, e os cuidados que o professor deve ter para ministrar os conceitos que lhe são constituintes, tornando-o desta forma mais significativo, de modo a despertar a curiosidade nos estudantes.

Nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica (DCE) de Química do Estado do Paraná também é ressaltada a importância de se realizar um ensino capaz de aproximar os conceitos científicos com a vida cotidiana de quem o estuda. Segundo as Diretrizes:

> A abordagem teórico-metodológica mobilizará para o estudo da Química presente no cotidiano dos alunos, evitando que ela se constitua meramente em uma descrição dos fenômenos, repetição de fórmulas, números e unidades de medida (PARANÁ, 2008, p.74).

Nessa perspectiva, ao trabalhar a química aproximando o conhecimento científico com a vida dos estudantes, esta ciência atua como precursora no desenvolvimento de um pensamento mais reflexivo nos estudantes. Fazendo, desta forma, com que estes possuam sua própria opinião a respeito dos fatos, podendo assim atuar como cidadãos pensantes na sociedade, tendo o discernimento das escolhas que devem ser tomadas para a melhoria do bem-estar social.

Esta autonomia cidadã é retratada em vários documentos oficiais que contemplam o ensino de Química. Os PCNEM trazem que:

> O aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos (BRASIL, 1999, p.31).

Com esse embasamento o Ensino de Química constitui um papel fundamental na formação cidadã dos estudantes, possibilitando que estes enquanto indivíduos possam tomar suas próprias decisões, partindo do conhecimento adquirido.

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional o ensino deve realizar ño aprimoramento do estudante como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico (Lei nº 9.394/1996) ò

Porém, ainda é comum que nas instituições de ensino, o papel de realizar uma formação ética e cidadã seja realizada pelos professores das áreas ditas como de humanas, tornando os estudantes a par das diferentes situações que se encontram rotineiramente. Ainda que se afirme na LDB que cabe também aos professores das ciências exatas, no caso, da Química, contribuírem com esta formação, visto que estes são os precursores do avanço científico e tecnológico.

Na dimensão em que estes avanços interferem de maneira direta no meio social, é necessária uma formação que de suporte para que seus estudantes possuam conhecimento a respeito, atribuindo também as disciplinas da área de exatas a responsabilidade de realizar este modo de formação.

Outro documento norteador da educação básica são as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, onde ressalta-se a importância de se desenvolver o pensamento crítico nos estudantes, não só para atuarem em sociedade, mas também na analise de produtos e informações que lhes são de acesso. ñÉ importante que a escola contribua para transformar os estudantes em consumidores críticos dos produtos oferecidos pelos meios midiáticos (BRASIL, 2013, p.111) ò

Sendo assim, evidencia-se a importância de se repensar o modo como está sendo realizado o ensino de Química nas escolas, visto o papel social que este representa a quem possui conhecimento sobre o mesmo.

Segundo Santos e Mortimer (1999, p.1):

> [...] O ensino de ciências, como parte da educação básica, tem como objetivo central a formação da cidadania, o que implica na necessidade de desenvolver no aluno conhecimentos básicos de ciência e tecnologia para que ele possa participar da sociedade tecnológica atual, bem como atitudes e valores sobre as questões ambientais, políticas e éticas relacionadas à ciência e tecnologia. Nessa perspectiva, o ensino de ciências deveria levar o aluno a vivenciar situações que propiciassem o desenvolvimento da capacidade de julgar, avaliar e se posicionar frente às questões sociais que envolvam aqueles aspectos.

Na atualidade, vivenciamos um mundo em que o avanço científico e tecnológico encontra-se em uma evolução constante e, porque não dizer, desenfreada. A cada dia surgem novos aparelhos celulares, carros cada vez mais modernos, dentre outros inúmeros itens que constituem este meio. A preocupação de muitas pessoas, principalmente jovens e adolescentes, é de acompanhar esta evolução, tendo em mãos os aparelhos intitulados como sendo de ñúltima geraçãoò.

Vale à pena parar e refletir se todo este avanço realmente é necessário e se todo recurso tecnológico criado e/ou melhorado, traz de fato melhorias a população. É necessário que o ensino de ciências proporcione ao aluno um desenvolvimento em conhecimentos básicos que envolvam a ciência, a tecnologia e a sociedade. E, mais que isso, que faça com que os estudantes repensem suas atitudes e valores sobre questões ambientais, refletindo quais os impactos que todo esse avanço tecnológico trará para o meio ambiente (SANTOS; MORTIMER, 1999).

Reflexões sobre a preocupação como o ensino de ciências que é uma área do conhecimento formada não só pela química, mas pela física e biologia, também são apresentadas por Hygino, Marcelino, Linhares (2013, p.49), ñO ensino de ciências precisa passar por mudanças significativas, a fim de proporcionar aos estudantes uma compreensão crítica das implicações científicas e tecnológicas em sua sociedadeò.

Desta forma, é evidente que deve sim existir uma crescente preocupação com a forma com que a química estava e está sendo ensinada na escola. Torna-se cada vez mais necessário (re) pensar alternativas e metodologias que possibilitem tornar o ensino mais atrativo e eficiente para formar cidadãos mais críticos,

pensantes e atuantes em sociedade, capazes de julgar as consequências do avanço científico e tecnológico.

O enfoque CTS, que por fazer esta relação entre as principais áreas do conhecimento e da sua aplicação com a sociedade, apresenta-se como uma alternativa capaz de atingir este objetivo, pois possibilita que o estudante perceba as relações que o conteúdo escolhido possui com a ciência, a tecnologia e a sociedade. Utilizar-se deste enfoque durante as aulas de química, possibilita tornar as aulas mais interessantes, fazendo com que os estudantes compreendam, ao menos um pouco, a relação dessas áreas e os impactos sociais da utilização das mesmas.

2.2. RADIOATIVIDADE NO ENSINO

A radioatividade é um dos conteúdos químicos que apresenta inúmeras relações com fatores históricos, científicos, tecnológicos e sociais. É um conteúdo que sem muito esforço por parte do professor, desperta muito interesse nos estudantes, visto que este é totalmente atrelado a fatos ocorridos na Segunda Guerra Mundial, como o lançamento das bombas atômicas.

As Diretrizes Curriculares da Educação Básica (DCE) de Química do Estado do Paraná trazem que a radioatividade compõe o conteúdo estruturante da biogeoquímica. Quando trabalhado pelos professores, normalmente é abordado no 2º ano do Ensino Médio.

Apesar de estar claramente relacionado com a ciência, tecnologia e a sociedade, muitas vezes o ensino deste conteúdo não aborda estes aspectos, mas sim, apenas as definições dos conceitos básicos que a ele se referem.

As Diretrizes de Química apresentam um método de trabalhar contrário ao ensino tradicional, baseado apenas em fazer com que o estudante decore determinado conceito. Para o ensino deste conteúdo ressalta-se que:

> [...] quando se trabalha o conteúdo básico Radioatividade, é necessário abordá-lo para além dos conceitos químicos, de modo que se coloquem em discussão os aspectos históricos, políticos, econômicos e sociais

> diretamente relacionados ao uso da tecnologia nuclear e das influências no ambiente, na saúde e nas possíveis relações de custo-benefício do uso dessa forma de energia (PARANÁ, 2008, p.56).

Portanto, de acordo com as orientações contempladas pelas Diretrizes, se faz necessário que este conteúdo seja trabalhado pelos professores. Mas, que ao ser trabalhado, seu enfoque vá além de meramente explanar conceitos químicos. É nítida a relação deste conteúdo com aspectos históricos, políticos, econômicos e sociais, além de também possuir relação com o uso da ciência e da tecnologia, portanto, estas relações devem ser abordadas.

Não pode ser considerado um ensino de radioatividade aquele que não promova a discussão destas relações com o conteúdo propriamente dito. As Diretrizes Curriculares dão esta orientação aos professores que ministram a disciplina de química, sendo que fica clara a importância de se explorar tais aspectos durante a abordagem deste durante as aulas desta disciplina.

Mesmo havendo tais indicações, muitas vezes este conteúdo ainda assim é pouco explorado em sala de aula. Isto pode ser um reflexo da falta de pesquisa envolvendo este assunto.

Um estudo realizado por Silva, Campos e Almeida (2013) ñ**Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionaisò** analisou trabalhos que foram publicados entre os anos de 1990 a 2012, revela que são poucas as investigações sobre o ensino e a aprendizagem da radioatividade, e que este déficit é mais agravante nos periódicos nacionais.

Durante estes 22 anos de publicações analisados, os autores encontraram apenas 26 trabalhos que contemplassem o conteúdo de radioatividade como tema de suas pesquisas, sendo que apenas um apresenta uma abordagem CTS para o ensino deste conteúdo (García-Carmona, Criado, 2008). Este resultado é bastante preocupante ao mostrar o quanto a pesquisa a respeito desse tema está defasada.

Ao realizar um levantamento durante o período de 2013 á 2016 em bases de dados, periódicos nacionais e internacionais, foram encontrados 21 trabalhos entre resumos, artigos, monografias, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses que trazem a radioatividade como tema de pesquisa, voltada para o ensino, sendo 20 em periódicos nacionais e apenas um em internacionais. Este número foi

mais significativo se comparado ao encontrado nos 22 anos estudados, levando-se em consideração que foram apenas 3 anos de pesquisa, o que mostra que está surgindo um maior interesse em pesquisas relacionadas ao tema, porém, ainda temos muito a evoluir nesta questão.

Os trabalhados encontrados no levantamento, apresentam investigações distintas a respeito do conteúdo de radioatividade. **ñA radioatividade na visão dos alunos de um curso de licenciatura em ciências da naturezaò** (BEZ, ALEXANDRE, COSTA, 2013) da Revista Tecno-Científica, aborda o ensino da radioatividade em nível superior dos cursos de licenciatura.

A tese de Gruber (2014) apresenta a contribuição do uso de softwares para o ensino deste conteúdo, **ñMediação do professor no uso do software educativo cidade do átomo: abordagem dos temas energia nuclear e radioatividade no ensino médioò** (GRUBER, 2014) tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, UFRGS.

Outros dois trabalhos também investigam a respeito de recurso digitais, sendo um sobre simuladores interativos **ñEnsino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativosò** (SOARES, MORAES, OLIVEIRA, 2015) do Caderno Brasileiro de Ensino de Física; e outro sobre a produção de vídeo pelos estudantes: **ñEnsino de Radioatividade: utilização de vídeos como ferramentas pedagógicasò** (VIANA, 2014) acervo do IFF.

Quatro investigam a maneira que os professores abordam o conteúdo em sala de aula, averiguando o método utilizado pelos professores e as possíveis lacunas deste ensino, sendo estes **ñA abordagem da radioatividade no ensino em Portugal: uma lacuna nos currículos do ensino básico e secundárioò** (MARTINS, 2014) do Repositório Científico Lusófona, **ñEnergia nuclear e radioatividade: Como estes tópicos são abordados pelos professores no ensino médioò** (ARAÚJO, DICKMAN, 2013) atas do IX ENPEC; **ñRadioatividade: heroína ou vilã?ò** (VIEIRA et al., 2016) anais da VI Mostra de Iniciação Científica Júnior; **ñA física da radiação no ensino secundárioò** (COSTA, 2013) dissertação apresentada a UBI.

A utilização da História da Ciência para o ensino da radioatividade é abordada por três dos 21 trabalhos, apresentando as contribuições desta utilização, além de apresentar os possíveis desafios e propostas para essa abordagem, **ñTitia**

vem cá ver a pedra alumiante que o papai trouxeò - história da ciência, radioatividade e o césio-137 em Goiânia: propostas para uma unidade didáticaò (GOMES, LOPES JÚNIOR, DELAROLE, 2015) da Revista Ensino, Saúde, Ambiente; ñ**Contribuições da História da Ciência para o Ensino da Química: Uma Proposta para Trabalhar o Tópico Radioatividadeò** (BARP, 2013) Revista História da Ciência e Ensino; ñ**Uma história da radioatividade para a escola básica: desafios e propostasò** (GOMES, 2015) dissertação apresentada ao Programa Interunidades em Ensino de Ciências, USP

Outros três trabalhos realizaram o desenvolvimento e a avaliação de histórias em quadrinhos para o ensino de radioatividade, ñ**Desenvolvimento e avaliação de uma história em quadrinhos: uma análise do modo de leitura dos estudantesò** que investiga o modo de leitura dos estudantes e a aceitação destes por utilizar esta metodologia (FRANCISCO JÚNIOR, UCHÔA, 2014) pela revista Educacíon Química. Os outros dois dos trabalhos realizaram sob uma perspectiva interdisciplinar, ñ**Heróis em quadrinhos: a radioatividade a partir de uma perspectiva interdisciplinarò** (RAMIRES et al., 2015) anais do XI Salão de Ensino ï UFRGS; ñ**Heróis em quadrinhos: a radioatividade a partir de uma perspectiva interdisciplinar no subprojeto PIBID interdisciplinar Campus do Vale da UFRGSò** (RAMIRES, 2016) Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Química ï UFRGS.

Quatro trabalhos realizaram investigações distintas com relação ao ensino de radioatividade, com metodologias e recursos diferenciados para o ensino deste conteúdo, como a utilização de mapas conceituais ñ**Uso de mapas conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do ensino médio a respeito do tema radioatividadeò** (AQUINO, CHIARO, 2013) Revista Interdisciplinar de estudos da cognição, ensino da radioatividade e educação ambiental ñ**O ensino de química em radioatividade e sua educação ambiental sob uma perspectiva crítica de uma pedagogia aplicável aos alunos do 2º ano do ensino médio da educação básicaò** (FREITAS, VAZ, 2016) anais da semana de licenciatura do IF-Goiás, abordagem dos malefícios e benefícios da radioatividade e o último ñ**Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividadeò**, realizou um levantamento com relação a descontextualização deste conteúdo nos livros didáticos (CORDEIRO,

PEDUZZI, 2013), publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física, **ñAvaliação em ensino de química: uma proposta alternativa utilizando jornal sobre radioatividadeò** (ZÁNELA, 2016) que investiga a contribuição da produção de um jornal para o ensino da radioatividade, uma dissertação do Programa de Pós-Graduação em Química da UFG.

O ensino da radioatividade por meio de abordagem CTS é retratado em apenas dois trabalhos encontrados. Destes trabalhos, um é apresentado como monografia e outro trata-se de uma dissertação de mestrado. Os dois últimos citados apresentam o legado de Marie Curie para se trabalhar radioatividade sob a perspectiva do enfoque CTS, mostrando a importância de suas pesquisas relacionadas ao conteúdo, **ñRadioatividade: uma proposta de abordagem CTSò** (LIMA, 2015) monografia encontrada no acervo da UnB; **ñO legado de Madame Curie: uma abordagem CTS para o ensino da radioatividadeò** (CORTEZ, 2014) dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, UFRGS.

O último trabalho analisado também contempla a história de Marie Curie para o ensino do tema radioatividade, porém não aborda o enfoque CTS como no citado anteriormente **ñEnsino do conceito de radioatividade utilizando a biografia de Marie Curieò** (SIMÕES, 2015), uma monografia encontrada no Repositório Institucional Unesp.

Apesar da importância desta temática e desta englobar diversos assuntos e discussões que promovam o enriquecimento do ensino em nível médio, percebe-se que o interesse em realizar pesquisas na área não se apresenta como algo tão significativo. Além do que, se quando abordado não propor tais relações com temas que envolvem aspectos sociais de modo geral, este se torna pouco significativo e interessante a quem o estuda.

O interesse de estudantes de nível médio e até mesmo do superior cai fortemente ao longo dos anos com relação ao conteúdo de radioatividade (CORDEIRO, 2011). Os conceitos relacionados à radioatividade envolvem a compreensão de modelos científicos abstratos, como o átomo, evolução dos modelos atômicos, energia e partículas subatômicas, física nuclear, entre outros.

O conceito de radioatividade realmente engloba uma compreensão a respeito da parte de atomística e suas transformações como fissão, fusão e

decaimento radioativo. Para que haja a compreensão deste conceito se faz realmente necessário que os estudantes conheçam ao menos o básico destas relações com o átomo.

Porém, como já mencionado, o ensino deste não pode deixar de lado suas relações com contextos relacionados ao meio social. A abordagem de conceitos químicos é extremamente necessária, visto que sem ela o ensino torna-se vago e de pouco sentido. Portanto, a explicação destes conhecimentos específicos deve estar atrelada a estes aspectos. O nível de abstração dos conceitos deve ser apenas o suficiente para o nível de ensino ao qual os estudantes pertencem, afim de que estes compreendam o que estes significam e como ocorrem.

Caso contrário, ñeste alto nível de abstração requerido pode dificultar o processo de ensino-aprendizagem da radioatividade pelos estudantes de ensino médio (SILVA, 2009, p. 63). Estes conceitos próprios da radioatividade, por mais que sejam considerados abstratos, são necessários para a compreensão dos fenômenos radioativos. Apesar de ser considerado difícil pela maioria dos estudantes, o modo de trabalhá-los em sala de aula pode superar esta visão a respeito dos conteúdos específicos.

> [...] a abordagem do tema exige que o professor supere seu despreparo, de forma que possa efetivamente colaborar para que os estudantes rompam com as concepções de senso comum ou para que não construam de maneira equivocada o conhecimento científico (SILVA, 2009, p. 15).

A maioria dos professores de química que hoje atuam em sala de aula, não tiveram o devido preparo durante sua formação para lecionarem o conteúdo de radioatividade, conforme aponta o autor. No entanto, a busca por metodologias e conhecimentos a respeito do tema deve partir do interesse dos próprios professores, a fim de se atingir um ensino que propicie uma educação de qualidade aos estudantes.

Koepsel (2003) ressalta que o tema radioatividade quando trabalhado gera um debate inicial e conta coma a participação e o interesse pela maioria dos estudantes, por querer saber sobre a bomba atômica e os raios-X., Mas em geral, os mesmos não sabem que o Brasil já foi palco de um acidente envolvendo o elemento radioativo Césio-137, nem que a radioatividade vai muito além de armas e produção

de energia. Ainda segundo a autora ñsua aplicação na indústria, na medicina e na agricultura é praticamente desconhecida (KOEPSEL, 2003, p. 90) ò

Dessa forma, é nítida a importância que o conteúdo de radioatividade apresenta aos estudantes. Um tema tão atual e presente como este não pode deixar de ser trabalhado durante as aulas de química, considerando que o conhecimento adquirido com o estudo deste é imensurável. Além de que estas aplicações que são extremamente importantes devem passar a serem conhecidas pelos estudantes.

Trabalhar a radioatividade com o enfoque CTS possibilita que seu ensino seja de fato significativo, fazendo com que os estudantes compreendam a sua presença nos dias atuais, como nos eletrodomésticos, na radiação solar, nos alimentos e no tratamento de doenças. Assim, faz com que a visão de que a radioatividade causa apenas mortes e destruição, passe a ser repensada e avaliada de maneira diferente.

Evidenciar seus aspectos históricos de fato atrai a atenção e o interesse dos estudantes, mas há de se tomar precauções para que não seja enfatizado apenas o lado negativo que este abrange. O professor deve atentar-se para que os estudantes não continuem tendo apenas esta visão negativa da radioatividade.

Como a televisão, ña maioria dos sites e das revistas que tratam sobre a radioatividade, valorizam assuntos como acidentes radioativos, bombas e perigos das usinas nuclearesò (CORTEZ, 2014, p. 31), cabe ao professor mudar esta visão. Este é um ótimo exemplo para se tratar que a ciência e a aplicação do conhecimento científico, podem beneficiar ou prejudicar uma população, isto só depende do modo que é utilizado.

O enfoque CTS contribui para realizar um ensino a respeito da radioatividade, capaz de fazer com que os estudantes estabeleçam conceitos com relação a utilização dos conhecimentos científicos e tecnológicos. A radioatividade atua neste contexto como uma precursora das discussões desta influência. O próprio surgimento do CTS teve origem após a Segunda Guerra Mundial, quando surgiu a necessidade de ensinar os conteúdos de uma maneira diferenciada, conforme a afirmação:

> Nas décadas de 60 e 70 (século XX), surgiram as preocupações relativas às questões ambientais (desmatamentos e poluição) geradas principalmente pelo aumento demasiado das indústrias e pelos efeitos da tecnologia. A partir daí, intensifica-se a preocupação com um Ensino de Ciências que discuta essas questões (CUNHA, 2006, p.122)

Neste contexto, a relação entre o avanço científico e tecnológico que representava sempre melhoria e bem-estar na vida de todos, passou a ser contestado. É este contestar que deve estar atrelado as aulas de química, desenvolvendo desta forma um modo de pensar diferenciado nos estudantes, fazendo com que estes possam se tornar pessoas com maiores argumentos a respeito destes contextos.

2.3 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS)

O cenário pós segunda guerra mundial desencadeou uma nova maneira de pensar a respeito da ciência. Até então, acreditava-se que a ciência e sua utilização proporcionavam somente benefícios para a população. Discussões a respeito da utilização do conhecimento científico e tecnológico tornaram-se cada vez mais frequentes, o que originou a necessidade de criar um movimento capaz de abordar as reflexões a respeito dos impactos na sociedade que o uso da ciência e da tecnologia acarretam.

> O agravamento dos problemas ambientais pós-guerra, a tomada de consciência de muitos intelectuais com relação às questões éticas, a qualidade de vida da sociedade industrializada, a necessidade da participação popular nas decisões públicas, estas cada vez mais sob o controle de uma elite que detém o conhecimento científico e, sobretudo, o medo e a frustração decorrentes dos excessos tecnológicos propiciaram as condições para o surgimento de propostas de ensino CTS (VAZ; FAGUNDES; PINHEIRO, 2009, p.108)

O questionamento a respeito da intervenção da ciência e seu avanço, além das suas relações com a sociedade, devido ao demonstrado no episódio da segunda guerra mundial, mais especificamente no lançamento das bombas

atômicas, que o conhecimento científico nem sempre é utilizado para o bem-estar da população, passou a ser algo mais frequente por alguns pesquisadores da época.

Além disso, a publicação das obras *A estrutura das revoluções científicas*, pelo físico e historiador da ciência Thomas Kuhn, e *Silent spring*, pela bióloga naturalista Rachel Carson, ambas em 1962, potencializaram as discussões sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) (AULER; BAZZO, 2001).

Segundo Santos e Schnetzler (1997) apud Teixeira (2003, p.181) o Movimento CTS teve sua origem por volta da década de 1970. Nesta época, a preocupação sobre o impacto da ciência e da tecnologia sobre a sociedade, fez com que cada vez mais pessoas começassem a refletir sobre esta questão. Desta forma, o Movimento CTS surge como um resultado de tais reflexões, abrindo espaço para novas discussões a respeito dos fatores que envolviam a sociedade.

Garcia et al., (1996) trazem o movimento CTS surgiu em meados do século XX, como resposta à insatisfação referente à tradicional concepção da ciência e tecnologia, bem como aos problemas políticos e econômicos referentes à degradação ambiental e ao desenvolvimento científico e tecnológico.

O surgimento do CTS se deu em uma época em que o mundo ficou abalado ao ver a destruição social e ambiental causada pelas guerras mundiais, com o lançamento das duas bombas atômicas no Japão e a guerra do Vietnã com o uso do napalm desfolhante. A degradação ambiental, a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à guerra, fizeram com que a ciência e a tecnologia (C&T) se tornassem alvo de um olhar mais crítico (AULER; BAZZO, 2001).

O enfoque CTS surgiu com o intuito de se questionar a influência da ciência e da tecnologia na vida em sociedade. Questões como o uso do conhecimento científico e o impacto deste no meio social e também no ambiental, passaram a ser mais frequentes, sendo motivo de discussões de pesquisadores da época.

Por ser formado por esta tríade (ciência, tecnologia e sociedade) e contribuir para reflexões e indagações a respeito da utilização do conhecimento científico e tecnológico e o impacto social que isto representa, o CTS destacou-se como uma alternativa de ensino, sendo capaz de levar estas discussões e indagações até as salas de aula.

