



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências - PPGEC

MARIA DAIANE DA SILVA MONTEIRO

**ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM
SOBRE RADIOATIVIDADE PAUTADA NA PERSPECTIVA CIÊNCIA-
TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS)**

RECIFE, 2020.

MARIA DAIANE DA SILVA MONTEIRO

**ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM
SOBRE RADIOATIVIDADE PAUTADA NA PERSPECTIVA CIÊNCIA-
TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – PPGEC, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como parte dos requisitos à obtenção do título de mestre em Ensino das Ciências.

Orientadora: Prof^a Dr^a Suely Alves da Silva

RECIFE, 2020.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M775a Monteiro, Maria Daiane da Silva
Análise de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem sobre radioatividade pautada na perspectiva
Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) / Maria Daiane da Silva Monteiro. - 2020.
132 f. : il.
- Orientadora: Suely Alves da .
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em
Ensino das Ciências, Recife, 2020.
1. Perspectiva CTS. 2. Sequência de Ensino e Aprendizagem. 3. Ensino de Radioatividade. I. , Suely
Alves da, orient. II. Título

MARIA DAIANE DA SILVA MONTEIRO

**ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM
SOBRE RADIOATIVIDADE PAUTADA NA PERSPECTIVA CIÊNCIA-
TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – PPGEC, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como parte dos requisitos à obtenção do título de mestre em Ensino das Ciências.

Orientadora: Prof^a Dr^a Suely Alves da Silva

Aprovada em: 20/02/2020

Banca Examinadora

Suely Alves da Silva

Orientadora (DED/UFRPE)

Marília Gabriella de Menezes Guedes

Membro externo (DMTE/UFPE)

Ruth do Nascimento Firme

Membro interno (DQ/UFRPE)

Ivoneide Mendes da Silva

Membro interno (DQ/UFRPE)

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais, Maria do Céu e Israel, que mesmo distantes fisicamente, sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e me incentivando em todos os momentos. Essa conquista, esse sonho, é nossa(o)!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que esteve comigo nos momentos mais difíceis, me abraçou, me confortou e me deu forças para chegar até aqui.

Aos meus pais, Maria do Céu e Israel, meus maiores exemplos de vida, de superação, de humildade. À minha irmã, Maria da Guia, por todo carinho, toda compreensão, todas as palavras de apoio e de incentivo. Foram dias difíceis, mas que se tornaram mais leves porque eu tenho vocês na minha vida.

Ao meu namorado, João Gabriel Ramos, que mesmo diante de todos os obstáculos e obrigações, esteve comigo nos meus bons e maus momentos, que foi um grande amigo, que me ouviu muitas vezes e que não me deixou desistir.

À minha orientadora, Suely Alves, que foi maravilhosa ao aceitar minha proposta, mesmo não trabalhando diretamente com esta linha de pesquisa. Agradeço pela confiança em mim depositada, por todos os conhecimentos compartilhados, pela paciência e pelo excelente exemplo de profissional que é.

Ao Instituto Educacional Helena Lubienka, por me acolher tão bem e me proporcionar esse espaço tão humano, crítico e cidadão. Aos meus estudantes do 3º ano do Ensino Médio, por se disponibilizarem a participar, como atores sociais, de todo o processo da pesquisa.

Aos meus amigos do “Ruminantes”, gratidão por tanto. Pela força, pela preocupação, pelas distrações, pelas risadas durante uma pausa e outra da escrita, pelo companheirismo, pela irmandade. Às minhas amigas Rayssa, Priscila e Fernanda, que mesmo distante, sempre se fizeram presentes. Às minhas meninas do “News PPGEC”, que se tornaram grandes amigas e companheiras. Agradeço por escutar meus desabafos, por todo apoio, todas as palavras de força, todas as risadas, em especial, Girlane Correia, pela proximidade, pelos nossos momentos de diversão, por sentar comigo todas as vezes que precisei conversar/desabafar, pelas palavras de consolo e positividade.

Às minhas “companheiras” de apartamento por suportarem todos os meus estresses, todos os meus dias maus.