O Movimento CTS apresenta-se nos mesmos parâmetros que almejam um ensino mais reflexivo e contextualizado, e que: ñpersegue também objetivos como a

formação de cidadãos conscientes e críticos, capazes de interagir com a sociedadeò (KOEPSEL, 2013, p. 80).

Dessa forma, o enfoque CTS atua como uma alternativa para se promover um ensino mais reflexivo, com discussões atuais e contextualizadas, com o intuito de fazer com que os estudantes possuam argumentos e opinião a respeito de fatos que condizem a sociedade atual.

Strieder (2012, p.24) afirma que o Movimento CTS ñsurgiu com a preocupação em discutir a ciência, a tecnologia, a sociedade e as relações que se estabelecem entre as mesmas, buscando novas maneiras de compreender o desenvolvimento científico ï tecnológicoò

Razuck, F. e Razuck, R. (2010, p. 2010), afirmam que:

> Cabe, então, questionar, nessa esfera decisória, onde vários modelos definem os rumos que toda a sociedade deve seguir, de que forma a população em geral participa, toma conhecimento e contribui nas discussões que definirão as políticas de Estado. É nessa perspectiva que a divulgação científica (também chamada de vulgarização, popularização ou letramento) assume grande importância, dentro do movimento identificado como CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

A criação de uma alternativa diferenciada para ensinar fez-se necessária devido a todo o contexto que o mundo havia enfrentado, havendo, portanto, a necessidade de se discutir a respeito deste novo cenário mundial. Desta forma, os currículos educacionais também necessitavam de mudanças

Aikenhead (2002) traz alguns apontamentos a respeito da necessidade de se conduzir o ensino de um modo diferente, como a importância de se rever os componentes do currículo. Assim, levando em consideração esta preocupação em se discutir tais conceitos científicos, tecnológicos e sociais, o currículo deverá passar a apresentar-se centrado no desenvolvimento de conhecimentos, capacidades e atitudes validas para a vida diária dos estudantes, além de que deve se preocupar com a responsabilidade social na decisão coletiva sobre assuntos que envolvam a ciência e a tecnologia.

Cruz (2001) ressalta que o papel fundamental do ensino, em uma perspectiva educacional mais abrangente, é o de habilitar o estudante a compreender a realidade, de modo que possa vir a participar de maneira mais crítica

e consciente com relação aos debates que permeiam o meio social em que este encontrasse inserido. Dessa forma, os currículos educacionais necessitavam ser reformulados a fim de cumprir com este objetivo.

Inicialmente, os estudos a respeito do enfoque CTS demonstram que este surgiu dividido em duas vertentes principais: a tradição americana e a europeia. Palacios et al., (2003) apresenta as distinções presentes entre estas duas vertentes. A tradição europeia teve em suas origens a institucionalização acadêmica na Europa, dando ênfase nos fatores sociais antecedentes, atenção à ciência e, secundariamente, à tecnologia. Possui um caráter teórico e descritivo, tendo como marco explicativo as ciências sociais (sociologia, psicologia, antropologia, etc.). Já a americana, teve em suas origens a institucionalização acadêmica e administrativa nos EUA, dando ênfase nas consequências sociais, atenção à tecnologia e, secundariamente, à ciência. Possui um caráter prático e valorativo, tendo como marco avaliativo baseado na ética e na teoria de educação.

Fica claro, como mostra o autor, a diferença entre estas duas correntes constituintes do CTS. A europeia é centrada nos estudos dos antecedentes sociais, da mudança em ciência-tecnologia, com caráter teórico descritivo. A americana, por sua vez, é baseada nos fatores sociais e ambientais, mas que não sejam fatores antecedentes ao uso da ciência e da tecnologia. Nesta tradição, os estudos estão centrados õmas consequências sociais e ambientais relacionadas com o conhecimento científico-tecnológicoò(PALACIOS et al., p. 151).

Passados alguns anos após seu surgimento, esta divisão do CTS passou a não mais existir, sendo esta diferença entre as duas tradições superada. Hoje os estudos CTS abrangem diversos programas filosóficos, sociológicos e sociais, os quais compartilham de um núcleo comum, pois enfatizam a dimensão social da ciência e da tecnologia (GARCIA et al.,1996).

Nesta visão unificada do CTS, a ciência não é vista como algo neutro e puro, critica também a concepção de tecnologia como ciência pura e desenvolvida. Além do que, o enfoque CTS visa a participação pública na tomada de decisão (GARCIA et al., (1996) apud STRIEDER, 2012).

No Brasil, a preocupação com a mudança do ensino tradicional deu início por volta da década de 80. A partir deste período aspectos envolvendo conhecimentos científicos e tecnológicos, passaram a ser vistos como sendo

importantes a serem trabalhados nas escolas. Neste novo contexto, a influência do CTS começou a ganhar destaque no meio educacional brasileiro, aumentando cada vez mais o número de trabalhos contemplando os aspectos do CTS (SANTOS; MORTIMER, 2002)

Em sua tese, Miranda (2008, p.25) argumenta que:

> Nesse período, no âmbito nacional, os debates públicos de como os conhecimentos científicos estavam implicados em assuntos sociais geraram a necessidade de inclusão desses temas no ensino de Ciências quanto no desenvolvimento de investigações. As pesquisas passaram a questionar e a avaliar a preocupação em educar as pessoas sobre os efeitos da Tecnologia no meio ambiente e sobre a compreensão dos conceitos científicos, com o intuito de propiciar a explanação de suas opiniões e convicções.

Independentemente do lugar territorial que o enfoque CTS seja utilizado, seus princípios e argumentações continuam sendo as mesmas, envolvendo aspectos tecnológicos, científicos e sociais.

> [...] os estudos CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto desde o ponto de vista dos seus antecedentes sociais como de suas consequências sociais e ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança cientifico - tecnológica, como pelo que concerne ás repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança (PALACIOS et al., (2005, p.125).

Ainda para o autor ñO aspecto mais inovador deste novo enfoque se encontra na caracterização social dos fatores responsáveis pelas mudanças científicasò (PALACIOS et al., (2005, p.125-126). Desta forma, o que caracteriza o enfoque CTS não são apenas as influências da utilização do entendimento científico e tecnológico no meio social, mas também a influência de diversos fatores nestes meios, isto de acordo com o contexto com o qual se está inserido.

Auler e Bazzo (2001) apontam algumas questões a respeito da implementação do CTS no contexto educacional brasileiro. Os autores levantam alguns questionamentos a respeito do ensino por meio do enfoque CTS, contrapondo com o fato de que o Brasil ao longo dos anos não apresentou uma grande evolução científica e tecnológica.

De fato, a perspectiva brasileira envolvendo ciência e tecnologia e principalmente o saber das pessoas a respeito destes fatores, deixa bastante a desejar. Como os professores fazem parte do meio social, talvez estes não compreendam a relação da ciência e da tecnologia com a sociedade, sendo este um possível impasse do CTS a ser implantado em suas aulas.

A visão de ciência para a maioria das pessoas se constitui num modelo de conhecimento neutro, supremo e acabado. Tudo que é científico é bom e não poderá ser refutado por hipótese alguma. É uma concepção herdada, como um empreendimento autônomo, objetivo, neutro e baseado na aplicação de um código de racionalidade alheio de qualquer tipo de interferência externa (PALACIOS et al., 2005). A tecnologia também é vista no modo convencional como uma espécie de ñdádivaò, trazendo cada vez mais bem-estar social e riqueza para o país, tendo como resultado apenas produtos industriais.

Compreender a ciência e possuir uma visão mais ampla e correta a respeito desta, torna o cidadão mais crítico e consciente a respeito de fatos que ocorrem no meio social. Os próprios docentes muitas vezes não compreendem o verdadeiro significado de ciência e tecnologia, dificultando desta forma o trabalho com o enfoque CTS (AULER; BAZZO, 2001).

Palacios et al., (2003, p.45) realiza alguns levantamentos a respeito da visão sobre tecnologia ao longo dos anos. Procura-se compreender qual é atualmente a definição que mais se aproxima do que realmente a tecnologia representa.

> [...] podemos definir tentativamente a tecnologia como uma coleção de sistemas projetados para realizar alguma função. Fala-se então de tecnologia como uma coleção de sistema e não somente como artefato, para incluir tanto instrumentos materiais como tecnologias de caráter organizativo (sistemas impositivos, de saúde ou educativos, que podem estar fundamentados no conhecimento científico.

As reflexões de Auler e Bazzo (2001) apontam alguns questionamentos sobre a utilização do enfoque CTS no ensino brasileiro. A preocupação com a formação docente e seu não conhecimento a respeito dos eixos formadores do CTS, apresentou-se como um fato extremamente preocupante.

Contudo, Barbosa e Bazzo (2013, p.154) defendem a inserção do enfoque CTS no contexto brasileiro. ñA adoção de currículos com essa abordagem é propícia para o momento atual em que se vive, pois nota-se o domínio de certo cientificismo, a influência dos especialistas científicos e também o deslumbre humano pelas máquinasò

Apesar de muitos docentes não possuírem um conhecimento a respeito da tríade que sustenta o enfoque CTS, muitos trabalhos estão disponíveis em revistas eletrônicas e impressas, sendo uma fonte de pesquisa para o professor. Além do que, como apontam os autores, o ser humano apresenta um deslumbre pelas máquinas, ou seja, se tem um conhecimento a respeito da utilização da ciência e da tecnologia.

Se o objetivo é fazer com que os estudantes que estão hoje no Ensino Médio possam ser cidadãos e profissionais melhores, é necessário que o ensino se modifique, para que futuramente possam existir cada vez mais docentes que sejam alfabetizados cientificamente.

Santos (2008, p.122) traz que a utilização do enfoque CTS no ensino não visa uma educação a fim de ir contra o uso da tecnologia nem uma educação para o seu uso, ñmas uma educação em que os estudantes possam refletir sobre a sua condição no mundo frente aos desafios postos pela ciência e tecnologiaò

Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007, p.77) afirmam que:

> Com o enfoque CTS, o trabalho em sala de aula passa a ter outra conotação. A pedagogia não é mais um instrumento de controle do professor sobre o aluno. Professores e alunos passam a descobrir, a pesquisar juntos, a construir e/ou produzir o conhecimento científico, que deixa de ser considerado algo sagrado e inviolável. Ao contrário, está sujeito a críticas e a reformulações, como mostra a própria história de sua produção. Dessa forma, aluno e professor reconstroem a estrutura do conhecimento.

Mediar as aulas com o enfoque CTS no Ensino Médio faz com que estas auxiliem no processo de formar cidadãos e também as deixa mais interessantes e motivadoras para os estudantes. Os aspectos sociais devem ser relacionados diretamente com a ciência e a tecnologia, enfatizando a influência destes nos meios

científicos e tecnológicos e também a influência da utilização destes conhecimentos no meio social.

O enfoque CTS possibilita formar cidadãos alfabetizados cientificamente, capazes de opinar sobre os fatores que a sociedade atual apresenta a cada dia. Cada avanço tecnológico e científico será avaliado com mais discernimento por parte dos estudantes formados por meio do ensino com o enfoque CTS.

Chassot (2003, p.90) aponta que ñum estudante competente no modelo tradicional de ensino era aquele que era um depositário de conhecimentos. Conhecimentos estes que eram despejados durante uma avaliação, e depois esquecidos sem apresentarem significado algum para o estudanteò. Este modo de ensino, como muito já discutido, não acrescenta verdadeiros conhecimentos ao estudante e não contribui para que este desenvolva seu pensamento crítico.

Chassot (2003,) discute a importância de reelaborar o contexto das propostas de ensino, incluindo nos currículos componentes que estejam orientados na busca de aspectos sociais e pessoais dos estudantes. Esta inclusão de aspectos no ensino faz com que este se torne mais abrangente, fazendo com que o estudante realmente possa ter conhecimento a respeito do mundo em que vive. Permite desse modo, formar cidadãos alfabetizados cientificamente. ñA alfabetização científica pode ser considerada como uma das dimensões para potencializar alternativas que privilegiam uma educação mais comprometidaò(CHASSOT, 2003, p. 91).

Percebe-se que realizar a alfabetização científica é comprometer-se mais com a educação que está sendo feita. Tornar os cidadãos alfabetizados cientificamente, os torna também mais comprometidos com o conhecimento e com o meio onde vivem. ñParte-se da premissa de que a sociedade seja analfabeta científica e tecnologicamente e que, numa dinâmica social crescentemente vinculada aos avanços científico-tecnológicos, a democratização desses conhecimentos é considerada fundamentalò(AULER; DELIZOICOV, 2001, p.2).

Promover a alfabetização científica capacita os estudantes para compreender a linguagem científica. ñSer alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza. É um analfabeto científico aquele incapaz de uma leitura do universoò(CHASSOT, 2003, p.91).

Verifica-se a importância da utilização do enfoque CTS no contexto educacional, uma vez que este promove uma evolução no pensamento dos

estudantes. O ensino passa a ter uma função mais significante, quando além de mediar conceitos científicos, passa a contribuir para a formação cidadã e crítica dos mesmos. Por meio de um ensino que vise a alfabetização científica, a escola passa então a formar cidadãos capazes de contribuir na formação e na transformação do ambiente em que estão inseridos (LONARDONI; CARVALHO, 2007)

> [...] estudos CTS se justificam pelas relações e influência mutua entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, pois ao mesmo tempo em que a sociedade define novas tecnologias e encaminhamentos científicos, esses por sua vez, podem interferir na sociedade definindo novas relações sociais e condições de vida (LÜCKEMEYER; CASAGRANDE JÚNIOR, 2010, p. 1).

Gilbert (1995) destaca que a educação CTS tem como objetivos principais preparar os estudantes a serem cidadãos responsáveis, participativos dentro de uma sociedade democrática, onde os temas escolhidos para serem utilizados em sala de aula devem ser temas reais e atuais, afim de gerar maior interesse e participação por parte dos estudantes.

Koepsel (2013) discute a respeito do ensino objetivando fazer apenas com que o estudante passe no vestibular. A autora afirma que o Ensino Médio deve visar à preparação do jovem para participar da sociedade como cidadão, sendo este capaz de tomar decisões e de ter atitudes que influenciarão, não apenas em sua vida, mas na vida de todas as pessoas que fazem parte de seu meio social. Este deverá fazer com que os estudantes compreendam as consequências de seus atos, sendo essa a maior preocupação que deve existir por parte dos docentes.

Diante da realidade social que vivemos atualmente, entender a relação entre ciência, tecnologia e sociedade se faz mais do que necessário, e para isso ocorrer, o ensino deve proporcionar o acesso a este conhecimento. ñO Ensino Médio precisa então fornecer ao estudante condições de compreender a natureza do contexto científico-tecnológico e seu papel na sociedadeò (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p. 79).

Silveira e Bazzo (2009, p.687) ressaltam que ñfaz-se necessário ter uma visão interativa e contextualizada das relações entre ciência, tecnologia, inovação e sociedade [...]. Ou seja, a questão não é tanto se a ciência é boa ou não, mas sim se pode melhorar e comoò Estas relações sobre estes avanços devem estar presentes ao se utilizar o enfoque CTS durante as aulas. Com isso, estes terão uma visão mais

correta a respeito desta área, e poderão desta forma discutir maneiras de se tentar melhorar o avanço científico.

Nesta perspectiva, a química enquanto disciplina, deve ser trabalhada de forma a contribuir para essa compreensão do contexto científico-tecnológico e para a formação de cidadãos com opinião e pensamento crítico. Ensinar química com o enfoque CTS, se apresenta como algo que venha a contribuir para cumprir estes objetivos.

Silva e Marcondes (2015) discutem os objetivos do ensino das ciências da natureza, visto que a química é uma disciplina que pertence a esta área. Para os autores, o ensino destas ciências deve ter como objetivo fazer com que os estudantes compreendam as interações entre ciência, tecnologia e sociedade. Além do que, deverá desenvolver neles a capacidade de resolver problemas e tomar decisões enquanto cidadãos, baseados em conhecimentos científicos.

Segundo Palacios et al., (1996, p.147), a abordagem CTS pode ser inserida nas seguintes formas:

- Enxerto CTS: introdução de temas CTS nas disciplinas de ciências, abrindo discussões e questionamentos do que seja ciência e tecnologia;
- Ciência e tecnologia por meio de CTS: estrutura-se o conteúdo científico por meio do CTS. Essa estruturação pode acontecer numa só disciplina ou por meio de trabalhos multidisciplinares e interdisciplinares;
- CTS puro: ensina-se ciência, tecnologia e sociedade por intermédio do CTS, no qual o conteúdo científico tem papel subordinado.

Desta forma o enfoque CTS pode ser utilizado no ensino da disciplina de química.

A química, de acordo com os PCNEM, ñparticipa do desenvolvimento científico-tecnológico com importantes contribuições específicas, cujas decorrências têm alcance econômico, social e político. ò(BRASIL, 1999, p.239).

Inserir o enfoque CTS nas aulas de química possibilita transformar o ensino desta disciplina, fazendo com que os estudantes percebam as contribuições destacadas pelos PCNEM. Com a utilização deste enfoque professor e estudante caminham juntos para a compreensão dos conceitos científicos. O professor passa a

se preocupar com o conhecimento que o estudante possui, para que partindo deste pressuposto, possa fazer com que o próprio estudante mude sua visão a respeito dos fatos científicos.

2.4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Uma sequência didática compreende um conjunto de atividades articuladas que são planejadas com a intenção de atingir determinado objetivo didático, nesse sentido, é necessário que o professor possua total conhecimento a respeito das etapas que irão constituir suas aulas ao se trabalhar determinado conteúdo. Este planejamento permite que o estudante passe a dominar melhor o conteúdo e o compreenda gradativamente. A utilização de uma sequência didática permite organizar as etapas a serem cumpridas na proposta pedagógica.

Maroquio, Paiva e Fonseca (2015, p.2) afirmam que:

> O uso da sequência didática, como recurso pedagógico, permite um novo olhar sobre a organização curricular, com ênfase no ensino pautado em investigação, por meio de condições reais do cotidiano, partindo de problematizações que levem o aluno a conferir o seu conhecimento prévio com o conhecimento apresentado no espaço de aprendizagem, levando-o a se apropriar de novos significados, novos métodos de investigação e a produzir novos produtos e processos.

Organizar as atividades a serem trabalhadas durante as aulas, em uma sequência didática, permite que o conteúdo seja trabalhado de maneira diferenciada. As atividades a serem trabalhadas durante as aulas, quando colocadas em uma sequência didática, permitem que o conteúdo seja trabalhado de modo diferenciado. Além de favorecer ñ o estudo e avaliação sob uma perspectiva processual, que inclua as fases de planejamento, aplicação e avaliaçãoò (ZABALA, 1998, p. 18).

Ainda de acordo com Zabala (1998, p. 18) sequências didáticas são ñum conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos estudantesò

Desta maneira, ao elaborar uma sequência didática o educador precisa possuir objetivos bem definidos, assim como as ações que deverá realizar a fim de cumpri-los. É necessário que o educador identifique os conhecimentos prévios dos estudantes, para que com base nestes elabore uma sequência didática capaz de fundamentar os conhecimentos dos estudantes e ensiná-los de maneira significativa o tema proposto.

De acordo com Dolz e Schneuwly (2004), a sequência didática se caracteriza quanto à divisão em três etapas, num primeiro momento o professor apresenta a situação, para que na sequência obtenha-se a uma produção inicial, a intermediária nos módulos e uma produção final (Figura 1). Faz destaque a apresentação inicial no sentido de revelar ao estudante detalhes do projeto a ser desenvolvido e de esclarecer que será efetivado com a atividade da produção final.

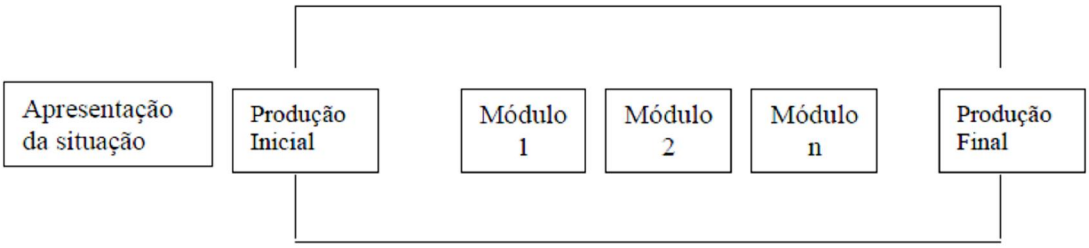

Figura 1 - Esquema de uma sequência didática
Fonte: Dolz e Schneuwly (2004, p.98)

Na apresentação inicial o professor realiza um levantamento a respeito dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema que se deseja trabalhar.

A produção inicial norteia o trabalho do professor ao longo da sequência, ao considerar que nesta etapa, são levantadas e avaliadas as concepções a respeito do conteúdo que se pretende trabalhar e quais são as reais necessidades dos estudantes que integram o universo de pesquisa. Por meio da avaliação o professor obtém subsídios que permitem planejar e elaborar os módulos subsequentes, num direcionamento de quais atividades e estratégias são mais adequadas para transposição didática do tema a ser ensinado para estes estudantes.

Dentro de uma sequência o conteúdo é trabalhado por meio de módulos, onde colocam-se os problemas que apareceram na produção inicial. Dessa forma, o conteúdo é desenvolvido de forma gradativa, com o intuito de promover a aprendizagem por parte dos estudantes.

Por fim, se realiza a produção final, caracterizada como uma avaliação de todo o processo realizado durante o desenvolvimento da sequência didática. Assim, nesta etapa é possível avaliar quais foram as contribuições da sequência na transposição desse conteúdo, além de analisar se houve, e quais foram os avanços individuais e coletivos.

3 METODOLOGIA

A metodologia em uma pesquisa de cunho científico apresenta-se como etapa fundamental. A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste estudo caracteriza-se como sendo qualitativa, de natureza interpretativa, com observação participante.

Possui uma perspectiva qualitativa de natureza interpretativa porque objetivou-se explorar as características dos estudantes por meio dos fatos observados, tornando os dados frequentemente verbais, coletados pela observação e pelo registro de atividades (MOREIRA; CALEFFE, 2008).

Se caracteriza como observação participante porque o pesquisador participa da situação que está estudando, sem que os demais elementos envolvidos percebam a posição dele, que se incorpora ao grupo ou à comunidade pesquisados (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010, p.62)

A pesquisa foi realizada em um colégio da rede estadual do Paraná, situado do município de Ivaí ï PR, envolvendo 18 estudantes do 2º ano do ensino médio, no período matutino.

A proposta do projeto foi primeiramente apresentada à direção escolar e a equipe pedagógica, os quais analisaram os objetivos e as etapas do projeto para então consentissem na participação do mesmo, por meio da assinatura do termo de

consentimento (APÊNDICE A). Em seguida foi apresentado aos estudantes do 2º ano, do período matutino, e explicado a importância da execução do mesmo: seus principais objetivos e que os conteúdos trabalhados são contemplados na proposta curricular da disciplina e que apenas a abordagem destes seria realizada de maneira diversificada, relacionando-os com o cotidiano dos mesmos. Assegurou-se aos estudantes que suas identidades seriam mantidas em sigilo, assim como a identificação do estabelecimento de ensino.

Antes de dar início à execução do projeto, solicitou-se aos estudantes que levassem a seus pais ou responsáveis, um termo de consentimento para que assinassem, autorizando assim a participação dos mesmos no projeto (APÊNDICE B).

A organização curricular para a disciplina de Química no 2º ano do Ensino Médio contempla o estudo da radioatividade no plano de ensino, previsto no 4º bimestre, apresentado no Quadro 1, de acordo com as diretrizes curriculares e aos PCNês.

CONTEÚDO	OBJETIVOS
Constituição nuclear e propriedades físico-químicas: núcleo atômico; interações nucleares; isótopos; radiações e energia nuclear.	Interpretar processos nucleares em usinas de produção de energia elétrica na indústria, agricultura, medicina, ou em artefatos bélicos, em função das interações e radiações nucleares, comparando riscos e benefícios do uso da tecnologia nuclear.
Produção e consumo de energia nuclear: processos de fusão e fissão nucleares; transformações nucleares como fonte de energia.	Compreender os processos de fusão e fissão nucleares e a produção de energia neles envolvida. Reconhecer transformações nucleares como fonte de energia. Buscar fontes de informação sobre geração e uso de energia nuclear. Avaliar os riscos e benefícios dos diferentes usos da energia nuclear

Quadro 1 - Plano de ensino da disciplina de Química do 2º ano do Ensino Médio.
Fonte: Diretrizes Curriculares e PCN´s

O estudo foi realizado na forma de sequência didática, a qual foi planejada e elaborada contemplando temas sociais, tecnológicos e científicos que envolvem o

conteúdo de radioatividade, utilizando diferentes instrumentos e estratégias de ensino sob a perspectiva de uma abordagem CTS, questionários, elaboração de uma linha do tempo, leitura e interpretação de textos, apresentação de vídeos e reportagens, conteúdo trabalhado em aulas expositivas dialogadas, resolução de listas de exercícios e apresentação de uma dramatização. A sequência foi desenvolvida em 12 aulas, com duração de 50 minutos, durante 6 semanas de aula, no 4º bimestre, nos meses de novembro e dezembro, no ano letivo de 2015, conforme apresenta-se no organograma na Figura 2, onde as três etapas de Dolz e Schneuwly (2004,) foram nominadas e distribuídas em oito momentos na sequência didática proposta e desenvolvida na presente pesquisa.

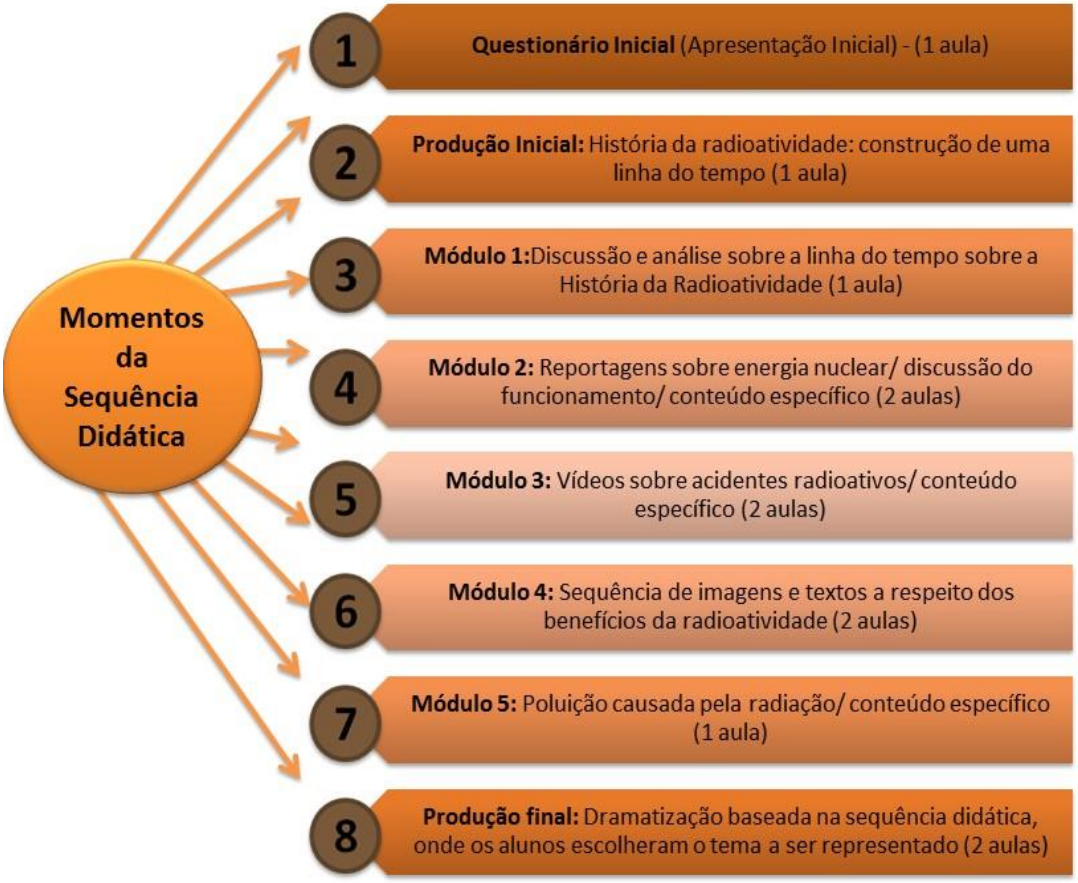

Figura 2 - Momentos da sequência didática de ensino de radioatividade numa abordagem CTS
Fonte: Autora numa modificação de Dolz e Schneuwly (2004)

No primeiro momento, na apresentação inicial solicitou-se aos estudantes que respondessem a um questionário individual com o intuito de averiguar os conhecimentos prévios que os estudantes possuíam a respeito da radioatividade (**APÊNDICE C**). A análise dos resultados do questionário possibilitou o planejamento das atividades posteriores para a estruturação da sequência didática, pois houve uma semana entre a realização do questionário ao início da sequência, sendo possível analisar as respostas dos estudantes e assim elaborar os módulos da sequência didática.

No segundo momento, na produção inicial, foi trabalhada de maneira expositiva dialogada, onde abordou-se a história da radioatividade, contemplando a sua descoberta, os principais cientistas envolvidos, imagens relacionadas, assim como a importância da descoberta dos elementos radioativos, e como estas repercutiram na sociedade daquela época, além da influência no desenvolvimento científico e tecnológico.

Para realizar esta etapa utilizou-se como suporte o livro didático: Química na abordagem do cotidiano, Peruzzo e Canto (2006. p.324-325), o qual não é o livro adotado pela SEED-PR (Secretária de Educação do Estado do Paraná) para ministrar os conteúdos, mas foi utilizado pelo fato de que traz algumas imagens relevantes sobre fatos marcantes da descoberta da radioatividade. Para abordar alguns aspectos da história da radioatividade que são contemplados nesta referência, utilizou-se o artigo de Xavier et al., (2007) ñMarcos da história da radioatividade e tendências atuaisò que traz um relato detalhado desde a descoberta até os dias atuais a respeito da radioatividade.

No livro didático utilizado havia trechos que relatavam algumas das aplicações do elemento Rádio (Ra) após a sua descoberta, mas sem muitas especificações. Utilizou-se então o artigo de Lima, Pimentel e Afonso (2011) ñO despertar da radioatividade ao alvorecer do século XXò, que aborda as inúmeras aplicações do elemento Rádio (Ra) após a sua descoberta. Este último artigo possibilitou uma abordagem que incitava os estudantes a refletirem sobre os efeitos da carência de conhecimento a respeito de determinado assunto e como a ciência interfere diretamente no meio social, seja positiva ou negativamente.

Após essa abordagem histórica, ainda no segundo momento, solicitou-se que os estudantes construíssem uma linha do tempo a respeito da história da

radioatividade, que contemplasse as principais descobertas e os cientistas responsáveis. Na elaboração da linha do tempo os estudantes puderam utilizar a explicação realizada em sala de aula e outras fontes de consulta, como o livro didático, internet, ou outros meios que possuíssem acesso.

No terceiro momento, no módulo 1 as linhas do tempo construídas pelos estudantes foram analisadas em sala de aula, onde eles puderam trocá-las, e verificar se os aspectos abordados pelos seus colegas eram comuns ou distintos aos seus. Após essa análise foi proposto realizar uma breve discussão em sala de aula, com a intenção de identificar quais os fatores que mais chamaram a atenção dos estudantes, e, quais aspectos foram considerados mais relevantes para a construção de suas linhas do tempo.

No quarto momento, no módulo 2 foram apresentados aos estudantes textos e reportagens sobre a utilização da radioatividade para a produção de energia nuclear. Como este tipo de produção de energia é bastante criticado pelo risco de acidentes e de poluição ambiental, iniciou-se esta aula apresentando um vídeo que continha uma série de reportagens exibidas pelo jornal nacional[1] em 2012, discutiam os rumos da produção da energia elétrica no país, intitulado de ñRumos da produção de energia elétrica no Brasilò

Estas reportagens mostravam as principais vantagens e desvantagens a respeito de cada modo de produção de energia, apresentando o tema de forma que os estudantes percebessem que não são somente as usinas nucleares que podem afetar negativamente a sociedade e o meio ambiente, mas que todo e qualquer tipo de produção de energia traz consigo riscos e desvantagens em relação a estes setores.

Após a apresentação do vídeo, promoveu-se um diálogo com diversos questionamentos aos estudantes com relação às usinas nucleares, tais como: ñAs usinas nucleares são uma opção viável para produzir energia elétrica?ò; ñProduzir eletricidade por meio de elementos radioativos é um aspecto maléfico ou benéfico a respeito da radioatividade?ò; ñAs usinas nucleares são o único método de produção

[1] O Jornal Nacional (também conhecido pela sigla JN) foi o primeiro telejornal do país a ser transmitido em rede nacional. Estreou no dia 1° de setembro de 1969 para competir com o Repórter Esso, da TV Tupi. Em pouco tempo, conquistou a preferência do público e se transformou num dos jornais mais respeitáveis da TV brasileira (MEMORIA GLOBO).

de energia que podem trazer impactos negativos a sociedade e ao meio ambiente?ò; ñVocês são a favor ou contra a instalação de novas usinas nucleares no Brasil?ò.

Estas questões foram lançadas aos estudantes para que estes pudessem refletir sobre o assunto e apresentassem desse modo uma opinião a respeito. Pelo fato do colégio situar-se em uma região de difícil acesso à internet e, a biblioteca não possuir um bom acervo de livros, os textos utilizados neste momento foram todos fornecidos aos estudantes, prevendo que a solicitação de uma pesquisa seria inviabilizada por não possuírem acesso a ferramentas para realizá-la.

Alguns dos textos fornecidos aos estudantes para leitura a respeito da energia nuclear foram, em sua maioria, reportagens sobre o tema, retirados de revistas eletrônicas. Os textos utilizados foram: ñEnergia nuclear evita aquecimento global, diz ex-chefe da agência atômica da ONUò (R7 notícias, 2012), ñFuturo da energia nuclear no Brasilò (Revista ecoturismo, 2011), ñProjeto nuclear brasileiro prevê construção de quatro novas usinasò (G1: Globo.com, 2012), ñSobreviventes da bomba atômica no Japão criticam retomada de energia nuclearò (Reuters Brasil, 2015), ñVantagens e desvantagens da utilização da energia nuclearò (Portal Energia: energias renováveis, 2011), e são apresentados no **ANEXO A** deste trabalho.

Para leitura, os estudantes foram divididos em grupos, onde cada grupo recebeu inicialmente um texto, e ao finalizar, trocavam entre os grupos, de forma que por revezamento, fosse oportunizada a leitura de todos os textos por todos os estudantes. Ao término da leitura dos textos, solicitou-se que os estudantes refletissem sobre a leitura realizada, sobre os vídeos apresentados, e que elaborassem um texto com suas opiniões a respeito da utilização da radioatividade para produção de energia elétrica. Retomando neste momento os questionamentos realizados no início do processo.

Concomitante as discussões sobre a utilização da energia nuclear, trabalhou-se o conteúdo específico de fissão e fusão nuclear numa aula expositiva dialogada. A explicação destes processos permitiu aos estudantes compreender o funcionamento de um reator nuclear, todo o processo de produção de energia e a energia produzida e liberada na explosão de bombas nucleares, conteúdo trabalhado no momento subsequente. A compreensão do conteúdo pelos estudantes foi analisada por meio da resolução de listas de exercícios, além das outras ferramentas utilizadas.

No quinto momento, módulo 3 foram trabalhados os acidentes que mais tiveram repercussão envolvendo a radioatividade, incluindo o lançamento das duas bombas atômicas durante a segunda Guerra Mundial. Todos os acidentes foram trabalhados inicialmente em aulas expositivas, abordando juntamente o conteúdo específico de partículas radioativas (alfa, beta e gama) e tempo de meia-vida.

Posteriormente, exibiram-se dois vídeos escolhidos com base no interesse apresentado pelos estudantes durante a exposição dos conteúdos que contavam a história e como os acidentes aconteceram. Os vídeos escolhidos foram ñChernobyl, a cidade fantasma (Youtube/Você sabia? 2015) ò e ñCésio 137, o maior acidente radioativo do Brasil (Youtube/Você sabia? 2015ò. Ao término dos vídeos realizaram-se discussões a respeito desses acidentes, ressaltando os cuidados que devem ser tomados com relação a radioatividade e a manipulação de elementos radioativos, assim como, na construção e manutenção de usinas nucleares. Além das discussões os estudantes resolveram listas de exercícios sobre o conteúdo específico.

No sexto momento, módulo 4, foram trabalhados os benefícios da radioatividade como a utilização para a datação de fósseis, radioisótopos na agricultura e na medicina, aparelhos de raios X, de maneira expositiva dialogada, com a utilização do livro didático: Química cidadã, Santos e Mól (2013, p.339-341). Os textos presentes nesse referencial, a respeito deste tema, foram escolhidos pela apresentação de fácil compreensão, ricos em exemplos e imagens, e pelos gráficos sobre os níveis de radiação em diversos setores, fornecendo subsídios para a realização de discussões em sala de aula.

No sétimo momento, módulo 5, trabalhou-se a poluição causada pelos níveis altos de emissão radioativa, abordando os riscos à saúde ao entrar em contato com este tipo de radiação, além das consequências a esta exposição, tanto ao ser humano, quanto aos animais, e ao meio ambiente. Como este conteúdo está diretamente relacionado com a emissão de partículas, retomou-se o enfoque para o poder de penetração de cada partícula, de maneira expositiva dialogada, promovendo discussões, respondendo aos questionamentos feitos pelos estudantes em sala de aula.

No oitavo momento, na produção final, os estudantes apresentaram uma dramatização, sendo que os temas foram escolhidos por eles mesmos, abordando

um aspecto positivo e um acidente envolvendo a radioatividade. A dramatização foi ensaiada pelos estudantes em uma aula e apresentada na aula da semana seguinte, na própria sala de aula. Os estudantes improvisaram o figurino e o cenário para poder encenar a peça. Esta etapa finalizou a sequência didática e também foi utilizada como recurso para análise de dados, permitindo analisar por meio da apresentação a evolução ou não do aprendizado dos estudantes ao longo da sequência.

3.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio da realização de um questionário, que tinha por objetivo investigar os conhecimentos prévios dos estudantes de maneira individual. (APÊNDICE C).

Os resultados obtidos neste levantamento foram utilizados para realizar o planejamento das atividades subsequentes, visando promover a aprendizagem dos estudantes nas próximas etapas.

Para a coleta dos dados das demais etapas do estudo utilizou-se como instrumento um questionário para obter os conhecimentos prévios dos estudantes e como técnicas: a observação participante nas atividades em sala de aula, filmagens, fotografias, anotações em um diário, questionamentos durante as aulas expositivas, além da análise da dramatização apresentado ao fim da sequência didática.

A análise de conteúdo foi realizada por meio da utilização do programa MAXqda10, software utilizado para a análise de dados qualitativos e métodos mistos de investigação. O MAXqda10 se caracteriza como um *software* do tipo CAQDAS (*computer assisted qualitative data analysis software*). Segundo Lage (2011) este modo de programa contribui com a pesquisa pelas seguintes características:

> Viabilizam pesquisas com alto volume de dados, as funcionalidades que permitem reduzir o tempo de codificação e análise, a possibilidade de documentar as etapas de análise, dando transparência ao processo, além dos recursos para apresentação e visualização dos resultados obtidos (LAGE, 2011, p.43).

O procedimento consistiu em transcrever individualmente os questionários respondidos pelos estudantes, para arquivos Word codificados num sistema alfa numérico (de A1I, é a A1F).

O processo de análise dos dados no programa iniciou-se com a importação dos arquivos *Word* individuais utilizando a janela ñvariáveisò na opção ñimportarò Seguiu-se com um critério de análise do conteúdo em um sistema de códigos, ou seja, na estratificação por categorias para análise a partir do conteúdo fornecido nas respostas dos estudantes contidas no questionário inicial. Considerou-se a análise de conteúdo como uma técnica de investigação que tem por finalidade a descrição objetiva e sistemática do conteúdo manifesto em uma comunicação conforme Bardin (1995).

Nessa perspectiva, na análise de conteúdo dos dados obtidos do questionário inicial, foram estratificadas nove categorias, sendo sete pré-definidas no questionário: evolução conceitual sobre radioatividade; meios em que os estudantes ouviram falar sobre a radioatividade; a radioatividade é maléfica ou benéfica; presença da radioatividade no cotidiano; percepção histórica do que é radioatividade; relações sociais e políticas da radioatividade, relações com a ciência e tecnologia.

E as outras duas categorias emergentes do desenvolvimento da sequência didática, utilizadas como análise de conteúdo nos resultados obtidos na produção dos estudantes na linha do tempo, nas atividades desenvolvidas em leituras, exercícios, discussões e apresentação da dramatização: contribuições na construção de um pensamento crítico e reflexivo; contribuições na motivação (Quadro 2).

CATEGORIAS DE ANÁLISE	QUESTIONÁRIO INICIAL	DEMAIS ATIVIDADES
Evolução conceitual sobre radioatividade	X	X
Meios em que os estudantes ouviram falar sobre a radioatividade	X	X
Radioatividade como maléfica ou benéfica	X	X
Presença da radioatividade no cotidiano	X	X
Percepção histórica do que é radioatividade	X	X
Relações sociais e políticas da radioatividade	X	X
Relações com a ciência e tecnologia	X	X
Contribuições na construção de um pensamento crítico e reflexivo	-	X
Contribuições na motivação	-	X

Quadro 2 ï Categorias de análise de conteúdo no questionário inicial e demais atividades

Fonte: Elaborado pela autora

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NUMA ABORDAGEM CTS

Após a realização do questionário e da aula expositiva sobre a história da radioatividade, os estudantes construíram e apresentaram uma linha do tempo a respeito da história da radioatividade como atividade extraclasse, tendo como base o conteúdo trabalhado em sala de aula, o livro didático e demais fontes de pesquisa que possuíssem acesso.

Nas linhas do tempo apresentadas pelos estudantes surgiram alguns assuntos similares como a descoberta dos raios-X, o trabalho e as descobertas de Marie Curie, assim como a utilização de processos radioativos na construção das bombas nucleares e os acidentes que a ela são relacionados.

Foram confeccionadas oito linhas do tempo pelos estudantes, divididos em duplas ou trios. E, dentre estas, apenas três obedeceram aos critérios estabelecidos para uma linha do tempo, contemplando os fatos mais relevantes envolvendo a radioatividade em uma ordem cronológica. As outras cinco linhas do tempo foram elaboradas em forma de texto, colocando os fatos marcantes da história da radioatividade, mas não consideraram os critérios previamente solicitados.

Considerando a avaliação realizada pela professora pesquisadora, foram apresentadas imagens das linhas do tempo nas Figuras 2, 3 e 4, construídas de acordo com o modelo sugerido, evidenciando que as demais linhas do tempo abordaram fatos históricos apropriados acerca da radioatividade, entretanto, não os expuseram de maneira cronológica conforme solicitado.

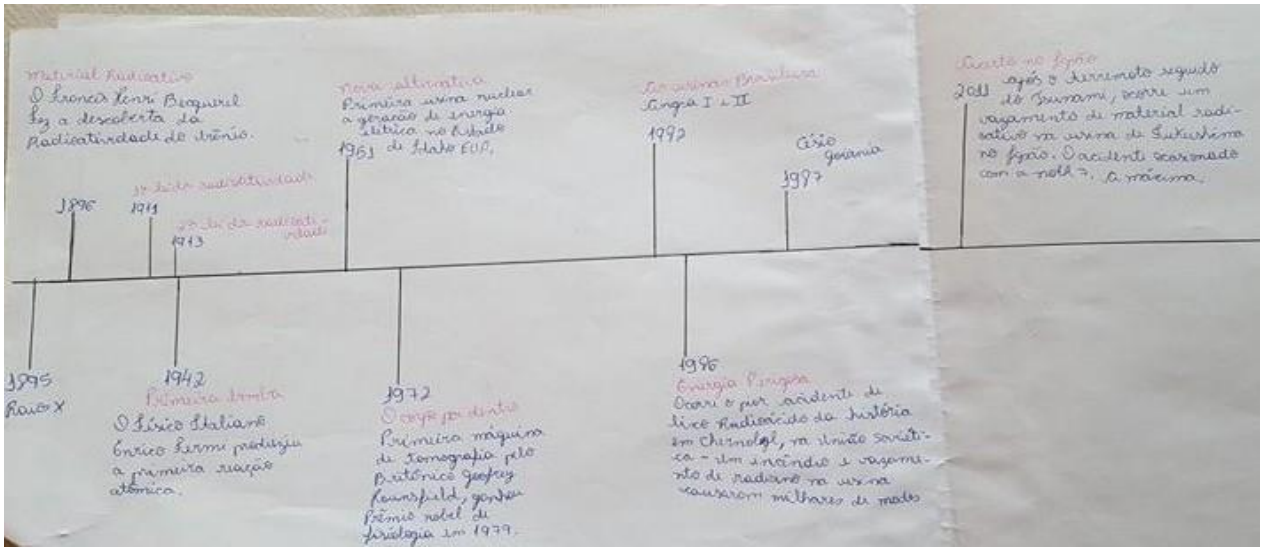

Figura 3: Linha do tempo construída pelos estudantes C e L

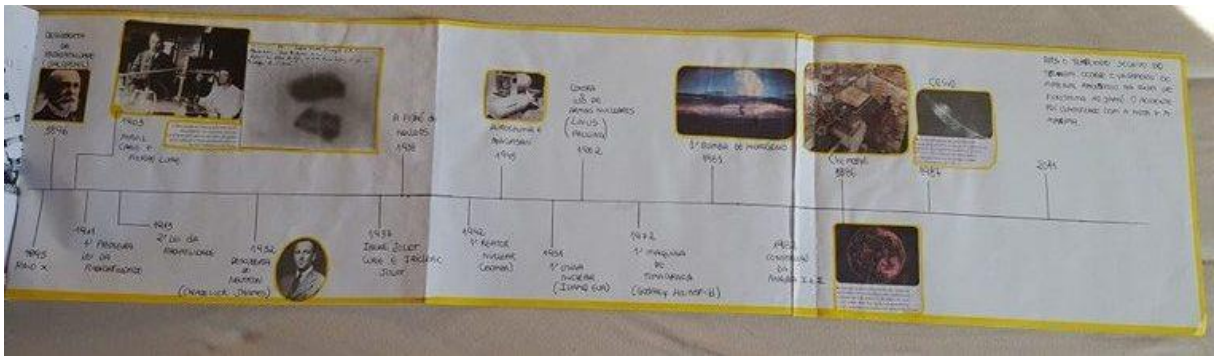

Figura 4: Linha do tempo construída pelos estudantes F e M

Figura 5: Linha do tempo construída pelos estudantes D, E, O e P.

No Módulo 1 (Momento 3) as linhas do tempo foram redistribuídas para os estudantes, de forma que fossem avaliadas pelos seus pares. O objetivo nessa inversão de papéis foi analisar como os estudantes avaliariam as linhas do tempo que não foram construídas por eles mesmos.

Neste momento, os estudantes foram questionados a avaliar quais aspectos acharam mais interessante? E quais foram os itens em comum para todos os estudantes? Como a fonte de consulta majoritária foi o livro didático, os fatos históricos abordados e apresentados foram bastante semelhantes entre as linhas do tempo elaboradas.