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

RESUMO

A presente pesquisa teve por objetivo analisar as contribuições e limitações da aplicação de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) pautada na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), no estudo do conteúdo de radioatividade. A SEA foi elaborada com base nas ideias propostas por Méheut (2005) e Méheut e Psillos (2004), e aplicada em uma turma inclusiva, constituída por estudantes de classe comum e estudantes com deficiências motoras e psíquicas, envolvendo surdez, autismo, Transtorno do Déficit de Atenção (TDA), Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) e Síndrome de Irlen (S.I.), do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede privada de ensino, localizada na Região Metropolitana do Recife. Neste sentido, nossa problemática parte da necessidade em promover uma proposta pedagógica que colabore para o desenvolvimento de metodologias que propicie aos estudantes um senso crítico frente às problemáticas sociais, que reflita em uma educação que relaciona a Ciência e a Tecnologia, com o contexto social, especialmente visando capacitar cidadãos para julgar as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico. Os dados foram coletados por meio de uma Sequência Didática Interativa (SDI) proposta por Oliveira (2013), de desenhos confeccionados pelos estudantes e de gravações em vídeo, e foram submetidos a uma análise de dimensão qualitativa à luz dos referenciais teóricos, e alguns deles à análise de conteúdo de Bardin (2016). Os resultados apontaram que se faz, cada vez mais, necessário promover uma educação científica e tecnológica e desenvolver metodologias em que se promova uma educação onde os estudantes não sejam estimulados a apenas decorar um conceito, mas sim refletir sobre o que está sendo ensinado e possuir condições de formular seus próprios pensamentos e reflexões acerca de determinado conteúdo. Assim, percebeu-se que, em paralelo a um repensar o conceito de radioatividade, a SEA contribuiu positivamente para desmistificar a ideia de que essa só traz malefícios e possibilitar uma formação ampla em que os conhecimentos prévios dos atores sociais são valorizados e encarados como ponto de partida para construção do conhecimento científico.

Palavras-chave: Perspectiva CTS, Sequência de Ensino e Aprendizagem, Ensino de Radioatividade.

ABSTRACT

This research aimed to analyze how contributions and applications of applying a Teaching and Learning Sequence (TLS), from the perspective of Science, Technology and Society (STS), in the study of radioactivity content. An SEA was developed based on the ideas proposed by Méheut (2005) and Méheut and Psillos (2004), and applied in an inclusive class, tests by students of common class and students with motor and psychic disabilities, involving deafness, autism, Attention Deficit (ADD), Attention Deficit Disorder with Hiperactivity (ADDH) and Irlen Syndrome (IS), from the 3rd year of high school at a private school, located in the Metropolitan Region of Recife. In this sense, our problem starts from the need to promote a pedagogical proposal that collaborates for the development of methodologies that provide students with a critical sense in the face of social problems, which reflect in an education that relates Science and Technology, with the social context, especially following the training of citizens to judge the implications of scientific and technological development. Data were collected through an Interactive Didactic Sequence (IDS) proposed by Oliveira (2013), drawings made by students and video recordings, and were subjected to a qualitative dimension analysis in the light of theoretical references, and some of them to content analysis by Bardin (2016). The results point out that, more and more, it is necessary to promote scientific and technological education and to develop methods in which it promotes an education in which students are not only encouraged to memorize a concept, but rather to reflect on what is being taught and used conditions form your own thoughts and reflections on certain content. Thus, it was noticed that, in parallel to a refund or concept of radioactivity, an TLS contributed positively to demystify an idea that this brings harm and enables a broad formation in which the previous studies of social groups are valued and seen as a starting point for the construction of scientific knowledge.

Keywords: STS perspective, Teaching and Learning Sequence, Radioactivity Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O relacionamento entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e o Estudante.....	21
Figura 2 – Modelo do Losango Didático	29
Figura 3 – Modelo para planejamento e desenvolvimento de materiais didáticos pautados na perspectiva CTS	31
Figura 4 – Aproximação das relações epistêmicas e pedagógicas nos processos de ensino e de aprendizagem	34
Figura 5 – Esquema da SDI adaptada.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Sistematização da SEA	44
Quadro 2 – Curiosidades e notícias sobre Radioatividade utilizadas no segundo momento da SDI adaptada.....	49
Quadro 3 – Categoria, Subcategorias elencadas e respectivas Codificações.....	57
Quadro 4 – Respostas individuais dos estudantes e subcategorias elencadas	58
Quadro 5 – Análise das “Sínteses A” antes da intervenção do professor	64
Quadro 6 – Análise das “Sínteses A” após a intervenção do professor	65
Quadro 7 – Análise da “Síntese B”	70
Quadro 8 – Análise das falas dos estudantes no processo de discussão	72
Quadro 9 – Posicionamentos dos estudantes na discussão	77
Quadro 10 – Categorias e Subcategorias elencadas para os desenhos.....	100
Quadro 11 – Análise da SEA segundo a perspectiva de Méheut (2005).....	103