Nas linhas do tempo em que foram apresentados fatos que não foram mencionados na aula expositiva, e que não estavam contemplados no livro didático, os estudantes avaliadores questionaram aos estudantes propositores em quais meios estes haviam buscado os temas diferenciados? E, as respostas foram que a pesquisa de tais temas foi realizada em sites da internet.

No Módulo 2 (Momento 3) da sequência didática, discutiu-se a respeito da energia nuclear, por meio de textos, vídeos e questionamentos. Indagaram-se os estudantes após a leitura dos textos e da apresentação dos vídeos, com as seguintes questões: ñAs usinas nucleares são uma opção viável para produzir energia elétrica?ò; ñProduzir eletricidade por meio de elementos radioativos é um aspecto maléfico ou benéfico a respeito da radioatividade?ò; ñAs usinas nucleares são o único método de produção de energia que podem trazer impactos negativos a sociedade e ao meio ambiente?ò; ñVocês são a favor ou contra a instalação de novas usinas nucleares no Brasil?ò.

Alguns estudantes respondiam de forma bastante objetiva, ou apenas com sim ou não, entretanto alguns participaram de maneira mais efetiva na discussão e expuseram suas ideias com relação à energia nuclear.

Além das discussões a respeito dos impactos da utilização das usinas nucleares, trabalhou-se o conteúdo específico de fissão e fusão nuclear, conteúdos fundamentais para a compreensão do funcionamento de um reator nuclear. Os estudantes realizaram a resolução de exercícios a respeito destes processos, sendo que a avaliação da compreensão dos mesmos foi avaliada em uma lista de exercícios, desenvolvida no Módulo 3.

No Módulo 3 (Momento 5) trabalhou-se os acidentes radioativos, juntamente com o conteúdo específico de partículas, retomando os conceitos de fissão e fusão nuclear. Os acidentes trabalhados foram aqueles que mais tiveram repercussão midiática e o que mais chamou a atenção dos estudantes durante a confecção das linhas do tempo, como o de Chernobyl, Césio-137 e o mais recente na usina nuclear

de Fukushima, além do lançamento das bombas nucleares em Hiroshima e Nagasaki.

Ainda neste momento da sequência, requisitou-se aos estudantes que resolvessem uma lista de exercícios (**APÊNDICE D)** composta por 9 questões, sendo 4 sobre fissão e fusão nuclear, e 5 sobre partículas radioativas. Nas respostas as questões sobre emissão de partículas, nenhum estudante apresentou erros na resolução dos exercícios, porém, nas questões que abrangiam o conteúdo de fissão e fusão, chamou à atenção a questão de número 2, onde nenhum estudante respondeu corretamente ao que se pedia na questão.

Esta questão apresentava uma reação de fissão nuclear e pedia para que se encontrasse o número de nêutrons que seriam obtidos após findar-se a reação. Notou-se que o erro cometido foi de que os estudantes se esqueceram de acrescentar ao átomo que realizava a fissão o nêutron ao qual havia sido bombardeado, o que alterava a massa atômica utilizada na realização dos cálculos. Percebe-se que esta etapa ao resolver uma equação de fissão não foi compreendida pelos estudantes, o que demonstra que a maneira com que foi abordado não foi eficaz para promover a aprendizagem dos estudantes.

Outro fato observado na análise das listas foi em relação à questão de número 3, que também exigia um pré-conhecimento sobre reações de fissão nuclear. Das dezoito listas analisadas, cinco não responderam corretamente esta questão, o que demonstra que este tipo de reação nuclear não foi bem compreendido pelos estudantes, mesmo sendo utilizados diversos exemplos e metodologias diferenciadas para explanar este assunto.

Estes exercícios foram resolvidos no quadro após a correção das listas, explicando novamente o processo da reação de fissão nuclear, para que os estudantes pudessem compreender o que haviam feito de errado. Alguns perceberam que haviam esquecido de acrescentar o nêutron na massa do átomo, podendo-se verificar que os estudantes aprenderam o conceito, mas se esqueceram de uma etapa ao realizar o exercício, que ao ser retomado fez com que os próprios estudantes percebessem isso.

Nos Módulos 4 e 5 (Momentos 6 e 7) da sequência trabalharam-se os benefícios da radioatividade, além da poluição que esta pode causar no meio ambiente. Para isto, utilizou-se de aulas expositivas dialogadas, tendo como suporte

o livro didático utilizado pelos estudantes. O livro didático Peruzzo e Canto (2006, p.331-341) continha uma subunidade que abordava as principais utilizações da radioatividade, além das lesões originadas ao excesso de exposição a ambientes radioativos.

Com o trabalho dos benefícios e da utilização da radioatividade, pode-se perceber que os estudantes passaram a analisar a radioatividade de uma maneira diferente, não atribuindo a ela apenas o estereótipo de maldade, mas analisando as reais implicações de sua utilização.

Na produção final da sequência didática os estudantes apresentaram uma dramatização contemplando o conteúdo de radioatividade, com temas escolhidos de acordo com seus interesses. A dramatização foi escolhida pelo fato de possibilitar a mobilização intensa dos estudantes para a execução do mesmo, permitindo que o professor tenha vários elementos para analisar, iniciando-se pelas discussões na divisão e enfoque do tema até aos fatos mais relevantes que despertaram a atenção dos estudantes.

Para a encenação da dramatização os estudantes optaram pela divisão da turma em dois grupos, sendo esta uma decisão tomada pelos estudantes, não havendo interferência do professor. Cada grupo, A e B, continha 9 estudantes, que optaram por abordar respectivamente os temas: as descobertas feitas por Marie Curie e o acidente com o Césio-137. Os temas foram ensaiados e encenados separadamente, sendo na sequência, em primeiro sobre o Césio e posteriormente sobre Marie Curie.

A apresentação da dramatização foi realizada na forma narrada, onde dois dos estudantes, cada um narrando um tema, contava todo o contexto enquanto os demais encenavam os acontecimentos.

Narração do grupo A: Descobertas de Marie Curie

ñMarie Curie passou muito tempo ñcozinhandoòuma pedra de urânio em um caldeirão. Após as pesquisas Marie Curie descobriu o polônio e depois o rádio. Após a descoberta, ocorreu uma epidemia de rádio, tentaram colocar o pó em tudo, cremes, sabonetes, produtos para rejuvenescer, creme dental, etc.ò

Narração do grupo B: Acidente com o Césio-137

*ñNa busca de ferro velho para vender, dois homens entraram em um hospital abandonado. Ali apanharam um bloco metálico, pesando 100 kg. Esse bloco possuía radioatividade, mas eles sem saber levaram para vender. Logo o material foi aberto e nele foi encontrado um pó branco que brilhava. Encantado o dono do ferro velho leva para a sua filha ver, sua mulher um tanto preocupada toma o pó da mão de sua filha pega um ônibus e leva para a vigilância sanitária. Após vários foi solicitado a descontaminação das pessoas contaminadas. Esse processo durou mais de 2 meses. E durante muito tempo, ninguém entrava e nem saia de Goiânia, as pessoas de lá se vistas em outro lugar eram apedrejadas e isso causou um forte preconceito, por medo, e para se defender de possíveis contaminações***ò**

Nos temas escolhidos e no conteúdo abordado nas narrativas protagonizadas pelos estudantes, houve a expressão da dualidade que a radioatividade apresenta, considerando que o grupo A retratou a importância dos estudos de Marie Curie e como as suas descobertas foram importantes tanto para o avanço científico quanto para tratamentos medicinais. Enquanto o grupo B, retratou a utilização incorreta deste conhecimento, as consequências da falta de conhecimento sobre o assunto, além das consequências ocasionadas devido ao excesso de exposição à radioatividade.

Alguns momentos da narrativa e da sequência didática são retratados nas Fotografias 1, 2, 3, 4 e 5.

Fotografia 1: Estudantes na análise das linhas do tempo
Fonte: Autora

Fotografia 2: Estudantes na leitura dos textos a respeito da Energia Nuclear
Fonte: Autora

Fotografia 3: Estudantes elaborando o roteiro da dramatização
Fonte: Autora

Fotografia 4: Estudantes do grupo A encenando a dramatização sobre as descobertas de Marie Curie
Fonte: Autora

Fotografia 5: Estudantes do grupo B encenando a dramatização sobre o acidente com o elemento Césio-137
Fonte: Autora

O critério de análise de conteúdo dos dados obtidos nas respostas dos estudantes ao questionário inicial, gerou as categorias estratificadas: evolução conceitual sobre radioatividade; meios em que os estudantes ouviram falar sobre a radioatividade; radioatividade como maléfica ou benéfica; presença da radioatividade no cotidiano; percepção histórica do que é radioatividade; relações sociais e políticas da radioatividade; relações com a ciência e tecnologia.

Essas categorias foram utilizadas como critério de análise de conteúdo nos resultados obtidos na produção dos estudantes na linha do tempo, nas atividades desenvolvidas em leituras, exercícios, discussões e apresentação da dramatização,

acrescentadas das categorias: contribuições na construção de um pensamento crítico e reflexivo e contribuições na motivação. E, respectivamente discutidas a partir da seção 4.1.

4.1 EVOLUÇÃO CONCEITUAL SOBRE RADIOATIVIDADE

A concepção inicial dos estudantes em relação a radioatividade na primeira questão formulada foi: o que é radioatividade? Dentre os 18 questionários analisados, 6 dos estudantes não responderam, e 12 responderam à questão.

Nas respostas aos questionários surgiram concepções distintas com variações na definição de radioatividade, apresentadas na Tabela 1, conforme observa-se nas respostas dos estudantes, com maior frequência relacionam a radioatividade com a prática de exercícios (17%), como sendo algo perigoso (17%), ou sendo alguma energia oriunda de elementos químicos (17%).

Tabela 1 - Respostas dos estudantes sobre definição de radioatividade

Definição de radioatividade	Percentual de respostas %
Meio de transmitir sons	8
Meio de praticar atividades	17
Política/sociedade que vivemos	8
Ajuda as pessoas	8
Sinais de rádio	8
Ondas de ar	8
Algo perigoso	17
Energia/elementos químicos	17
Nunca ouviu falar	8

Fonte: Elaborada pela autora a partir das respostas dos estudantes

A relação de radioatividade estabelecida com práticas de atividade pode ser explicada pelo sufixo atividade do termo ñradioatividadeò, o que levou alguns estudantes que não possuem conhecimento sobre o termo a acreditarem que este possui alguma relação com a prática de atividades físicas.

Com relação às respostas dos estudantes que definem a radioatividade como sendo algo perigoso ou algum tipo de energia oriunda de elementos químicos, pode ter relação com os meios pelos quais os estudantes têm acesso às informações, por meio de notícias que circulam nos meios midiáticos a respeito desse tema, abordando o contexto histórico da radioatividade que apresenta inúmeros acidentes catastróficos.

> Além dos acidentes em usinas nucleares, outros incidentes já ocorreram envolvendo energia nuclear, como os efeitos das bombas lançadas sobre o Japão, ao final da II Grande Guerra Mundial, e dos testes nucleares. Como consequência, criou-se, ao longo dos tempos, um grande receio coletivo da população mundial com relação à radioatividade (SILVA, 2009, p.144).

Nesse sentido, caracteriza-se que grande parte dos meios midiáticos ressalta apenas as catástrofes que a radioatividade está envolvida. A maioria dos sites e das revistas que tratam sobre a radioatividade, valorizam assuntos como acidentes radioativos, bombas e perigos das usinas nucleares.

Esta divulgação de notícias que contemplam somente o uso inadequado da radioatividade ou os acidentes ocasionados por meio da sua utilização faz com que grande parte das pessoas acredite que a radioatividade seja algo extremamente perigoso. Esta informação obtida por meios externos é capaz de formar essa opinião dos estudantes, conforme a afirmação de Silva (2009, p.35):

> Fatores externos ao contexto de Educação Formal, como, por exemplo, a mídia, são muito mais fortes no sentido de influenciar o cidadão no processo de tomada de decisão, pois essas relações têm dimensões muito maiores e mais abrangentes do que o que se pode perceber no contexto escolar.

Se durante a sua vida escolar os estudantes não possuírem acesso a informações concisas e verídicas, o conceito que irá prevalecer para eles a respeito de determinado conteúdo será aquele que obteve nos meios midiáticos,

principalmente a respeito de radioatividade, onde as notícias que circulam enfatizam apenas seu caráter negativo, fato observado nas respostas dos estudantes.

Em apenas 8% das respostas (Tabela 1), os estudantes afirmaram que a radioatividade pode de alguma forma, ajudar as pessoas, um valor relativamente pequeno se comparado aos 17% que a relacionaram com algum tipo de perigo.

Foram constatados nas respostas dos estudantes outros conceitos sobre radioatividade (Tabela 1) como, sinais de rádio (8%), ondas de ar (8%), meio de transmitir sons (8%), política e sociedade em que vivemos (8%). De forma geral, essas respostas apontam que os estudantes não possuem conhecimento a respeito de radioatividade, relatando termos de maneira desconexa e com pouco sentido, definindo radioatividade sem relação com o tema.

Após o desenvolvimento das atividades da sequência didática foi possível perceber que estas contribuíram para a evolução conceitual sobre a definição da radioatividade, contribuindo desta forma para a aprendizagem deste tema, principalmente as linhas do tempo e as discussões realizadas em sala.

Nas linhas do tempo, que foi a primeira atividade solicitada, foi possível perceber que os estudantes foram estimulados a pesquisar sobre o tema e dessa maneira puderam definir e dar exemplos corretos a respeito da radioatividade, pois estas apresentavam temas distintos dos trabalhados durante a aula expositiva e dos que eram contemplados no livro didático. Na análise do questionário nenhum estudante conseguiu definir corretamente o que o termo radioatividade significa, fato que sofreu mudanças ao analisar a linha do tempo.

Na linha do tempo confeccionada pelos estudantes D, E, O e P, além da linha do tempo os mesmos entregaram um texto contendo a definição da radioatividade, fatos históricos, utilização, além dos malefícios e benefícios que o uso deste conhecimento acarreta. Estes estudantes apontaram que a radioatividade ñé definida como a capacidade que alguns elementos fisicamente instáveis possuem de emitir energia sob forma de partículas de radiação eletromagnéticaò

No diagnóstico inicial pode-se perceber que nenhum estudante soube definir de maneira correta o termo radioatividade, mas a exposição do assunto despertou a curiosidade dos mesmos, incentivando-os a buscar informações a respeito do tema. Todavia, após o desenvolvimento das atividades já no início os estudantes

apresentaram a definição correta a respeito da radioatividade, o que se fez presente nas linhas do tempo dos estudantes Q, G, K e I.

Os estudantes G, K e I abordaram não só a definição do termo radioatividade mas diferenciaram as radiações eletromagnéticas oriundas do núcleo, abordada no tema radioatividade, das radiações eletromagnéticas oriundas da eletrosfera, onde os elétrons absorvem energia e a liberam em forma de luz. Isto mostra que esta atividade possibilitou que os estudantes fossem atrás de informações a respeito do que é radioatividade, visto que muitos não tinham ouvido falar sobre o tema ou não sabiam defini-lo corretamente.

Dos 18 estudantes que entregaram as linhas do tempo, notou-se que alguns deles, sete para ser mais preciso, buscaram a definição correta do termo radioatividade para apresenta-lo em suas linhas do tempo. Isto significa que 39% dos estudantes passaram a conhecer e a definir corretamente o que é a radioatividade, o que é um número bastante satisfatório se comparado ao cenário inicial, porém 61% dos estudantes ainda não apresentaram esta definição nesta atividade, o que mostra que ela surtiu efeitos positivos, mas não a todos os estudantes da turma.

Mesmo que a definição do termo radioatividade não tenha sido um item obrigatório ao solicitar a confecção das linhas do tempo, a presença desta em algumas linhas mostrou que os estudantes tiveram contato com este conteúdo por meio da realização da atividade. Desta forma, percebe-se que a atividade de construção das linhas do tempo se caracteriza como uma atividade eficaz no ensino deste conteúdo, desde que quando for solicitada o professor requisite que a definição do termo radioatividade seja abordado. Com isto, este percentual de estudantes que apresentam corretamente o termo radioatividade passa a ser ainda mais significativo.

As atividades desenvolvidas na sequência contribuíram de forma positiva na evolução conceitual a respeito de radioatividade quanto à compreensão dos processos de fusão e fissão nucleares e a produção de energia neles envolvida, contudo, ainda ficaram algumas lacunas sobre alguns conceitos, como nas reações de fissão nuclear, em que os estudantes não conseguiram compreender como ocorre este processo, conforme suas respostas nas listas de exercícios.

A partir desta constatação, estes conceitos foram retomados em momentos subsequentes com o objetivo de viabilizar essa transposição conceitual. Esta ação de retomar e discutir os exercícios fez com que grande parte dos estudantes compreendessem o processo envolvido nestes exercícios, pois perceberam que haviam esquecido de incluir o nêutron no processo, contudo alguns estudantes ainda não conseguiram compreender completamente o processo reacionário envolvido.

O que foi possível de avaliar nestes estudantes, onde o procedimento envolvido não foi compreendido, foi de que para eles a aplicação de processos que envolvem a fissão e fusão nuclear, assim como as suas implicações, foi compreendida pela maioria deles.

O estudante G não conseguiu realizar os processos reacionários e não demonstrou ter aprendido os mesmos durante a correção, mas ao ser questionado sobre a definição dos processos este afirma que é a favor e contra a radioatividade (se referindo a energia nuclear), pelo mal que ela pode causar como nas bombas e a favor por causa dos raios-X. Por meio desta afirmação é possível analisar que para ele a definição de termos ainda é uma dificuldade, por usar radioatividade quando se trata de energia nuclear, mas que sua visão a respeito dos fatos é correta. Mesmo que não tenha sido capaz de compreender o processo reacionário, este conseguiu analisar a aplicação deste conteúdo, o que já é de grande valia para o ensino.

A revisão do conteúdo e as discussões realizadas permitiu a evolução conceitual no reconhecimento das transformações nucleares como fonte de energia, e na interpretação dos processos nucleares em usinas de produção de energia elétrica na indústria, agricultura, medicina, ou em artefatos bélicos, em função das interações e radiações nucleares, comparando riscos e benefícios do uso da tecnologia nuclear.

Mesmo que os processos reacionários não tenham sido completamente compreendidos por toda a turma, houve uma evolução conceitual no que diz respeito a definição da radioatividade e de suas aplicações. Ao comparar os resultados do questionário com os das atividades, percebeu-se que os estudantes conseguiram definir corretamente o termo radioatividade, ou conseguiram identificar onde este conhecimento é utilizado e quais são as consequências desta utilização.

Segundo Benarroch (2000, p.236) ña aprendizagem da ciência é um processo gradual durante o qual as estruturas conceituais iniciais são continuamente enriquecidas e reestruturadoò Desta forma, a maioria dos estudantes teve uma evolução conceitual com relação a radioatividade, levando em consideração que a visão inicial a respeito do tema passou a ter outra conotação, ou seja, esta ideia foi enriquecida e na maioria, reestruturada.

4.2 MEIOS EM QUE OS ESTUDANTES OUVIRAM FALAR SOBRE A RADIOATIVIDADE

Ainda que existam diversos meios midiáticos, livros e revistas, o livro didático continua sendo um dos principais meios que os estudantes utilizam para buscar informações a respeito de diversos conteúdos, principalmente em escolas situadas na região rural. Com o objetivo de conhecer a realidade dos estudantes em relação ao acesso a informações, no questionário inicial foi perguntado: Por quais meios você ouviu falar sobre radioatividade?

As respostas obtidas são apresentadas na Tabela 2. E, considerando que muitas das respostas indicaram mais de um meio como exemplo, a estratificação foi realizada de acordo com o número total de respostas, que neste caso somou 26. A televisão aparece como o principal meio em que os estudantes já ouviram falar sobre radioatividade (31%). Esse resultado era esperado considerando o fato de que a televisão representa um meio de comunicação em massa, e, hoje acessível mesmo em regiões rurais.

A sala de aula foi citada pelos estudantes como o segundo meio de maior relevância em que já ouviram falar sobre o assunto (15%). Um dos possíveis fatores para essa menção é de que a radioatividade está relacionada com as bombas lançadas durante a segunda guerra mundial, fato histórico que é trabalhado na disciplina de história, conforme os próprios estudantes relataram.

Tabela 2 - Respostas dos estudantes sobre os meios pelos quais ouviram falar sobre Radioatividade

Meios pelos quais ouviram falar sobre radioatividade	Porcentagem de respostas obtidas (%)
Filmes	4
Internet	8
Livros/revistas	8
Reportagens/documentários	4
Rádio	4
TV	31
Sala de aula	15
Nenhum	15
Não respondeu	12

Fonte: Elaborada pela autora a partir das respostas dos estudantes

Apenas 12% dos estudantes não responderam a esta questão, um número relativamente pequeno, fato que demonstra que a maioria já ouviu falar da radioatividade por algum meio, conforme afirmação de Aquino e Chiaro (2013, p. 159):

> Vale salientar que o tema Radioatividade não é algo totalmente desconhecido pela maioria dos estudantes. Várias notícias circulam pelos principais meios de comunicação e sempre são acompanhadas por análises envolvendo caos e destruição, como aconteceu no ano de 2011, a partir do acidente nuclear de Fukushima no Japão.

No desenvolvimento da sequência didática, no momento 2, na produção inicial, nas linhas do tempo confeccionadas pelos estudantes A, B, C, F, H, L, M, N, R, estavam presentes informações que não eram contempladas no livro didático, e que não haviam sido abordadas em sala de aula, como a construção das usinas nucleares Angra I e Angra II no Brasil e o acidente nuclear em Fukushima, demonstrando que estes estudantes buscaram mais dados a respeito do tema sugerido em outras fontes.

Ao responderem a segunda questão do questionário, destes estudantes 3 nunca haviam falar a respeito da radioatividade (R, H, C) e apenas um, o estudante

M, afirmou já ter obtido informações da radioatividade por meio da internet. A maneira com que o conteúdo foi abordado em sala de aula, juntamente com a solicitação da atividade, despertou o interesse por parte destes estudantes, que buscaram outras fontes de consulta para elaborarem suas linhas do tempo.

Mesmo que grande parte destes estudantes não tenha contemplado a definição do termo radioatividade, discutido no item anterior, a atividade despertou-lhes curiosidade, pois buscaram fontes diversificadas de pesquisa para a realização da atividade. Deve-se levar em consideração que esta definição não foi previamente solicitada, o que não resulta em classificar estas linhas do tempo como erradas de acordo com o que foi estabelecido.

A confecção das linhas do tempo permitiu que os estudantes tivessem acesso a meios diversificados de fonte de pesquisa, além de que, se mostrou positiva no aspecto de que os novos assuntos abordados pelos estudantes não representam apenas o lado maléfico da radioatividade, mas também o benéfico.

A realização da atividade fez que os estudantes percebessem que existem diversos meios onde estes podem encontrar informações a respeito da radioatividade. Quando questionados, os estudantes afirmaram que buscaram estas informações em sites da internet, sendo novamente questionados a respeito da veracidade das informações neles contidas. A maioria afirmou que comparou as informações dos sites com as do livro didático e que as que não estavam contempladas no livro, encontraram em sites como Mundo Educação e Brasil Escola.

É muito importante evidenciar aos estudantes que as mídias podem ser muito vantajosas, quando se tem um propósito de estudo, mas que há a necessidade de avaliar as informações contidas nos meios midiáticos. Realizar este tipo de aprendizagem ñpermitirá detectar, por exemplo, falsas verdades e dicotomias, as causalidades ingênuasò (MOREIRA, 2011, p.228).

Ao realizar a atividade proposta os estudantes possuíram conhecimentos vindos de, no mínimo, três meios: a sala de aula, livro didático e internet. A execução desta atividade foi o momento da sequência que os momentos mais foram estimulados a buscar novas fontes de consulta, pelo fato da atividade ter sido solicitada como extraclasse.

Todavia, a realização da atividade não conseguiu atingir a todos da turma com relação a percepção de diferentes meios em que é possível ouvir falar a respeito da radioatividade. As linhas do tempo confeccionadas pelos estudantes G, I, K e Q abordaram apenas alguns fatores da história da radioatividade que eram contempladas no livro didático e de maneira bem superficial. Os aspectos trabalhados em sala de aula não foram abordados nas linhas do tempo destes estudantes, sendo que nenhuma delas obedeceu ao critério de apresentar os fatos cronologicamente.

Vale ressaltar que ao responder a segunda questão do questionário, os estudantes G, I, K e Q colocaram que nunca haviam ouvido falar a respeito da radioatividade e mesmo que não tenham abordado isso nas linhas do tempo, tiveram informações a respeito na aula expositiva e ao utilizar o livro didático. Ou seja, mesmo que não tenham procurado outros meios para confeccionarem suas linhas do tempo, passaram a conhecer meios em que o conteúdo de radioatividade está presente.

4.3 A RADIOATIVIDADE COMO MALÉFICA OU BENÉFICA

A terceira questão formulada no questionário inicial, foi sobre a classificação da radioatividade, na pergunta se radioatividade é: ( ) maléfica, ( ) benéfica, ( ) maléfica e benéfica, ou, ( ) não sei. Na maioria das respostas (Tabela 3), os estudantes classificavam a radioatividade somente como benéfica (33%), seguida de benéfica e maléfica (28%), somente maléfica (22%) e uma minoria afirmou não saber (17%).

Os estudantes, mesmo não sabendo ao certo a definição do tema radioatividade, acreditam que de alguma forma a radioatividade pode ser benéfica para as pessoas, assim como também pode ser maléfica.

Tabela 3 - Respostas dos estudantes sobre a classificação de radioatividade

A radioatividade é	Porcentagem de respostas (%)
Maléfica	22
Benéfica	33
Maléfica e Benéfica	28
Não sei	17

Fonte: Elaborada pela autora a partir das respostas dos estudantes

Analisando as atividades elaboradas pelos estudantes, constatou-se que os estudantes D, E, O e P citaram os malefícios e benefícios da radioatividade em suas linhas do tempo, embora estes itens não tenham sido solicitados para sua confecção, o que demonstra que os estudantes encontraram estas informações ao realizar a atividade.

No momento 4, no módulo 2 da sequência didática, quando o tema energia nuclear foi abordado por meio de reportagens, discussões e mediante apresentação do conteúdo específico, os estudantes puderam perceber que o conhecimento a respeito da radioatividade pode causar tanto malefícios quanto benefícios para a sociedade, dependendo apenas do modo que é utilizada. Visto que a energia nuclear traz estes benefícios se usada corretamente, caso contrário, se houver algum acidente na sua utilização as pessoas que vivem ao redor da usina sofrem com as consequências. Esta mesma energia pode ser utilizada para a construção de bombas nucleares, mostrando um malefício resultante do uso da radioatividade.

No Quadro 3 é possível observar alguns trechos das falas dos estudantes, após a aula expositiva, assistirem os vídeos e a leitura dos textos a respeito da energia nuclear. Estes foram questionados a respeito da energia nuclear com as seguintes questões: ñAs usinas nucleares são uma opção viável para produzir energia elétrica? ò; ñProduzir eletricidade por meio de elementos radioativos é um aspecto maléfico ou benéfico a respeito da radioatividade? ò; ñAs usinas nucleares são o único método de produção de energia que podem trazer impactos negativos a sociedade e ao meio ambiente? ò; ñVocês são a favor ou contra a instalação de novas usinas nucleares no Brasil? ò

Conforme mostra as respostas apresentadas no Quadro 3, os estudantes colocaram pontos bem apropriados a respeito da energia nuclear, sendo que na maioria das falas foram abordados tanto os aspectos positivos quanto os negativos a respeito desta energia.

Evidencia-se desta forma que para os estudantes J, N, O, P e Q houve a compreensão sobre a maneira com que este recurso é utilizado, pois apresentaram em seus argumentos que o risco maior não está em se utilizar este método de produção de energia, mas sim nos cuidados que se deve ter ao utilizá-lo.

Estudante	Ideias a respeito da energia nuclear
J	*ñTem vantagens, mas também tem muitas desvantagens. Já foi concluído, as bombas nucleares fizeram muito mal a sociedade, destruindo completamente as cidades e matando milhares de pessoas e também deixando milhares de pessoas com defeitos físicosò*
N	*ñNa minha opinião, já que é utilizada que continue sendo utilizada, mas que seja com muito cuidado para não prejudicar ninguémò*
O	*ñA energia nuclear é um tipo de energia que pode ser boa e ruim ao mesmo tempo. Por um lado, ela é muito boa pois é limpa e renovável, mas por outro ela pode ser mortalò*
P	*ñEla pode ser usada para o bem, mas deve-se ter muito cuidado, pois pode causar um mal enorme, por isso ela tem suas vantagens e desvantagensò*
Q	*ñEu acho que ela deve ser usada com muito cuidado e sempre utilizada para o bem, sem causar danos a ninguém, como ela é muito perigosa deve-se ter todo o cuidado para nunca mais causar nenhum acidenteò*

Quadro 3 - Respostas dos estudantes ao questionamento sobre energia nuclear
Fonte: Elaborado pela autora a partir das respostas dos estudantes

A compreensão por parte destes estudantes pode ser explicada pelo modo que este assunto foi abordado em sala de aula, presente nas diferentes atividades da sequência didática, onde em todos os momentos evidenciou-se a mediação do lado negativo e o lado positivo deste recurso, além dos cuidados que devem ser tomados quando se opta por produzir energia elétrica por meio das usinas nucleares. Outro ponto que merece destaque é que a abordagem não se limitou a uma atividade, utilizaram-se diversos recursos tais como vídeos, textos, discussões

em sala de aula que oportunizaram que os estudantes agregassem mais conhecimento a respeito do tema energia nuclear.

Os estudantes B, G e K também colocaram suas opiniões a respeito da utilização da energia nuclear, entretanto não usaram o termo energia nuclear para se referir ao assunto, e sim radioatividade ou radiações. O estudante B coloca que:

> ñEu sou contra e a favor da radiação, a favor porque eles usam a radiografia para melhorar a saúde das pessoas que tem algum problema e contra porque se a gente ficar por muito tempo em um lugar onde tem esse tipo de radiação elas podem causar sequelas muito graves nas nossas vidasò

O estudante K afirma que:

> ñEu sou a favor e contra a radiação, a favor porque se usa a radiação para curar problemas das pessoas e contra porque se usa a radiação para fazerem bombas, matando milhares de pessoas e contaminando o local, que jamais será habitadoò

Já o estudante G afirma que: ñEu sou a favor e contra a radioatividade por causa de muitas coisas que aconteceram exemplo: descoberta dos raios-X. A radioatividade é capaz de deformar humanos, formar bombas além de destruir cidadesò

As falas dos estudantes demonstram que houve uma compreensão a respeito da utilização da radioatividade, mesmo que não tenham relacionado com o tema que era energia nuclear, souberam dar exemplificações de como a radioatividade pode ser maléfica ou benéfica, dependendo somente do modo com que este conhecimento é utilizado.

Os estudantes que participaram de modo mais efetivo nesta atividade, foram os que não haviam manifestado de maneira muito significativa suas opiniões e interesses nas atividades anteriores. Isto demonstra que que o tema abordado neste momento da sequência despertou-lhes mais o interesse do que nos momentos anteriores.

Os demais estudantes A, C, D, E, F, H, I, L, M e R participaram dos questionamentos realizados em sala de aula, apenas concordando ou discordando

das questões lançadas, não apresentando suas opiniões de maneira tão significativa como os demais anteriormente citados.

A compreensão dos estudantes a respeito do dualismo que o tema radioatividade engloba ficou realmente perceptível na dramatização apresentada como produção final da sequência, onde estes optaram por encenar um tema que mostra o benefício da radioatividade (a descoberta do rádio por Marie Curie e sua utilização) e outro que mostra o malefício causado pela sua má utilização (o acidente com o elemento Césio-137 em Goiânia).

Com o desenvolvimento da sequência didática observou-se que esta trouxe contribuições para o processo de ensino-aprendizagem ressaltando-se principalmente a percepção e capacidade de avaliação dos riscos e benefícios dos diferentes usos da energia nuclear. No sentido de que a radioatividade pode ser um benefício ou um malefício na sociedade foi alcançada pelos estudantes, demonstrando que o principal objetivo foi alcançado.

Os estudantes puderam compreender esta relação e perceberam que a radioatividade não pode ser caracterizada apenas quantos aos aspectos negativos, e que suas características dependem do modo com que os seus processos são utilizados. Esta constatação pode ser observada na apresentação da dramatização, onde os mesmos optaram por apresentar tanto os benefícios quanto os malefícios relacionados a esse conhecimento, o que indica que os estudantes conseguiram compreender o dualismo que envolve o tema radioatividade.

Diferentemente da atividade a respeito da energia nuclear, quando houve uma participação mais efetiva e uma demonstração de opinião por apenas uma parcela de estudantes, a realização da dramatização envolveu todos os estudantes. Nas aulas em que foram disponibilizadas para a preparação da dramatização, foi possível de perceber o envolvimento dos estudantes na escolha do tema e nas discussões que se fizeram presentes. O mais interessante foi perceber que os estudantes possuíam argumentos concisos para justificar a escolha dos temas.

Ao analisar a realização da preparação da dramatização, captou-se algumas falas dos estudantes nas discussões a respeito da escolha dos temas. O estudante O em determinado momento afirmou ñtemos que falar sobre Marie Curie, a história dela é muito legal e ela foi muito importante para a radioatividadeò Já o estudante E

explanou ñentão temos que falar sobre um acidente, porque é legal. Pode ser o Césio, já que foi no Brasilò

As ideias dadas por estes estudantes foram rapidamente aceitas pelos demais, tendo em vista que os temas citados eram vistos como interessantes por toda a turma. A partir disso optaram por se dividir em dois grupos, onde cada grupo ficaria responsável por um dos temas. A escolha destes temas pelos estudantes foi algo bastante satisfatório pelo fato de que representam um aspecto maléfico e outro benéfico da radioatividade, mas também foram temas que estes não conheciam antes de se dar início a sequência.

Á vista disso, a sequência possibilitou que estes tivessem conhecimento a respeito dos estudos de Marie Curie, que foram muito importantes para o desenvolvimento da radioatividade, e do acidente que ocorreu no Brasil com o elemento Césio. Neste sentido, a abordagem CTS contribuiu de maneira significativa para o desenvolvimento do tema radioatividade.

> Tal abordagem pode criar condições para o desenvolvimento das capacidades cognitivas dos estudantes, especialmente orientadas para uma mudança de visão quanto à natureza de um fenômeno científico-tecnológico e de seus produtos, oferecendo assim, condições para a transmissão de poder social aos cidadãos, de uma maneira geral (VON LINSINGEM, 2006 apud SILVA; PESSANHA; BOUHID, 2011, s.p).

Esta alteração da visão negativa da radioatividade dos estudantes foi observada após o desenvolvimento da sequência didática, quando muitos inicialmente não sabiam o que esta palavra significava, passaram a ter não somente conhecimento a respeito do assunto, mas a terem sua própria opinião a respeito do tema, além de que passaram a ter subsídios para interpretar as informações que possuírem acesso a respeito da radioatividade.

O ensino de radioatividade por meio do enfoque CTS contribuiu para que os estudantes compreendessem o que este termo significa e quais os impactos, tanto positivos quanto negativos, da utilização dos conhecimentos atrelados a este assunto acarretam a sociedade.

4. 4 PRESENÇA DA RADIOATIVIDADE NO COTIDIANO

A quarta questão formulada aos estudantes no questionário inicial foi: a radioatividade está presente no seu dia-a-dia? E como? Buscando levantar dados a respeito da correlação da radioatividade com o cotidiano desses estudantes. As respostas obtidas na presente questão são apresentadas no Tabela 4, onde observa-se que a maioria dos estudantes respondeu que sim (61%), a radioatividade está presente no nosso cotidiano, apenas 11% não sabe, e 28% não respondeu.

Tabela 4 - Respostas dos estudantes sobre a presença da radioatividade

A radioatividade está presente no cotidiano	Porcentagem de respostas (%)
Não sabe	11
Não respondeu	28
Não	0
Sim	61

Fonte: Elaborada pela autora a partir das respostas dos estudantes

Dentre os que responderam que a radioatividade está realmente presente no nosso cotidiano, alguns deram exemplos de locais de onde está pode ser encontrada. Os estudantes responderam (Tabela 5) acreditar que a radioatividade esteja presente em aparelhos celulares, computadores, aparelhos domésticos (18%), no sol (18%), meios de comunicação (9%), por meio de notícias (9%), produção de energia nas usinas (9%), nos raios quando chove (9%), em produtos químicos (9%) e alguns não citaram exemplos (9%).

Nas respostas apresentadas, a maioria das respostas (36%) demonstra correlação próxima a respeito da radioatividade presente no quotidiano, apontando o sol (18%), os aparelhos celulares e os computadores (18%), os quais emitem níveis baixos de radiação.

De acordo com Atkins e Jones (2012) os núcleos dos átomos podem sofrer modificações, resultando na alteração da massa do átomo e na liberação de energia. Essas alterações podem liberar três tipos diferentes de radiações, na forma de partículas (alfa e beta) ou na forma de ondas eletromagnéticas (gama). As respostas

fornecidas pelos estudantes demonstram exemplos de onde as radiações estão presentes, fenômeno estudado no tema radioatividade.

Tabela 5 - Respostas dos estudantes sobre onde está presente a radioatividade

Presença da radioatividade	Porcentagem de respostas (%)
Meios de comunicação	9
Por meio de notícias	9
Produção de energia nas usinas nucleares	9
Nos raios quando chove	9
Aparelhos: celulares, computadores, aparelhos domésticos	18
Sol	18
Produtos químicos	9
Não citou exemplos	9

Fonte: Elaborada pela autora a partir das respostas dos estudantes

Os estudantes D, E, O e P citaram em suas linhas do tempo, confeccionadas no momento 2 da sequência, que a radioatividade está presente no nosso dia-a-dia de maneira mais significativa por meio do sol, o que mostra que estes perceberam que as radiações presentes no sol fazem parte dos estudos da radioatividade e que a radioatividade se faz sim presente no nosso cotidiano.

Nos benefícios da radioatividade, Módulo 4 (Momento 6), um fato que chamou bastante a atenção foi que um dos estudantes, que antes se demonstrava desinteressado e raramente participava das aulas, passou a realizar questionamentos sobre uma utilização que além de representar um lado benéfico da radioatividade, é algo que faz parte do nosso cotidiano. Durante a explicação sobre o uso da radioatividade para realizar exames de raios-X, o estudante R questionou: ñmas se a radioatividade causa mal as pessoas, não vai fazer mal pra gente quando formos tirar uns raios-X? ò

Para que este e os demais estudantes compreendessem a diferença entre a exposição da radiação em uma explosão de uma usina, por exemplo, e a de um exame de raio-X, utilizou-se da seguinte frase: ñA diferença entre o veneno e o remédio é a doseò Por meio desta frase explicou-se que a quantidade de radiação

encontrada nestes dois meios é completamente diferente, e que se tirarmos um raio-X ocasionalmente não acarretará em lesões em nosso organismo.

Posteriormente a questão apresentada pelo estudante R, o estudante O indagou: ñE nas sessões de quimioterapia? E as pessoas que trabalham nos hospitais realizando os exames de raios-X? ò A fala do estudante O, trouxe mais um exemplo de uma utilização benéfica da radioatividade e que faz parte do nosso cotidiano, já que infelizmente muitas pessoas sofrem com o câncer e necessitam passar por este tipo de tratamento.

Novamente se enfatizou que há uma grande diferença nos níveis de radiação apresentados em cada caso e que as pessoas que se submetem a este tipo de tratamento apresentam alguns sintomas como náuseas, queda de cabelo, tonturas, etc., mas que isto não irá agravar ou contribuir para o surgimento de um novo câncer, seu uso é exatamente para conter esta doença.

Com relação às pessoas que trabalham realizando exames de raios-X explicou-se que estas pessoas se ausentam do local onde está se realizando o exame, justamente para evitar o contato com a radiação e que possuem um plano de carreira diferenciado das demais classes trabalhadoras, justamente pelo risco que sua profissão pode causar. Além de que utilizam uma roupa específica para exercer devidamente seu trabalho chamada de EPI (Equipamento de Proteção Individual).

Verificou-se que a abordagem a respeito dos benefícios da radioatividade gerou muitas dúvidas nos estudantes, mas que isso foi bastante construtivo, considerando que estes questionaram e apresentaram interesse em entender esta dualidade da radioatividade. Consequentemente, os estudantes puderam perceber que a radioatividade não é algo tão distante como imaginavam, pois, os exemplos citados eram conhecidos por todos.

Quando os estudantes R e O lançaram os questionamentos, aproveitou-se para indagar se todos da turma já haviam realizado um exame de raio-X e todos afirmaram que sim. Devido a isto, pode-se contribuir para que os mesmos compreendessem que existe sim esta dualidade e o que vai decidir se este tema é maléfico ou benéfico é o modo que se escolhe em utilizá-lo. Foi possível demonstrar que eles já tiveram contato com uma utilização da radioatividade e que não sofreram consequências negativas devido a isto.

Mesmo que nem todos os estudantes tenham participado das discussões em sala de aula, levantando questionamentos, estes estavam a par das discussões e das explicações realizadas e dos questionamentos. O fato de indaga-los a respeito de já terem ou não realizado um exame de raios-X fez com que estes relacionassem a radioatividade com o cotidiano de cada um.

4.5 PERCEPÇÃO HISTÓRICA DO QUE É RADIOATIVIDADE

A quinta questão formulada no questionário inicial foi: você conhece algum fato importante na história que envolve a radioatividade? Cite qual (is). Na maioria das respostas (61%) houve menção aos acidentes e ao lançamento de bombas, como exemplos de fatos históricos envolvendo a radioatividade, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Respostas dos estudantes sobre o fator histórico envolvendo a radioatividade

Conhecimento de fatos históricos envolvendo a radioatividade	(%) de respostas	Exemplos de fatos históricos citados	(%) de exemplos
Não conhece	33		
Não respondeu	6		
Responderam	61	Criação dos meios de comunicação	6
		Acidente em Chernobyl	6
		Tsunami no Japão	11
		Explosão na usina	22
		Bomba atômica	17

Fonte: Elaborada pela autora a partir das respostas dos estudantes

Este conteúdo mencionado pelos estudantes aparece muitas vezes nos noticiários e mídias em geral, segundo Cortez (2014, p.9), ñde forma pejorativa e sensacionalista, por causa da maciça imagem associada à bomba atômica e aos acidentes de Chernobyl e Goiâniaò Isto faz com que muitos se lembrem da radioatividade somente a relacionando a estes acontecimentos, por não haver muitas discussões a respeito dos benefícios da sua utilização.

Além da bomba atômica e dos acidentes envolvendo usinas nucleares, o Tsunami no Japão que envolveu um desastre em uma usina nuclear também foi citado pelos estudantes. Dentre todos os acidentes envolvendo a radioatividade, o ocorrido no Japão foi o mais recente, sendo bastante divulgado na mídia em geral.

Schmidt, Horta e Pereira (2014) trazem alguns levantamentos sobre a repercussão do acidente de Fukushima a respeito da utilização da energia nuclear e dos processos de fissão e fusão, que são relacionados a discussão sobre o processo de produção de energia nuclear. Após o acidente, a imagem negativa a respeito da radioatividade teve um crescente aumento, conforme a afirmação:

> O principal efeito de Fukushima no enquadramento temático da energia nuclear consistiu em uma mudança de foco dos assuntos de rotina a respeito desta tecnologia (tais como o uso militar, resíduos, política energética, etc.), para o tópico dos acidentes e crises, segurança, gestão de risco e riscos ambientais associados aos desastres nucleares. Antes de Fukushima, o discurso público veiculado por atores chave sobre a fissão era significativamente mais positiva e/ou neutro do que após o desastre, quando o seu caráter negativo foi acentuado. [...] após o desastre de Fukushima, a imagem da fissão nuclear transmitida pela mídia deteriorou-se substancialmente (SCHMIDT; HORTA; PEREIRA, 2014, p.246)

Os estudantes que responderam ao questionário provavelmente tiveram contato com alguma notícia envolvendo o acidente de Fukushima, levando em consideração que a ocorrência deste ainda é bem recente. Este fator pode ter contribuído para que muitos respondessem a esta questão citando somente os acidentes em fatores históricos envolvendo a radioatividade, já que o modo que o acidente foi exibido na mídia acentuou o caráter negativo da radioatividade.

Uma parcela dos estudantes (33%) afirmou que não conhecem nenhum fator histórico que se relacione com o conteúdo de radioatividade (Tabela 6), e uma minoria (6%) não respondeu. Destaca-se aqui que a descoberta e a criação dos raios-X, não aparece em nenhuma das respostas obtidas, um fato histórico que demonstra o lado benéfico deste conteúdo.

Consolida-se nas respostas dos estudantes, que para a maioria, a radioatividade é lembrada como sendo algo perigoso devido à vinculação desta com os acidentes que ocorreram, além de sua utilização para a construção de bombas atômicas. Por mais que nas últimas décadas tenha ocorrido um grande avanço da aplicação da radioatividade na medicina, e, em outros segmentos, estes fatos

catastróficos a consolidaram como algo ruim e perigoso, sendo lembrada e apenas relacionada a estes fatos.

Observa-se assim que, ña radioatividade, que surgiu trazendo uma grande esperança à sociedade, tanto na área médica quanto na produção de energia, e em outros segmentos, acabou por tornar-se sombria e inquietante. Tornou-se polêmicaò (SILVA, 2009, p.13).

Nas atividades desenvolvidas durante a sequência didática, a abordagem histórica a respeito da radioatividade foi bastante trabalhada. Desde o surgimento desta área de estudo, os principais cientistas que se dedicaram a estudar este fenômeno e os principais impactos (positivos e negativos) associados a este tema foram abordados durante as aulas, com o intuito de contribuir para a compreensão dos estudantes com relação a história da radioatividade.

A aula expositiva a respeito da história da radioatividade serviu como suporte para que os estudantes viessem a confeccionar as linhas do tempo sobre este assunto, além do livro didático que estes possuíam. Na análise das linhas do tempo foi possível observar que a aula expositiva e o requerimento da confecção das linhas do tempo contribuíram de maneira muito significativa para que os estudantes passassem a compreender a história da radioatividade.

Com exceção da linha do tempo construída pelo estudante G, todas as outras abordaram corretamente os principais fatos que marcaram a evolução histórica da radioatividade, abordando os estudos de Röntgen, Becquerel, Pierre e Marie Curie, os principais acidentes ocasionados pelo uso incorreto da radioatividade, assim como a importância da descoberta e da utilização dos raios-X.

Além de que, em algumas linhas do tempo pode-se perceber que os estudantes buscaram temas que não eram ou que eram pouco abordados no livro didático, mostrando que o assunto despertou interesse em grande parte dos estudantes, os estimulando a pesquisar e saber mais sobre eles.

A linha do tempo construída pelo estudante G que foi anteriormente citada estava incompleta, pois o estudante citou apenas os estudos de Röntgen, não abordando os outros fatos importantes que marcaram a história da radioatividade. Ou seja, não abordou todo o histórico da radioatividade, apenas o seu início. Este estudante, anteriormente a sequência, dificilmente participava das aulas ou realizava alguma atividade solicitada. O fato de ter pelo menos iniciado a linha do tempo se

apresenta como aspecto positivo, ocasionado pelo tema trabalhado na sequência, além do modo com que foi abordado o conteúdo.

Nos Módulos 3, 4 e 5 (Momentos 5, 6 e 7) da sequência, onde os acidentes radioativos, os benefícios da radioatividade e a poluição causada por esta foram trabalhadas, foi possível perceber que as aulas expositivas juntamente com a linha do tempo a respeito da história da radioatividade foram de grande valia no auxílio da compreensão destes fatos históricos.

Em muitos momentos os estudantes citaram os temas que viram ao confeccionar as linhas do tempo durante a exposição destes assuntos. Um fato muito importante e significativo foi de que na exposição dos acidentes radioativos eles solicitaram que fossem retratados os acidentes sobre o Césio-137 e de Chernobyl, já que haviam os vistos na confecção das linhas do tempo e sentiram interesse a respeito do assunto.

Durante a exposição do conteúdo relacionado aos acidentes radioativos, os estudantes apresentaram-se bastante interessados, principalmente pelos acidentes de Chernobyl e o do Césio-137, além das bombas nucleares. De acordo com o interesse demonstrado pelos estudantes a estas ocorrências, exibiram-se vídeos a respeito destes acidentes, com o intuito de contribuir para que estes tivessem uma maior abordagem nos temas tratados, proporcionando uma maior compreensão a respeito destes.

Posteriormente a exposição dos vídeos, alguns estudantes apresentaram indagações a certas questões. Destacando-se o Estudante B que questionou o fato de que Chernobyl tornou-se uma cidade inabitável, e que Hiroshima e Nagasaki foram totalmente reconstruídos, mesmo que tenham sido alvos de bombas nucleares. Aproveitou-se este questionamento para explicar o processo de decaimento radioativo e as emissões de partículas alfa, beta e gama, juntamente com o poder de penetração de cada uma delas.

Elucidou-se o fato de que após a explosão do reator em Chernobyl demorou-se muito tempo para que fossem tomadas providências, diferente do que ocorreu nas explosões das bombas atômicas que ocorreram antes mesmo que estas tocassem o solo.

Tanto na exposição do conteúdo, quanto na apresentação dos vídeos, e até mesmo na explicação sobre as partículas os estudantes demonstraram bastante

interesse. Mesmo que alguns não atuassem de maneira efetiva nas discussões, sem realizar questionamentos durante as aulas, era evidente o interesse que demonstravam, estando em constante estado de atenção para tudo o que se apresentava a respeito do tema.

Esta observação foi bastante positiva, evidenciando que quando se consegue prender a atenção do estudante e instigar-lhe ao interesse pelo tema abordado, torna-se mais fácil fazer com que estes percebam significados, e assim, despertem interesse em aprender o que se objetiva ensinar.

Como abordado na seção 4.4 deste trabalho, os estudantes realizaram indagações a respeito dos exames de raios-X onde foi possível esclarecer suas dúvidas e de realizar discussões a respeito do tema. Além de proporcionar a assimilação de que a radioatividade está presente em nosso cotidiano, os estudantes passaram a identificar um fator histórico que representa uma aplicação benéfica deste conteúdo. A conclusão de que os estudantes conseguiram de fato entender este dualismo pode ter sido tomada no oitavo momento, com a análise da dramatização apresentada por eles.

Na dramatização os estudantes, divididos em dois grupos, escolheram as descobertas de Marie Curie e o acidente com o Césio-137 como temas. Estes temas retratam o dualismo da radioatividade, onde um apresenta-se como um aspecto positivo e outro como negativo. Esta escolha dos estudantes mostra que estes, por meio das atividades desenvolvidas na sequência didática, foram capazes de perceber que a radioatividade possui tanto aspectos maléficos quanto benéficos, presentes no contexto histórico da radioatividade, pois enfatizaram estes dois lados na dramatização.

O fato dos estudantes indagarem a respeito dos raios-X e até mesmo o fato destes terem mencionado esta importante utilização da radioatividade foi satisfatório, pois no questionário inicial nenhum estudante havia mencionado um benefício da radioatividade, o que mostra que as atividades desenvolvidas possibilitaram um maior conhecimento e compreensão a respeito da história da radioatividade. Além de que, a menção de um benefício da radioatividade antes desconhecido pelos estudantes demonstra que as atividades proporcionaram o entendimento deste dualismo pelos mesmos.

4.6 RELAÇÕES SOCIAIS E POLÍTICAS DA RADIOATIVIDADE

Na sexta questão formulada aos estudantes no questionário inicial, a pergunta foi: a radioatividade possuí alguma relação com a política e a sociedade? Justifique? Embora a maioria (61%) dos estudantes tenha respondido que sim, conforme se apresenta na Tabela 7, observou-se uma fragilidade nas justificativas apresentadas, quando destes que acreditam ter relação, apenas 27% justificaram. E, destes, 9% afirmaram que a radioatividade facilita a sociedade e a política, 9% acreditam que a radioatividade está relacionada com a comunicação, ao conhecimento, permitindo que as pessoas se mantenham informadas, e os outros 9% escreveram que a radioatividade possui relação com a política e a sociedade por ter sido utilizada nas guerras por motivos políticos e sociais.

Tabela 7 - Respostas dos estudantes sobre a relação da radioatividade com a política e a sociedade

Relação/radioatividade/ política e sociedade	(%)	Justificaram (%)	Justificativas	(%)
Não	11			
Não sei	11			
Não respondeu	17			
			Facilita a sociedade e a política	9
Sim	61	27	Comunicação/ Informação	9
			Nas guerras/política/social	9

Fonte: Elaborada pela autora a partir das respostas dos estudantes

No Módulo 3 (Momento 5) da sequência didática, por meio de aula expositiva dialogada, abordaram-se os acidentes envolvendo o tema radioatividade, como Césio-137 e o de Chernobyl, além dos lançamentos das bombas atômicas. Foram expostos os principais fatores que levaram o acontecimento destes acidentes, como a falta de conhecimento, falhas técnicas e humanas, além de disputa de poder político.

O acidente do Césio-137 é um exemplo verídico sobre os riscos que se correm quando não se possui conhecimento a respeito da radioatividade, e que poderia ter sido evitado se os envolvidos tivessem conhecimento a respeito.

A explanação destes acidentes possibilitou discutir com os estudantes a influência da política sobre um conhecimento científico e sua utilização, além de evidenciar que as decisões tomadas pelo governo influenciam diretamente no meio social.

No caso do acidente de Chernobyl, a gravidade do acidente foi aumentada pelo fato do governo tentar abafar o ocorrido, não alertando a população sobre o que havia acontecido, com receio do alarde que os países vizinhos fariam se soubessem do acidente.

> Três dias após a explosão, nenhum comunicado ainda havia sido feito pelo governo soviético a respeito do acidente nuclear em Chernobyl. As autoridades soviéticas só assumiram o ocorrido após o governo da Suécia ter detectado altos níveis de radiação no Sul de seu país, correlacionando com a direção do vento, e ter anunciado que um grave acidente havia ocorrido em algum lugar da União Soviética (OLIVEIRA et al., s.d. p.2).

Isto fez com que os estudantes refletissem a respeito das decisões tomadas pelas autoridades governamentais, de que nem sempre é com o intuito de beneficiar a população, envolvendo apenas interesses políticos. Possibilitou também que os estudantes percebessem que mesmo a radioatividade sendo um conteúdo químico, este possui relação com a política e a maneira com que é utilizado interfere na vida dos que pertencem a sociedade.

Nas respostas da questão 6 do questionário inicial apareceram em algumas respostas as guerras como exemplos de relação da radioatividade com a política. Isto porque na Segunda Guerra Mundial as bombas lançadas eram constituídas por elementos radioativos. Ao expor este acontecimento os estudantes demonstraram possuir conhecimento a respeito do tema, visto que é um conteúdo abordado na disciplina de história. Dessa forma, reforçou-se os principais marcos do ocorrido, juntamente com o conteúdo específico, além de enfatizar a influência e a relação da política com conhecimentos científicos.

Neste módulo da sequência, a exposição destas questões com os estudantes foi bastante satisfatória, mesmo que estes não realizaram muitos questionamentos

durante as aulas, era nítido o interesse dos mesmos ao longo da explicação. Muitas vezes alguns estudantes ficavam após a aula para perguntar ou dizer o que haviam achado mais interessante durante a explicação, o que mostra que o modo com que foi trabalhado despertou o interesse nos estudantes, contribuindo para a aprendizagem dos mesmos.

Conforme apontam (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p.73).

> Mal sabem as pessoas que atrás de grandes promessas de avanços tecnológicos escondem-se lucros e interesses das classes dominantes. Essas que, muitas vezes, persuadindo as classes menos favorecidas, impõem seus interesses, fazendo com que as necessidades da grande maioria carente de benefícios não sejam amplamente satisfeitas.

Nos acidentes mencionados, os interesses das classes dominantes, no caso as autoridades governamentais, é que foram levados em consideração, sem haver a preocupação com as consequências destas decisões. A discussão e a explanação destes temas possibilitaram mostrar aos estudantes esta relação e a disputa de interesses que fazem parte do meio em que estamos inseridos.

Além de que, na apresentação da dramatização, uma exposição com o lado benéfico e outra do maléfico possibilitou ver que o ensino de radioatividade por meio do enfoque CTS transforma a visão dos estudantes sobre este tema, fazendo-os reconhecer seus aspectos positivos e negativos, além dos impactos de sua utilização na sociedade.

4.7 RELAÇÕES COM A CIÊNCIA E TECNOLOGIA

A sétima e última questão formulada aos estudantes no questionário inicial, foi sobre qual a relação da radioatividade com ciência e a tecnologia? Parte dos estudantes, (22%) não respondeu à questão, e a maioria (78%) respondeu sim, que existe relação entre radioatividade, ciência e tecnologia, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Respostas dos estudantes sobre a relação da radioatividade com Ciência e Tecnologia

Relação da radioatividade com a ciência e a tecnologia	(%)	Justificaram (%)	Justificativas	(%)
Não responderam	22	0		
Sim	78	14	Meios de comunicação	2,8
			A radioatividade foi descoberta por meio da ciência	2,8
			Aparelhos tecnológicos que possuem a radioatividade	2,8

Fonte: Elaborada pela autora a partir das respostas dos estudantes

Entretanto, a maioria dos estudantes que responderam sim (64%) não justificou suas respostas sobre a relação que a radioatividade possui com a ciência e a tecnologia. Dentre os estudantes que apresentaram justificativas (14%) apontou fatores que apresentam uma tendência a respeito da relação destes três eixos, como meios de comunicação (2,8%), a radioatividade foi descoberta por meio da ciência (2,8%), aparelhos tecnológicos que possuem a radioatividade (2,8%), estão em constante avanço (5,6%).

A análise de conteúdo das respostas dos estudantes às questões propostas permitiu observar que a maioria desses estudantes, 73%, já tinham ouvido falar de alguma forma a respeito de radioatividade, porém, não conseguiram formular um conceito fundamentado com base científica, e que têm frágil discernimento sobre a forma e os meios de sua obtenção e apresentação, uma visão potencializada sobre seus aspectos negativos, e, por fim baixa correlação da radioatividade com a ciência, a tecnologia e a sociedade.

As considerações levantadas permitiram o delineamento do planejamento das atividades a serem incorporadas na sequência didática da presente proposta. Forneceram subsídios para escolha dos textos, filmes, na utilização de diferentes estratégias adotadas nas aulas expositivas dialogadas e na avaliação final, que permitissem a reflexão ponderando diferentes aspectos da radioatividade num enfoque CTS.

Durante o desenvolvimento da sequência didática, em praticamente todas as atividades foram abordadas questões relacionadas com o CTS. Esta inserção de questões CTS nos conteúdos recebe o nome de enxertos CTS.

> Este método se baseia em inserir as questões CTS nos conteúdos durante seu desenvolvimento. Esta inserção pode ser feita em vários pontos, ficando a critério do professor decidir o melhor momento. O importante é que se favoreça a discussão dos enxertos e não que estes sirvam apenas de exemplo, o objetivo é incitar a curiosidade, favorecer os questionamentos, buscar o interesse do estudante (KOEPSEL, 2003, p.25).

Na análise das respostas da questão 7 do questionário inicial pode-se perceber que os estudantes não possuíam muito conhecimento a respeito da relação da radioatividade com a tecnologia e a ciência. Durante o desenvolvimento da sequência didática o conteúdo trabalhado nos Módulos 2, 3 e 4 (Momentos 4, 5 e 6) abordaram aspectos onde estes enxertos foram possíveis de serem realizados.

Ao trabalhar os assuntos de energia nuclear, os benefícios da radioatividade e os acidentes radioativos, trouxeram-se questões que relacionavam a radioatividade com a ciência e a tecnologia, além dos impactos dessas relações e suas utilizações.

Durante as aulas era visível o interesse que os estudantes demonstravam, prestando muita atenção em todos os momentos das aulas. A turma era muito agitada, com alguns estudantes que muitas vezes pareciam desinteressados com as aulas, e a partir do momento que se deu início ao estudo da radioatividade, este desinteresse desapareceu, dando lugar para ao interesse, e até mesmo expondo alguns questionamentos durante as aulas.

Estes temas possibilitaram mostrar a eles que um conhecimento científico nem sempre trará benefícios para a sociedade, desmistificando a ideia de que se algo é científico é sempre bom. O mesmo acontece com a tecnologia, um artefato, ou processo, ou qualquer outro avanço tecnológico nem sempre trará benefícios para um meio social, as bombas atômicas são um exemplo disso. Estes enxertos CTS aumentaram o interesse e a curiosidade durante as aulas, onde chamar a atenção dos estudantes para que prestassem atenção tornou-se algo desnecessário.

Ao trabalhar o conteúdo de energia nuclear, além das reportagens a respeito dos aspectos positivos e negativos de vários meios de produção de energia,

algumas reportagens impressas abordando a energia nuclear foram utilizadas, e posteriormente realizaram-se questionamentos a respeito da energia nuclear e solicitou-se que os estudantes dessem sua opinião a respeito da utilização da energia nuclear.

O estudante J colocou: ñtodas as consequências são muito grandes, estão destruindo não só a natureza, mas poluindo nosso próprio ambiente em que moramos, para mim é errado, só querem destruir e não pensam nas consequênciasò Por meio da fala do estudante J é possível perceber que a utilização de um conhecimento científico e de um artefato tecnológico nem sempre trarão benefícios para a população. Esta relação ficou clara para este estudante, que expos seu pensamento com relação a utilização da energia nuclear para a construção de bombas, enfatizando a grande destruição que este episódio causou e que os envolvidos não pensaram nas consequências.

O estudante N coloca que:

> Sempre que se fala em radioatividade, as pessoas demonstram receio ou mesmo medo. Não é estranho, uma vez que milhares de pessoas já morreram em decorrência de efeitos da radiação proveniente de bombas e acidentes. Entretanto, também não podemos esquecer a quantidade de pessoas que são curadas ou tratadas com métodos que envolvem o uso de diferentes tipos de radiação.

A resposta do estudante N foge do tema energia nuclear, mas isso de modo algum significa que este estudante está errado. Esta resposta indica que o estudante conseguiu compreender de fato o que é o conhecimento da radioatividade, que este não é um conhecimento ruim, que por meio deste a sociedade pode ter inúmeros benefícios, dependendo somente do modo com que é utilizado.

As discussões a respeito dos fatores históricos, da utilização da energia nuclear possibilitaram que este estudante compreendesse que a radioatividade não é algo ruim, que é uma área do conhecimento científico, e pode trazer benefícios e malefícios quando utilizado em artefatos tecnológicos (bombas, aparelhos de raios-X, radioterapia, radioterapia associada a quimioterapia).

É evidente que muitos estudantes conseguiram perceber as relações que a radioatividade possui com a ciência e com a tecnologia e como isso interfere no meio social, mas isso não é algo que se pode aplicar a toda turma. Os estudantes C

e L não participaram efetivamente das discussões promovidas em sala de aula e ao entregar suas opiniões a respeito da energia nuclear, estes efetuaram a cópia do livro didático referente a este conteúdo.

Trabalhar o conteúdo de radioatividade com o enfoque CTS permitiu criar momentos de debates, reflexão e indagações nas aulas, fato que contribuiu para torná-las muito mais atrativas e eficazes no que diz respeito ao ensino de radioatividade. Entretanto, todas estas abordagens não conseguiram atingir a turma em sua totalidade, no que diz respeito a participar das discussões e de possibilitar a análise das opiniões que permaneceram a respeito do tema explanado.

Ao optar por se trabalhar com o enfoque CTS, a explanação do conteúdo de radioatividade vai além da mera compreensão de fenômenos radioativos e emissões de partículas, permite ocasionar momentos onde a compreensão dos impactos da utilização deste conhecimento na ciência, em artefatos tecnológicos e na sociedade seja possível de ser alcançada.

Mesmo que alguns estudantes não tenham demonstrado suas reflexões após a abordagem do tema, a grande maioria participou das discussões e relataram o que passaram a pensar sobre o tema, posteriormente as atividades da sequência. Neste sentido, o trabalho deste tema sobre o enfoque CTS foi satisfatório pois possibilitou a reflexão por parte dos estudantes, além de permitir a construção de um pensamento capaz de perceber as relações CTS com a radioatividade e as consequências da utilização incorreta deste conhecimento.

4.8 CONTRIBUIÇÕES NA CONSTRUÇÃO DE UM PENSAMENTO CRÍTICO E REFLEXIVO

As atividades desenvolvidas na sequência didática contribuíram para que os estudantes passassem a ter um maior conhecimento a respeito da radioatividade, como sua definição, história e principais utilizações.

Ao trabalhar o conteúdo a respeito da energia nuclear os estudantes escreveram suas opiniões a respeito deste tema, colocando os motivos pelos quais eram favoráveis ou contrários a utilização da energia nuclear. Antes de dar início a sequência muitos nem sabiam o que era a radioatividade, fato que foi possível

perceber ao analisar o questionário inicial. Quando estes mesmos estudantes foram capazes de opinar a respeito do tema e com argumentos concisos, notou-se que a sequência trouxe benefícios para a aprendizagem da radioatividade.

Esta aprendizagem não ficou restrita apenas ao conhecimento específico, mas abordou aspectos científicos, tecnológicos e sociais, promovendo uma reflexão por parte dos estudantes a respeito do que é um conhecimento científico e como este interfere no bem-estar social. Desta forma, os estudantes passaram a ter conhecimento a respeito da radioatividade e de sua utilização, passando a ter e a formar argumentos a respeito do tema, sendo capazes de analisar e julgar a utilização da radioatividade.

Este fato foi observado principalmente nas discussões a respeito da energia nuclear, onde estes formularam uma opinião correta a respeito do tema. Isto mostra que as atividades desenvolvidas foram capazes de auxiliar que os estudantes tenham uma opinião a respeito do assunto e assim possam julgá-lo como malefício ou benefício.

Na dramatização apresentada pelos estudantes foi possível notar que a sequência contribuiu de modo significativo no modo com que os estudantes pensam a respeito da radioatividade e na percepção da dualidade que esta apresenta. Os estudantes por iniciativa própria decidiram por apresentar um fato que marcou positivamente a radioatividade e outro negativamente, mostrando que estes passaram a ser capazes de analisar e julgar os benefícios e os malefícios que um conhecimento científico pode oferecer. Além de que, esta escolha mostra que os estudantes não deram mais ênfase a um dos lados da radioatividade, pois apresentaram um aspecto positivo e outro negativo, ou seja, estes perceberam que este conhecimento apresenta este dualismo.

Trabalhar um conteúdo sobre a perspectiva do enfoque CTS permite fazer correlações do tema escolhido com assuntos do cotidiano, abordando as consequências positivas e negativas da sua utilização além de que fornece subsídios para que os estudantes passem a possuir um pensamento mais crítico e reflexivo com relação ao tema contemplado. Nesta perspectiva, a abordagem CTS enfatiza

> Uma educação voltada para a formação de cidadãos críticos, que compreendam a atividade científico-tecnológica e suas relações com a sociedade, que saibam se posicionar sobre questões que envolvam as mesmas, que assumam responsabilidades e, além disso, sejam capazes de intervir no entorno em que vivem (STRIEDER, 2012, p.158).

Em inúmeros momentos da sequência foi possível de perceber a mudança de pensamento dos estudantes com relação ao tema, principalmente ao levar em consideração as respostas fornecidas no questionário inicial. A mudança da concepção a respeito da radioatividade foi mais perceptível mais em alguns estudantes do que em outros, devido a intensidade de participação de cada um deles nas aulas. O que se pode dizer é que por meio da abordagem CTS o ensino da radioatividade se deu de maneira diferenciada, e que estes estudantes que mal sabiam o que o termo radioatividade significa passaram a ter outra conotação a respeito do tema.

4.9 CONTRIBUIÇÕES NA MOTIVAÇÃO

Como mencionado anteriormente, a turma destes estudantes continha alguns que se mostravam desinteressados durante as aulas, não participando, deixavam de entregar as atividades solicitadas, havendo a necessidade de chamar a atenção destes durante as explicações.

No decorrer do desenvolvimento da sequência didática este cenário passou a se modificar, e o desinteresse passou a ser quase imperceptível nos estudantes. Nas linhas do tempo solicitadas como primeira atividade, alguns estudantes se mostraram bastante interessados pelo tema, confeccionaram linhas do tempo com assuntos que não haviam sido abordados na aula, evidenciando que foram atrás de outras informações, ou seja, sentiram interesse pelo assunto.

Um dos estudantes (estudante O) afirmou que até então não havia feito um trabalho escolar com tanto interesse e deixou claro que estava gostando de estudar o tema radioatividade: ñProfessora, nunca fiz um trabalho de escola com tanta vontade, achei o tema muito interessante, estou amando a radioatividadeò(O).

Essa menção foi uma mostra de que a forma com que o tema foi trabalhado despertou a curiosidade nos estudantes, estimulando a busca de mais informações

a respeito do assunto. Para Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), quando se realiza um encaminhamento metodológico que possibilite o despertar da curiosidade nos estudantes, este os estimula a refletir a respeito destes temas, fazendo-os capazes de tomar suas próprias decisões a respeito do tema proposto. Segundo estes autores, nesse:

> Encaminhamento, o ensino-aprendizagem passará a ser entendido como a possibilidade de despertar no estudante a curiosidade, o espírito investigador, questionador e transformador da realidade. Emerge daí a necessidade de buscar elementos para a resolução de problemas que fazem parte do cotidiano do aluno, ampliando-se esse conhecimento para utilizá-lo nas soluções dos problemas coletivos de sua comunidade e sociedade (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p. 5).

Nesse sentido, quando se consegue despertar o interesse do estudante a respeito de um assunto, este vai procurar saber mais sobre o mesmo, irá em busca de novas informações e temáticas a ele relacionadas. Assim sendo, o estudante terá maior capacidade de argumentação pelo fato de conhecer o assunto não de maneira superficial, mas de uma forma mais abrangente, possuindo artifícios para construir sua própria opinião a respeito do tema em questão.

Os estudantes G, H, J e R eram os que mais se demostravam desinteressados nas aulas, sendo muito difícil fazer com que estes realizassem alguma atividade. Nenhum destes estudantes citados deixou de entregar as linhas do tempo, algumas não se apresentaram no modelo sugerido, mas do mesmo modo estes se sentiram motivados a fazer uma atividade relacionada ao tema radioatividade. O estudante G surpreendeu pelo fato de abordar a definição da radioatividade em sua linha do tempo e por participar das discussões realizadas em sala de aula, principalmente com relação a energia nuclear onde conseguiu expressar sua opinião e de maneira correta. Isto evidencia que a sequência foi importante na motivação deste estudante.

A radioatividade é um assunto interessante e possui uma grande repercussão midiática, o que faz com que os estudantes demonstrem vontade de saber mais sobre o assunto.

> A educação em química no Ensino Médio permite a abordagem de diversos assuntos bastante frequentes (sic) na mídia, e que acabam por despertar o interesse dos estudantes. É interessante então aproveitar esta curiosidade para introduzir conceitos científicos que justifiquem, expliquem e facilitem a compreensão destas questões (KOEPSEL, 2003, p. 83).

A participação na sequência ainda fez com que os estudantes que se mostravam desinteressados nas aulas de química, passaram a possuir interesse pelo conteúdo de radioatividade, visto que este desperta o interesse devido a todos os fatos históricos que este está atrelado.

Nas discussões realizadas durante as aulas, mesmo que os estudantes não participassem com questionamentos, era possível perceber o interesse destes durante as aulas, até mesmo dos que era necessário chamar a atenção antes do desenvolvimento da sequência. Vale ressaltar que o interesse demonstrado pelos estudantes era de maneiras diferenciadas, com diferentes níveis de intensidade, onde determinado momento da sequência despertou mais o interesse de alguns estudantes do que em outros.

O envolvimento dos estudantes em todas as aulas, principalmente na elaboração e apresentação da dramatização, demonstrou que estes se sentiram atraídos pelo tema, possuindo vontade para saber mais sobre o assunto. Entretanto, ao longo da sequência didática já se observava que aqueles estudantes que antes se apresentavam desinteressados e pouco participativos se envolviam nas atividades propostas e passaram a demonstrar mais interesse durante as aulas.

A dramatização sem dúvidas foi a atividade da sequência didática que mais motivou os estudantes no estudo da radioatividade. Pode-se perceber um envolvimento mútuo por parte dos estudantes para a organização e apresentação da dramatização, desde a escolha dos temas, nos ensaios, na divisão de papeis, na escolha dos figurinos e na participação da dramatização. Destaca-se que a turma em questão se apresentava de maneira bastante heterogênea anteriormente a participação na sequência didática, no que diz respeito à participação nas atividades.

No gráfico abaixo é possível acompanhar o envolvimento dos estudantes nas atividades propostas na sequência:

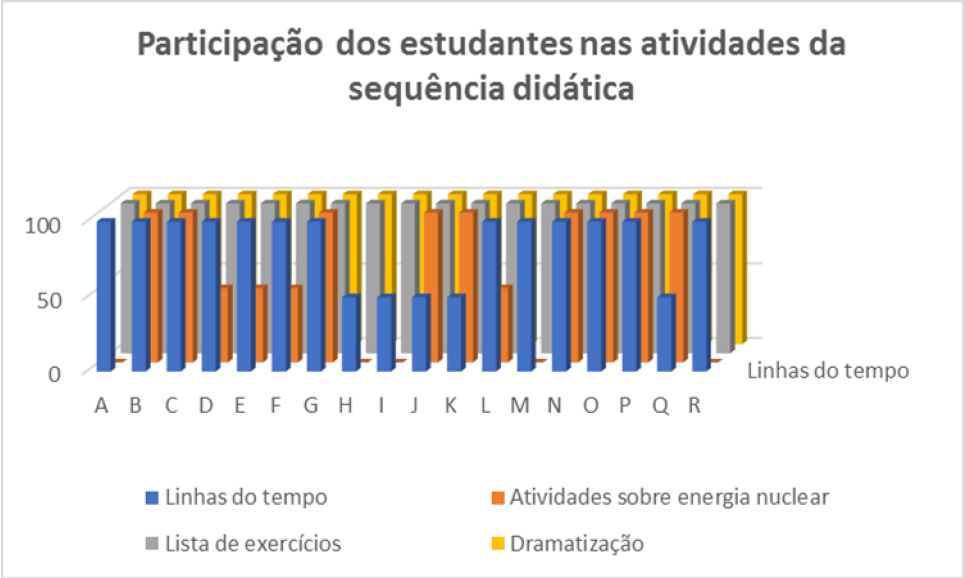

Gráfico 1: Participação dos estudantes nas atividades da sequência didática

Foi notável a motivação que os estudantes possuíam a respeito do assunto, evidenciando que o desenvolvimento da sequência fez com que os estudantes compreendessem o que a radioatividade significa e quais as suas principais motivações, isto porque despertou o interesse e a curiosidade dos mesmos, os motivando a estudar este conteúdo.

Os estudantes tiveram diferentes níveis de participação nas atividades estabelecidas, onde uns participaram de maneira mais significativa em determinadas atividades que os outros. No entanto, todos participaram em pelo menos três atividades, sendo que nas duas últimas (listas de exercícios e dramatização) a participação dos estudantes se deu em totalidade. Conclui-se desta forma que os estudantes se sentiram motivados a participar das atividades da sequência e de realizar o estudo do conteúdo de radioatividade

5 CONCLUSÃO

As concepções iniciais dos estudantes sobre radioatividade apresentavam fragilidade conceitual potencializada na visão associada ao perigo, e de que têm apenas efeitos maléficos. E, apesar de acharem que tem relação com a sociedade à tecnologia e a política não conseguiam validar esse posicionamento nas suas justificativas.

A sequência didática estabelecida contribuiu para que os estudantes pudessem compreender os processos de fusão e fissão nucleares e a produção de energia neles envolvida, além dos malefícios e os benefícios que a utilização desta energia acarreta no meio social. Além de que, atrelou estes conhecimentos aos aspectos científicos, tecnológicos e sociais aos quais estão relacionados, promovendo momentos de discussão e reflexão durante as aulas.

Forneceu subsídios para que os estudantes pudessem reconhecer transformações nucleares como fonte de energia e instigou na busca fontes de informação sobre geração e uso de energia nuclear. Além de que os instigou a procurar mais informações a respeito do histórico deste conteúdo, fato observado principalmente na construção das linhas do tempo, onde muitos buscaram diferentes meios de consulta para obterem maiores informações a respeito.

Facilitou a interpretação de processos nucleares em usinas de produção de energia elétrica na indústria, agricultura, medicina, ou em artefatos bélicos, em função das interações e radiações nucleares, comparando riscos e benefícios do uso da tecnologia nuclear.

Contribuiu para que os estudantes pudessem avaliar os riscos e os benefícios dos diferentes usos da energia nuclear, possibilitando a discussão a respeito do tema por meio da comparação deste processo de produção de energia com os demais. Dessa forma, os estudantes puderam perceber que não somente a geração de energia elétrica por meio de processos de fissão nuclear gera impactos tanto ambientais quanto sociais, mas que todos ocasionam este impacto, porém de maneira diferente.

Foi instigante no estímulo da busca de informações sobre geração e uso da energia nuclear, e no aprofundamento sobre o tema radioatividade de forma geral. Visto que a maioria dos estudantes não sabiam sequer definir o termo

radioatividade, estes passaram a demonstrar interesse e em diversos momentos da sequência expuseram suas opiniões, as quais estavam carregadas de informações verídicas com relação ao tema. Na apresentação da dramatização mostraram uma progressão de sua definição para a distinção tanto de aspectos positivos quanto dos negativos ligados a radioatividade, contribuindo para a compreensão do conteúdo pelos estudantes.

Apresentou-se instigante, de forma a permitir a busca de informação sobre a definição da radioatividade, os meios onde é encontrada e a geração e uso de energia nuclear em diferentes fontes. Além de que motivou a curiosidade dos estudantes, que em vários momentos participaram das aulas indagando os assuntos apresentados.

O trabalho do conteúdo radioatividade por meio de uma sequência didática, em uma abordagem CTS, onde foi demonstrado todos os âmbitos em que este é desenvolvido, os cuidados que devem ser tomados ao utilizá-lo, assim como as consequências da sua incorreta aplicação promoveu a reflexão por parte dos estudantes a respeito do tema. Além do que promoveu a abordagem do conteúdo radioatividade de diversas maneiras, utilizando diversos recursos para a transposição do mesmo.

Oportunizou aos estudantes a observação das relações que a radioatividade possui com a ciência, a tecnologia e a sociedade, abordadas em várias etapas, como na produção de energia, nos tratamentos médicos, na construção de bombas e nos acidentes ocasionados pelo seu manuseio incorreto, permitindo que os estudantes relacionassem que um conhecimento químico, conforme sua utilização, acarretará em consequências em nossa sociedade, para o bem ou mal-estar social.

De maneira geral, permitiu criar vários momentos de reflexão, participação, e de questionamento sobre os temas envolvidos por parte dos estudantes. De modo mais significativo, na abordagem do lançamento das bombas nucleares no Japão, com questionamentos do porquê deste lançamento. Oportunizou assim a reflexão de que o avanço científico pode não ser benéfico para toda uma população, mas para uma parcela, permeada por intencionalidades que fomentam a pesquisa em questão.

Por meio do desenvolvimento da sequência didática foi possível promover uma evolução conceitual a respeito da radioatividade. A definição deste termo que

inicialmente era vista como algo impossível pelos estudantes, deu lugar a descrições apropriadas, com exemplificações e questionamentos a respeito da utilização deste conhecimento.

Possibilitou criar recursos para a confecção de um Produto Pedagógico, onde a sequência desenvolvida é contemplada. O intuito deste material é possibilitar que professores e estudantes pesquisadores tenham acesso ao tema radioatividade e possuam subsídios para trabalhar este tema em uma abordagem CTS, promovendo um ensino que oportunize discussões e reflexões a respeito da influência de um conhecimento científico no meio social.

E, principalmente o desenvolvimento da sequência didática proposta possibilitou aos estudantes realizar a transposição de indícios, para uma construção do conhecimento, não somente no que diz respeito ao conhecimento específico, mas, da capacidade de argumentação para formarem sua opinião a respeito de radioatividade, estabelecendo as diversas e controversas relações deste conhecimento na sociedade, como a empregabilidade na medicina, na geração de energia, na construção de bombas, etc.

Algumas limitações dificultaram a realização desta pesquisa, principalmente pelo fato do Colégio situar-se em um local que a maioria dos estudantes não possuem acesso à internet, o que dificultou o desenvolvimento de atividades extraclasse da sequência didática, tornando inviável a solicitação para que os estudantes lessem os textos, ou assistissem os vídeos em casa, ou ainda, que realizassem uma pesquisa mais avançada a respeito do tema. Neste sentido, entende-se que o acesso à internet possibilitaria a realização de um maior número de atividades extraclasse, diminuindo o tempo para o desenvolvimento da sequência, não sendo realmente necessário 12 aulas para a execução da mesma.

Para trabalhos futuros, com relação a radioatividade, seria interessante realizar um estudo que investigasse se esta sequência é capaz de promover o pensamento crítico nos estudantes com relação a utilização deste conhecimento e de suas implicações científicas, tecnológicas e sociais. E até mesmo realizar um estudo com os estudantes que participaram desta pesquisa, se ao longo do tempo o conhecimento a respeito da radioatividade permanece, juntamente com a percepção do dualismo do tema.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. Renegotiating the culture of school science: scientific literacy for an informed public. In: LISBON'S SCHOOL OF SCIENCE CONFERENCE. Lisboa, 2002. Disponível em: <https://www.usask.ca/education/documents/profiles/aikenhead/portugal.htm.> Acesso em: 10 jun. 2016.

ATKINS, P.W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 922 p.

AULER, D. e BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, 2001.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Revista Ensaio**ï Pesquisa em Educação em Ciências. v.3, n.1, junho. 2001.

AQUINO, K. A. S; CHIARO, S. Uso de Mapas Conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do ensino médio a respeito do tema radioatividade**. Ciências & Cognição**. v. 18, n. 2, 2013.

AZEVEDO, A. L. O. **A radioatividade na visão dos alunos do ensino médio.** 5º CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA. 3º Encontro norte-nordeste de ensino de Química. UFRN, 2013.

BARBOSA, L. C. A. e BAZZO, W. A. O uso de documentários para o debate Ciência-tecnologia-sociedade (CTS) em sala de aula. **Revista Ensaio**. v.15, n.03, 2013.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições 70, Lda. Portugal, 1995. 225p.

BENARROCH, B.A. Uma Interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la natureza corpuscular de la matéria. **Enseñanza de las Ciencias**, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros curriculares Nacionais:** ensino médio. Brasília: MEC, 1999.

_____. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**: nº 9394/96. Brasília :1996.

_____, **Diretrizes curriculares nacionais para a Educação básica.** Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n.22, Jan/Abr, 2003.

CORDEIRO, M. D. **Dos Curie a Rutherford: Aspectos históricos e epistemológicos da radioatividade na formação científica.** Dissertação de mestrado: Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

CORTEZ, J. **O legado de Madame Curie: Uma abordagem CTS para o ensino de Radioatividade.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

CUNHA, M. B; O movimento ciência/tecnologia/sociedade (CTS) e o ensino de ciências: condicionantes estruturais. **Revista Varia Scientia**. v.6, n.12, p. 121-134, novembro, 2006.

DELGADO, C; OJEDA, E; PÉREZ, M. E; ASCANIO, A. Impacto de un curso con enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS) dirigido a propiciar modifi caciones em las concepciones acerca de la actividad científi ca em docentes en formación de la especialidad de educación integral del Instituto Pedagógico de Caracas. **Revista de Investigación.** n. 63. 2008.

DOLZ, J.; SCHNEUWLY, B. **Gêneros orais e escritos na escola**. Campina, SP: Mercado de Letras, 2004, 278p. (Tadução e organização: Roxane Rojo; Glais Sales Cordeiro).

EICHLER, M. L., JUNGES, F; DEL PINO, J. C. O papel do jogo no ensino de radioatividade: os softwares Urânio-235 e Cidade do Átomo. **Revista Novas Tecnologias na Educação**. v. 3, n.1, maio, 2005.

FRANCISCO JUNIOR, W. E; UCHÔA, A. M. Desenvolvimento e avaliação de uma história em quadrinhos: uma análise do modo de leitura dos estudantes. **Educación Química**. v. 26, n.2, 2015.

FIRME, R.T; AMARAL, E. M. R. Concepções de professores de química sobre ciência, tecnologia, sociedade e suas inter-relações: um estudo preliminar para o desenvolvimento de abordagens CTS em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, 2008.

GARCIA, M. I. G; CEREZO, J. A. L; LOPEZ, J. L. L. **Ciencia, tecnologia y sociedad:** uma introducción al estúdio social de La ciencia y La tecnologia. Madrid: Tecnos, 1996.

HYGINO, C. B., MARCELINO, V. S. e LINHARES, M. P. Modelos didáticos presentes na formação de futuros professores de química e física da região norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil: encontros e desencontros entre concepções e formação. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciências.** v. 8, n. 2, 2012.

HAYDT, R.C. **Curso de Didática Geral**. 8.ed. São Paulo: Editora Àtica, 2006.

KAUARK, F. S; MANHÃES, F. C; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. Editora Via Litterarum. Bahia, 2010. 86p.

KOEPSEL, R. **CTS no ensino médio: Aproximando a escola da sociedade.** Dissertação de mestrado. Centro de Ciências da Educação: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

LAGE, M. C. Os softwares tipo CAQDAS e a sua contribuição para a pesquisa qualitativa em educação. **Educação Temática Digital**, v.12, n.2, p.42-58, 2011.

LIMA, R. S; PIMENTEL, L. C. F; AFONSO, J. C. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX. **Química Nova na Escola**, v. 33, n2, maio, 2011.

LÜCKEMEYER, A. C. A. B; CASAGRANDE JÚNIOR, E. F. Uma introdução aos estudos CTS na américa latina**.** Disponível em: < http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutec-ct/article/view/1108>. Acesso em 01. Jun.2015.

MAROQUIO, V. S; PAIVA, M. A. V; FONSECA, C.O. Sequências didáticas como recurso pedagógico na formação continuada de professores. In. X Encontro Capixaba de Educação Matemática 23/25 de julho de 2015. Vitória. **Anais eletrônicos.** Disponível em:

< http://ocs.ifes.edu.br/index.php/ECEM/X_ECEM/paper/viewFile/1884/617>. Acesso em: 18. Maio. 2016.

MIRANDA, E. M. **Tendências das perspectivas Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nas áreas de Educação e ensino de Ciências: uma análise a partir de dissertações brasileiras e portuguesas.** Tese (Doutorado em Educação) ï Centro de Educação e Ciências Humanas. Universidade Federal de São Carlos, 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2.Ed. São Paulo: EPU, 1999. 195p.

MOREIRA, H; CALEFFE, L. G. **Metodologia da Pesquisa para o Professor Pesquisador.** Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID8/v1_n1_a2.pdf>.Acesso em: 13. Maio.2016

PALÁCIOS, E. M. G; LINSINGEN, I. V; GALBARTE, J. C. G; CEREZO, J. A. L; LUJÁN, J.L; PEREIRA, L. T. V; GORDILLO, M. M; OSORIO, C; VALDÉS, C; BAZZO, W. A. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).** Cadernos Ibero-America, 2003.170p.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Química.** Curitiba, 2008.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PONTES, A. N; SERRÃO, C. R. G; FREITAS, C. K. A; SANTOS, D. C. P; BATALHA, S. S. A. O Ensino de Química no Nível Médio: Um Olhar a Respeito da Motivação**.** In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. Curitiba, 2008. **Anais eletrônicos.** Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0428-1.pdf>. Acesso em: 25. Abril.2016.

RAZUCK, F. B.; RAZUCK, R. C. de S. R. Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) sob a perspectiva da mobilização popular. **EccoS ï Revista Científic**a, v. 12, n. 1, p. 207-217, jan. /jun. 2010.

RUSSELL, J. B. **Química Geral**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill/Makron Books. 2000. v.2.174p.

SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER. R. P. O que significa ensino de química para formar o cidadão? **Química nova na escola**, n.4, novembro,1996.

SANTOS, W; MÓL, G. **Química Cidadã.** Vol. 2. ed., São Paulo: Editora AJS, 2013.

SANTOS, W. L. P. dos e MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência ï Tecnologia ï Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio**, v.2, n. 2, 2002.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. A Dimensão Social do Ensino de Química-Um Estudo Exploratório da Visão de Professores. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências, 1999, São Paulo. **Anais eletrônicos.** Disponível em: < http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/Dados/trabalhos/A57.pdf>. Acesso em: 25. Abril.2016.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. Alexandria: **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.1, 2008.

SCHMIDT, L; HORTA, L; PEREIRA, S. O desastre nuclear de Fukushima e os seus impactos no enquadramento midiático das tecnologias de fissão e fusão nuclear. **Ambiente & Sociedade**, v.17, n. 4, 2014.

SILVA, F. C. V, CAMPOS, A. F. e ALMEIDA, M. A. V. Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais. Amazônia **| Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v.10, 2013.

SILVA, E.L; MARCONDES, M. E. R. Materiais didáticos elaborados por professores de química na perspectiva CTS: uma análise das unidades produzidas e das reflexões dos autores. **Ciência & Educação**, v. 21, n. 1, 2015.

SILVA, L. C. M. A. **Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciênciaï Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade de Brasília, 2009.

SILVA, F. L; PESSANHA, P. R; BOUHID, R. **Abordagem do tema controverso Radioatividade/Energia Nuclear em sala de aula no Ensino Médio ï Um Estudo de Caso.**

Disponível em: < http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1502-1.pdf>. Acesso em: 14. Out.2016.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. Ciência Tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, 2009.

STRIEDER, R. S. **Abordagens CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas.** Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, 2012.

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, 2003.

XAVIER, A. M; LIMA, A. G; VIGNA, C. R. M; VERBI, F. M; BORTOLETO, G.G; GORAIEB, K; COLLINS, C. H; BUENO, M. I. M. S. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**, v. 30, n.1, 2007.

WHARTA, E. D; SILVA, E. L; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química nova na escola**, v. 35, n.2, 2013.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como educar**. Editora Pso Penso Artmed. Porto Alegre, 1998.

APÊNDICE A: AUTORIZAÇÃO DA DIRETO PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA DENTRO DO ESPAÇO ESCOLAR

APÊNDICE A

Termo de consentimento

Eu _____, Diretora e Responsável pelo colégio Estadual localizado na cidade de Ivaí-PR, declaro que fui informada dos objetivos de pesquisa de autoria da professora Thaiz Regina Antiszko, a qual investigará sobre os efeitos motivacionais e educacionais de uma sequência didática no ensino de radioatividade.

O trabalho será realizado em específico com uma turma do 2º ano do Ensino Médio no período matutino.

Para tanto, autorizo a realização deste trabalho, nessa instituição de ensino. Autorizo também, para fins acadêmicos a divulgação de imagens, questionários e/ou outros métodos e técnicas dessa instituição durante a execução do projeto.

Declaro por fim que não recebi e não receberei qualquer tipo de pagamento por esta autorização.

Ivaí, _____ de _____ de 2015

Assinatura da diretora: _____

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

APÊNDICE B ï AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA E IMAGENS

APÊNDICE B

Autorização aos pais para a utilização de imagens das fotos da pesquisa

Termo de consentimento aos pais

Eu_____R.G._____respo nsável pelo Estudante (a) _____ que frequenta o 2º ano do Ensino Médio de um Colégio Estadual da Cidade de Ivaí-PR, autorizo a coleta de dados por meio de questionários, entrevistas e/ou outros métodos técnicos, bem como a imagem por meio de fotografias para fins de documentação de atividades realizadas e vinculadas em dissertação do mestrado.

Concordo em conceder os registros deste trabalho, sejam escritos, situações gravadas em áudio, vídeo e fotografias, que serão uma forma de comprovar participação de meu (minha) filho (a) nesta pesquisa.

Ivaí, _____ de _____ de 2015

Assinatura: _____

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

APÊNDICE C ï QUESTIONÁRIO INICIAL

APÊNDICE C

Questionário: Radioatividade

Nome:_____

1. Para você o que é radioatividade?

   _____

   _____

2. Por quais meios você ouviu falar sobre radioatividade?

   _____

   _____

3. A radioatividade é:

   ( ) Maléfica.

   ( ) Benéfica.

   ( ) Maléfica e Benéfica.

   ( ) Não sei.

4. A radioatividade está presente no seu dia-a-dia? Cite como.

   _____

   _____

   _____

5. Você conhece algum fato importante na história que envolve a radioatividade? Cite qual (is).

   _____

   _____

   _____

6. Você acha que a radioatividade está relacionada com a política e sociedade?

   _____

   _____

   _____

7. Você acha que existe relação entre a radioatividade com Ciência e Tecnologia?

APÊNDICE D ï LISTA DE EXERCÍCIOS SOBRE FISSÃO E FUSÃO NUCLEAR E EMISSÃO DE PARTÍCULAS

APÊNDICE D

Atividade Avaliativa – Valor: 2,0 pontos

Nome:_____N°:___2°:__

.

1. (UFMA) A bomba de hidrogênio funciona de acordo com a seguinte reação nuclear:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + \text{energia}$$

Portanto, podemos afirmar que:

a) é reação de "fusão".
b) é reação de "fissão".
c) é reação onde ocorre apenas emissão de partículas $_{2}^{4}\alpha$.
d) é reação onde ocorre apenas emissão de partículas $_{-1}^{0}\beta$.
e) é reação onde ocorre apenas emissão de raios $_{0}^{0}\gamma$.

2. Quando o urânio-235 é bombardeado com um nêutron, vários produtos de fissão são possíveis. Considere a reação de fissão abaixo:

$$_{0}^{1}n + _{92}^{235}U \rightarrow _{38}^{94}Sr + _{54}^{140}Xe + x\,_{0}^{1}n$$

O coeficiente x na reação é:

a) 1
b) 2
c) 3
d) 4
e) Não deve haver nenhum nêutron.

3. A fissão nuclear do urânio (U-235) ocorre após bombardeamento do mesmo, por nêutrons, segundoa reação em cadeia

$$_{92}U^{235} + _{0}^{1}n \rightarrow _{x}Ba^{140} + _{36}K^{y} + 2\,_{0}^{1}n$$

Determine o valor de x e y.

4. Diferencie fissão nuclear de fusão nuclear?

_____
_____
_____

5. (PUC-SP) Na sequência radioativa:
$_{84}^{216}A \rightarrow _{82}^{212}B \rightarrow _{83}^{212}C \rightarrow _{84}^{212}D \rightarrow _{82}^{208}E$
temos, sucessivamente, emissões:

a) $_{-1}^{0}\beta$ $_{-1}^{0}\beta$ $_{-1}^{0}\beta$ $_{2}^{4}\alpha$
b) $_{2}^{4}\alpha$ $_{-1}^{0}\beta$ $_{-1}^{0}\beta$ $_{2}^{4}\alpha$
c) $_{2}^{4}\alpha$ $_{-1}^{0}\beta$ $_{2}^{4}\alpha$ $_{-1}^{0}\beta$
d) $_{2}^{4}\alpha$ $_{2}^{4}\alpha$ $_{-1}^{0}\beta$ $_{-1}^{0}\beta$
e) $_{-1}^{0}\beta$ $_{2}^{4}\alpha$ $_{2}^{4}\alpha$ $_{-1}^{0}\beta$

6. Quando um átomo do isótopo 228 do tório libera uma partícula alfa, transforma-se em um átomo de rádio, de acordo com a equação a seguir:

xTh^{228} à $_{88}Ra^{y}$ + alfa

Os valores de x e y são, respectivamente:
a) 90 e 224.
b) 88 e 228.
c) 89 e 226.
d) 91 e 227.
e) 92 e 230.

7. A transformação do $_{88}Ra^{226}$ em $_{84}Po^{210}$ ocorre com emissão:

a) uma partícula alfa.
b) uma partícula beta.
c) uma partícula alfa e uma partícula beta.
d) duas partículas alfa.
e) duas partículas beta.

8. Escolha a alternativa que completa corretamente as equações nucleares abaixo:
$\underline{/////} \rightarrow _{82}^{207}Pb + _{2}^{4}\alpha$
$_{94}^{239}Pu \rightarrow _{92}^{235}U + \underline{/////}$
$_{92}^{238}U \rightarrow \underline{/////} + _{2}^{4}\alpha$
$_{89}^{227}Ac \rightarrow \underline{/////} + _{2}^{4}\alpha$

a) $_{84}^{211}Po$, $_{2}^{4}\alpha$, $_{90}^{234}Th$, $_{87}^{223}Fr$
b) $_{92}^{238}U$, $_{2}^{4}\alpha$, $_{2}^{207}Pb$, $_{92}^{235}U$
c) $_{89}^{227}Ac$, $_{-1}^{0}\beta$, $_{90}^{234}Th$, $_{87}^{223}Fr$
d) $_{80}^{203}Hg$, $_{2}^{4}\alpha$, $_{90}^{242}Th$, $_{91}^{231}Pa$
e) $_{82}^{207}Pb$, $_{1}^{0}\beta$, $_{90}^{242}Th$, $_{91}^{231}Pa$

9. Sendo a energia liberada pelo processo de fusão maior do que no da fissão e ainda, sendo o primeiro mais vantajoso economicamente, por quê este processo não é utilizado nas usinas nucleares?

_____
_____
_____
_____
_____

ANEXO A: TEXTOS SOBRE ENERGIA NUCLEAR

Energia nuclear evita aquecimento global, diz ex-chefe da agência atômica da ONU

R7 Notícias. Disponível em < http://noticias.r7.com/internacional/noticias/energia-nuclear-evita-aquecimento-global-diz-ex-chefe-da-agencia-atomica-da-onu-20120621.html

A tragédia na usina nuclear de Fukushima, causada pelo devastador tsunami de março de 2011 no Japão, detonou um dilema em todo o mundo com relação à energia atômica: é seguro continuar investindo na produção nuclear? Mais de um ano depois da catástrofe, cerca de 80 mil pessoas que moravam em um raio de 20 km ao redor da usina ainda não voltaram para suas casas por causa da alta radioatividade.

Apesar dos riscos, o diplomata sueco Hans Blix, um dos maiores especialistas do mundo em energia nuclear, afirma que a produção atômica está cada dia mais segura ð além do benefício de ser uma fonte de energia limpa. ð [Energia nuclear] não contribui para o aquecimento global. Em entrevista ao R7, em Estocolmo, Blix minimiza a falta de confiança na energia atômica e afirma que os ñefeitos positivosò das catástrofes nucleares são os avanços tecnológicos.

Ex-ministro de Relações Exteriores da Suécia (1978-1979), Blix era o diretor-geral da Agência Internacional de Energia Atômica da ONU (AIEA) quando ocorreu a última grande tragédia nuclear antes de Fukushima. Foi em Chernobyl, na Ucrânia (então União Soviética), em 1986.

A catástrofe causou milhares de mortes por câncer ao longo desses 26 anos. Ainda hoje, o acesso à área de 30 km ao redor da usina é proibido, e o cenário é de abandono. Segundo Blix, entre uma tragédia e outra, muita coisa mudou ð e para melhor. Ele explica que Chernobyl, além de causar mortes, ñfoi um grande desastre ambientalò Já Fukushima ñteve efeito ambiental, mas menor (comparado a Chernobyl), e não teve mortos vitimados pela radiaçãoò

ð As pessoas voam de avião pelo mundo e não pensam em acidente, mesmo sabendo que não é 100% seguro. Da mesma forma, a energia nuclear nunca será 100% segura, mas, com o passar do tempo, ficará cada vez mais próxima disso.

Para Blix, ñas lições tiradas em qualquer desastre nuclear deveriam ser lições para prevenir todos os desastresò Ele lamenta, no entanto, que os japoneses não tenham conseguido minimizar os danos em Fukushima.

Reações a Fukushima

A falta de confiança com relação à energia nuclear não é unânime no mundo, explica Blix. Pelo contrário, diz. Enquanto países como Alemanha, Itália, Espanha e Portugal planejam reduzir ou encerrar seus projetos nucleares, outros devem seguir em frente com a produção atômica. Os exemplos são Reino Unido, Polônia, Ucrânia, China, Coreia do Sul e Arábia Saudita. Além do mais, decidir pela produção nuclear não depende apenas da segurança, explica, mas também do aspecto econômico.

No Japão, o acidente em Fukushima obrigou o governo a desligar todos os 50 reatores nucleares para revisão. Mas o primeiro-ministro japonês Yoshihiko Noda prometeu em maio religar parte das usinas, apesar das fortes críticas internas, ñpara proteger empregos e evitar danos à economiaò Para se ter uma ideia, antes do terremoto de 2011, quase 30% da energia consumida no Japão vinha da fonte atômica.

Na França, segundo Blix, os fatores são parecidos.

ð Você tem reações heterogêneas em relação à Fukushima, aos acidentes que aconteceram. E não é só por causa do medo, é também pela economia. (...) Na França, ainda há uma resistência, o [presidente François] Hollande disse que sim, que eles irão reduzir. Mas é claro que a França ainda depende em grande percentual da energia nuclear (cerca de 75%).

Brasil nuclear ou hidrelétrico?

Além da questão da segurança e da importância econômica, outro fator favorece a produção de energia nuclear: o meio ambiente.

O fato é que todas as outras fontes de energia produzem CO_2. A energia nuclear não.

E o Brasil, diz ele, deveria pensar nisso, já que ño poder nuclear não seria tão perigoso no caso do Brasilò

ð Você tem o polo de indústria na costa, na região de São Paulo, não precisa ter linhas de transmissão muito longas. (...). Mais usinas nucleares seria a solução. E o Brasil tem muita experiência nisso. Vocês não estão começando do zero.

Segundo Blix, a principal fonte de energia do Brasil, a hidrelétrica, causa ñconsequências ambientais que são grandesò

ð No meu país (Suécia), nós temos quatro rios que não foram explorados. E acho que é muito claro: nós não iremos [explorá-los], nós queremos os rios como eles são. Nós temos outros rios que foram explorados para fins hidrelétricos, mas temos esses quatro que permanecem e continuarão intactos. E eu acho que os brasileiros enfrentarão o mesmo problema.

Futuro da energia nuclear no Brasil

Disponível em: <http://www.oeco.org.br/reportagens/24886-futuro-da-energia-nuclear-no-brasil/>

Por causa do terremoto ocorrido no dia 11, de magnitude 9 na escala Richter, e do forte tsunami que seguiu, os geradores da usina nuclear de Fukushima foram afetados. Assim, o sistema de resfriamento do complexo parou de injetar água nos reatores, o que desencadeou explosões e o temor de vazamentos radioativos a qualquer momento.

Em debate, na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA) da USP, estiveram presentes o organizador do livro, o físico nuclear e professor do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da USP José Goldemberg e Leonam dos Santos Guimarães, assistente do diretor-presidente da Eletronuclear. Na discussão, falou-se sobre o futuro da energia nuclear no Brasil.

ñA matriz energética brasileira prevê a expansão do parque nuclear baseada em hipóteses que são irrealistas", disse Goldemberg. Segundo ele, as previsões indicam que o Produto Interno Bruto (PIB) nacional vai crescer junto com a necessidade de energia, enquanto em todos os países da Europa e nos EUA o PIB tem crescido muito mais rápido do que o consumo de energia. "Essa ideia de que nós vamos precisar de tanta energia no ano 2030 e que a energia nuclear é essencial para a matriz energia brasileira é simplesmente incorretaò, comentou Goldemberg.

O professor também destaca que o sistema brasileiro precisa de complementação térmica. No Brasil, disse ele, a complementação térmica pode vir tanto de energia nuclear quanto de biomassa e de gás. E as contribuições desses três fatores devem ser pesadas. Isso não significaria que o programa nuclear brasileiro precisaria ser abandonado, mas a expansão dele é altamente questionável. "Com o aumento dos riscos, como se verificou agora, no Japão, é de toda a prudência adotar uma postura como a dos países europeus e rever os programas de expansão nuclearò

Efeitos devastadores

Ricardo Baitelo, coordenador da Campanha de Energias Renováveis do Greenpeace Brasil, defende a abolição do seu uso. ñNosso país depende muito pouco de energia nuclear. Mas nem por isso a gente não poderia reduzir o que já temos. Temos um potencial enorme na geração de outras fontes renováveis, principalmente energia eólica, biomassa, hídrica e solar", afirma.

O Greenpeace realizou um estudo, chamado Revolução Energética, no qual se projetou que o Brasil poderia crescer sem a ampliação das usinas nucleares e até desativando as que a gente têm no futuro, conta Baitelo.

Segundo ele, os efeitos devastadores da energia nuclear não se comparam a nenhum outro tipo de geração energética. ñQuando há um grande desastre hidrelétrico ou um acidente numa torre eólica, essas ocorrências vão se restringir a um determinado número de pessoas e locais, o problema da energia nuclear é que a possibilidade de ameaças invisíveis, que podem perdurar por centenas (ou milhares) de anos e se estocar no organismo humanoò, ressalta. O Greenpeace pede que a construção de Angra 3 seja paralisada e considera, no mínimo, uma revisão do projeto de expansão nuclear em função de novos parâmetros de segurança.

Já Guimarães, da Eletronuclear, não vê nenhum sentido em acabar com a energia nuclear. ñRespeito essa opinião, mas não vejo razão nessas posturas radicaisò, comenta. Em relação a uma reavaliação dos planos futuros do Brasil no tocante à energia nuclear, ele acredita ñque não é o caso de uma reanálise do programa, mas, sem dúvida, todos vão considerar o que aconteceu e melhorias serão incorporadas às instalaçõesò.

Para ele, o evento que está ocorrendo no Japão não muda em nada o conjunto de premissas, critérios e necessidades que determinam o planejamento energético individual de cada país.

Decisões mais democráticas

O economista José Eli da Veiga aponta que o modo como foi aprovado o projeto de expansão energética brasileira deveria ser mais democrático. ñO que não entendo é que não passe pelo Congresso a discussão, por exemplo, sobre se vamos ou não fazer uma quarta usina nuclear. Não estou dizendo que tenha que aprovar uma lei para estabelecer esse plano. O ponto é que nós temos um

Congresso que discute coisas muito menos importantes do que essa. E por mais defeitos que o Congresso tenha, ele é sensível a um grito da sociedade", comenta.

Atualmente, há cerca de 2300 pessoas no canteiro de obras de Angra 3. Se, por um lado, há quem defenda a revisão do plano e até a abolição do uso de energia nuclear, em contrapartida, muitos consideram que o plano não deve ser revisado e até descartam a possibilidade de no futuro ocorrer uma crise nuclear no Brasil.

Goldemberg ainda aponta outra questão do plano energético brasileiro que impacta grandemente na análise da quantidade de energia que deverá ser produzida futuramente, o que está relacionado com a necessidade ou não de mais usinas, sejam nucleares, sejam de outras matrizes. "No plano de expansão brasileiro, a conservação de energia quase não aparece. Mas, por exemplo, de 1973 a 1998, o consumo de energia nos países industrializados da Europa toda seria 50% maior do que ela foi efetivamente. Eles realizaram uma redução considerável do consumo de energia".

Como disse Sérgio Abranches em artigo publicado esta semana, o real nunca segue o roteiro previsto. Por isso, em meio a tantas controvérsias em torno da energia nuclear, o economista José Eli da Veiga considera "que a discussão precisa ser reaberta, agora com o envolvimento da população".

Projeto nuclear brasileiro prevê construção de quatro novas usinas

Disponível em:<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2012/06/projeto-nuclear-brasileiro-preve-construcao-de-quatro-novas-usinas.html>

O Jornal Nacional está exibindo esta semana uma série sobre a produção de energia elétrica. Na reportagem desta quinta-feira (7), nossos repórteres mostraram o papel das usinas nucleares aqui no Brasil, na Europa e no Japão.

As noites famosas por letreiros iluminados correm o risco de perder seu brilho no próximo verão. O governo japonês avisou: sem uma economia de energia de 15%, pode haver apagões em julho e agosto em algumas cidades.

ñIsso certamente vai reduzir os investimentos no Japão. Porque, se não tem energia, não tem como segurar investimentos em novas atividades no Japãoò, alerta o presidente da Renault-Nissan, Carlos Ghosn.

Além de um rastro de destruição no nordeste do país, o tsunami criou um dilema do qual depende o futuro do Japão. Depois que a onda gigante atingiu a central nuclear de Fukushima, os japoneses perderem a confiança nas usinas atômicas, que forneciam 30% da energia consumida no país.

Ao todo, 50 reatores foram desligados para uma reavaliação de segurança. O governo agora tem dificuldade para religá-los por pressão da população, assustada com os perigos da radioatividade.

O preço tem sido alto: o Japão teve que recorrer a termelétricas, que usam gás e petróleo importados, são poluidoras e não conseguem substituir plenamente a energia nuclear. Quanto o país pode esperar e gastar? A decisão de voltar ou não a confiar na energia nuclear depende dessa resposta.

A Europa tem 186 usinas nucleares, e 18 estão sendo construídas. Desde Fukushima que as vantagens e desvantagens desse tipo de energia voltaram a ser discutidas. A Alemanha surpreendeu ao decidir fechar suas usinas. Para a França, que tem no nuclear 75% da sua matriz energética, essa não é uma opção.

A França está construindo dois novos reatores: um em solo francês e outro na Finlândia. A Grã-Bretanha planeja fazer mais oito para substituir os 16 reatores antigos que ela tem. Tudo até 2025.

Na Ucrânia, país da tragédia de Chernobyl, o maior acidente nuclear da história do mundo, estão construindo dois novos reatores. Mas tudo bem devagar. Porque no país, como em toda a Europa, está faltando não urânio, mas um outro combustível bem mais básico: dinheiro.

Construídas a partir dos anos 1970, em Angra dos Reis, as duas únicas usinas nucleares brasileiras geram energia suficiente para atender três milhões de pessoas. O canteiro de obras de Angra 3 tem 3,5 mil trabalhadores só na área de construção civil. O início de operação está previsto para 2015. A capacidade será semelhante à de Angra 2.

E o projeto nuclear brasileiro não para por aí. E deve, inclusive, mudar de ares. Os ventos sopram em direção ao Nordeste. A Eletronuclear abriu um escritório em Recife. Os planos do governo preveem quatro novas usinas.

ñOs estudos de planejamento já mostram a partir da próxima década a necessidade de expansão, de preferência, por fontes limpas. E uma alternativa pode ser a nuclearò, diz o secretário-executivo do Ministério de Minas e Energia, Márcio Zimmermann.

Energia limpa, inclusive, por ser concentrada em pequenos espaços.

ñAqui [na usina de Angra dos Reis] você está vendo 2 mil megawatts instalados. Por exemplo, se você for ver 2 mil megawatts em termos de hidrelétrica, vai ver uma área ocupada em uma ordem 500 vezes maior que essaò, compara o engenheiro nuclear Leonam Guimarães, da Eletronuclear.

Mas sempre restam temores em relação ao armazenamento dos rejeitos radioativos e a possíveis acidentes naturais, como o de Fukushima. Exigências de segurança cada vez maiores custam caro.

ñA maior parte dos países que investiam em energia nuclear tinha uma perspectiva de barateamento contínuo daquela tecnologia. Curiosamente, de todas as tecnologias para a geração de energia elétrica, energia nuclear é a única que a cada ano que passa se torna mais caro que no ano anteriorò, diz o professor da Coppe/UFRJ, Roberto Schaeffer.

ñO Brasil, apesar de ter recursos para construir cerca de 40 reatores equivalentes aos de Angra, e operá-los por 30 anos, não é necessário fazer isso porque temos esse outro conjunto de recursosò, diz Ildo Sauer, o diretor do Instituto de Energia da Universidade de São Paulo (USP).

Sobreviventes da bomba atômica no Japão criticam retomada de energia nuclear

Disponível em: <http://br.reuters.com/article/worldNews/idBRKCN0Q92H820150804>

FUKUSHIMA, Japão (Reuters) - Quando Atsushi Hoshino buscou reavivar há 30 anos um grupo que representava sobreviventes da bomba atômica na área rural japonesa de Fukushima, no nordeste do Japão, um tópico ainda era tabu: criticar a indústria de energia nuclear que empregava muitas pessoas.

Isso mudou dramaticamente após 11 de março de 2011, quando um grande tsunami devastou a usina nuclear de Fukushima Daiichi, ocasionando derretimento de núcleos, espalhando radiação e forçando dezenas de milhares de residentes a deixar suas casas.

"Até então... eu me sentia de alguma forma desconfortável sobre energia nuclear, mas não o suficiente para me opor a ela. Na verdade, eu estava em uma situação onde não era possível me opor a ela", disse Hoshino, de 87 anos, à Reuters, em sua casa na Cidade de Fukushima, a cerca de 60 quilômetros de Fukushima Daiichi, a primeira usina nuclear comercial do país quando tornou-se operacional em 1971.

Agora, Hoshino, um sobrevivente da tragédia de 6 de agosto de 1945, dia do ataque nuclear dos Estados Unidos contra Hiroshima, está entre a maioria dos japoneses que se opõe ao plano do primeiro-ministro japonês, Shinzo Abe, de reativar os reatores desligados após o desastre de 2011.

A usina de Sendai, da Kyushu Electric Power, no sudoeste do Japão, deve voltar a operar em 10 de agosto pela primeira vez em quase dois anos.

"Acredito que por conta do risco da energia nuclear e o fato de que seres humanos não podem controlá-la ter se tornado claro, nenhum dos reatores deveria ser religado", afirmou Hoshino.

O presidente do grupo de sobreviventes da bomba atômica em Fukushima, Akira Yamada, disse ter chegado a uma conclusão semelhante. Mesmo assim, ambos estão receosos de comparar os riscos da energia nuclear com o horror de armas atômicas.

"Há uma diferença entre o uso militar e o uso pacífico", disse Yamada, que, assim como Hoshino, tornou-se professor na universidade de Fukushima após a

guerra. Setenta anos após os bombardeios de Hiroshima e Nagasaki, as experiências dos sobreviventes idosos permanecem cauterizadas em suas memórias.

Hoshino eram um estudante do ensino médio quando um avião norte-americano lançou uma bomba atômica sobre Hiroshima, matando cerca de 140.000 pessoas até o fim do ano. Três dias depois, uma segunda bomba nuclear foi lançada sobre Nagasaki. Em 15 de agosto, o Japão se rendeu.

Vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear

Portal Energia, Disponível em: < http://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-utilizacao-da-energia-nuclear/>

Esta energia provém do urânio, principalmente, mas também pode ser do tório e do plutónio, se bem que nos principais casos e do urânio. Existem dois tipos de recursos energéticos utilizados para produzir energia nuclear, o urânio e o Tório, dois minérios radioativos, embora seja o urânio o mais utilizado e conhecido, devido as reservas de urânio serem abundantes, o que não se põe em causa o seu esgotamento a curto ï médio prazo.

O urânio é utilizado como combustível nos reatores nucleares, sob a forma de óxido, de liga metálica, ou ainda, de carboneto. Certos reatores utilizam o urânio natural, mas a grande maioria, como o caso dos reatores moderados e arrefecidos com água normal, que equipam mais de dois terços das centrais nucleares usam como combustível, o urânio enriquecido. O urânio é um elemento químico de símbolo U e de massa igual a 238 (92 prótons e 146 nêutrons). O urânio quando se encontra a temperatura ambiente encontra-se no estado sólido, este foi o primeiro elemento onde se descobriu a propriedade da radioatividade, foi descoberto em 1978. A mais importante aplicação do urânio é a energética.

Vantagens da Energia Nuclear

A energia nuclear é uma energia não renovável, que como todas as outras tem as suas vantagens e desvantagens. Principais vantagens da energia nuclear: É um combustível mais barato que muitos outros como por exemplo o petróleo, o consumo e a procura ao petróleo fez com que o seu preço disparasse, fazendo assim, com que o urânio se tornasse um recurso, comparativamente com o petróleo, um recurso de baixo custo. É uma fonte mais concentrada na geração de energia, um pequeno pedaço de urânio pode abastecer uma cidade inteira, fazendo assim com que não sejam necessários grandes investimentos no recurso. Não causa nenhum efeito de estufa ou chuvas ácidas; é fácil de transportar como novo combustível; tem uma base científica extensiva para todo o ciclo. É uma fonte de energia segura, visto que até a data só existiram dois acidentes mortais. Permite reduzir o défice comercial. Permite aumentar a competitividade.

Desvantagens da Energia Nuclear Apesar das suas vantagens esta energia também tem as suas desvantagens: Ser uma energia não renovável, como referido anteriormente, torna-se uma das desvantagens, visto que o recurso utilizado para produzir este tipo de energia se esgotará futuramente. As elevadas temperaturas da água utilizada no aquecimento causa a poluição térmica pois esta é lançada nos rios e nas ribeiras, destruindo assim ecossistemas e interferindo com o equilíbrio destas mesmas. O risco de acidente, visto que qualquer falha humana, ou técnica poderá causar uma catástrofe sem retorno, mas atualmente já existem sistemas de segurança bastante elevados, de modo a tentar minimizar e evitar que estas falhas existam, quer por parte humana, quer por parte técnica. A formação de resíduos nucleares perigosos e a emissão causal de radiações causam a poluição radioativa, os resíduos são um dos principais inconvenientes desta energia, visto que atualmente não existem planos para estes resíduos, quer de baixo ou alto nível de radioatividade, estes podem ter uma vida até 300 anos após serem produzidos podendo assim prejudicar as gerações vindouras. Pode ser utilizada para fins bélicos, para a construção de armas nucleares, está foi uma das primeiras utilizações da energia nuclear, os fins bélicos são a grande preocupação nível mundial, porque projetos nucleares como o do Irão, que ameaçam a estabilidade económica e social.

Ser uma energia cara, visto que tanto o investimento inicial, como posteriormente a manutenção das energias nucleares são de elevados custos, até mesmo o recurso minério, visto que existem países que não o possuem, ou não em grande abundância, tendo assim, que comprar a países externos. O plutónio 239 leva 24.000 anos para ter sua radioatividade reduzida à metade, e cerca de 50.000 anos para tornar-se inócuo. Os seus efeitos, visto que na existência de um acidente, as consequências deste iram fazer-se sentir durante vários anos, visto que a radioatividade continuará a ser libertada durante vários anos.