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	12
INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
1.1. A perspectiva CTS no Ensino de Química	18
1.1.1 Análise e discussão das produções da Revista Química Nova na Escola (QNEsc), sobre a perspectiva CTS no ensino de Radioatividade, no recorte temporal de 2009 à 2019.	25
1.2. Sequências de Ensino e Aprendizagem com foco em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).....	28
1.3. Ensino de radioatividade	34
CAPÍTULO 2. METODOLOGIA.....	40
2.1. Contexto e Atores Sociais de Pesquisa	41
2.2. Percorso Metodológico.....	43
CAPÍTULO 3: RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.1. Análise da avaliação diagnóstica – “SDI adaptada”	58
3.2. Análise de alguns episódios das aulas	71
3.3. Análise da SEA segundo a perspectiva de Méheut (2005)	102
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
5. REFERÊNCIAS.....	109
6. APÊNDICES.....	119
7. ANEXO.....	121

APRESENTAÇÃO

Considero importante iniciar esta dissertação justificando o que me levou ao desenvolvimento deste trabalho. Não há como negar as contribuições que obtive no decorrer da minha vida acadêmica/profissional que me incentivaram a construí-lo. Quero agradecer inicialmente, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), por me permitir, ainda no segundo período da graduação em Licenciatura em química na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), conhecer o “chão” da escola pública, mais especificamente, esse nível de ensino a que me proponho estudar. O programa tinha por finalidade o aperfeiçoamento e a valorização da formação de professores para a educação básica, buscando o diálogo entre universidade e escola e possibilitando aos graduandos de licenciatura a oportunidade de vivenciar a docência, mesmo nos anos iniciais de sua formação. Além disso, o subprojeto química envolvia a elaboração e aplicação de atividades didático-pedagógicas que pudessem amenizar as dificuldades dos estudantes acerca dos conteúdos químicos, os quais eram vistos de forma muito superficial ou não eram abordados em sala de aula pelo professor.

Dentre uma gama de conteúdos que eram trabalhados, ainda percebia uma lacuna quando se pensava em discutir radioatividade. Muitas vezes, o conteúdo era deixado de lado, pois era difícil pensar em experimentos devido à sua periculosidade, ou desenvolviam-se apenas jogos, os quais eram repetidos todos os anos. Meu objetivo partia daí, desenvolver uma estratégia de ensino que permitisse ao estudante perpassar pelo jogo, e por inúmeros outros recursos, a ponto de, ao final, entender a radioatividade no seu sentido global, como um conceito pertencente ao meio em que está inserido, e não como algo distante, impossível de entender ou perceber suas aplicações.

Sendo assim, de modo a possibilitar uma formação efetiva nos estudantes, pensei em discorrer o conteúdo em questão pautado em uma perspectiva de ensino que estabelece relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade - perspectiva CTS, a qual tive contato ainda na graduação, durante uma aula na disciplina de Estágio Supervisionado no Ensino de Química IV, ministrada pela professora Bruna Herculano. Sob orientação da professora Bruna, decidi, nesse primeiro momento, estudar os conceitos de ácidos e bases e a interrelação desses com os aspectos

científicos, tecnológicos e sociais, visto que estava ministrando aulas apenas para o primeiro ano do ensino médio, e eram conceitos que os estudantes apresentavam dificuldades, principalmente em relação às teorias estudadas.

Entretanto, como minha ideia inicial não era exatamente essa, submeti meu projeto de pesquisa para a seleção do mestrado pensando em alternativas que pudessem, agora, auxiliar os estudantes na compreensão do conteúdo de Radioatividade. O projeto foi aceito pela minha orientadora e hoje estou aqui tentando contribuir com meu trabalho, de alguma maneira, para o ensino de química e em um nível de ensino pelo qual tenho muito apreço, a educação básica.

Posteriormente, segui investindo no aprofundamento das leituras e discussões, na compreensão do conteúdo e na construção de um material didático coerente, que oferecesse ao meu estudante a oportunidade de se tornar autor na construção do seu conhecimento. Em resumo, essas experiências no PIBID, nos estágios, e nos primeiros anos como professora da educação básica, foram fundamentais na opção de desenvolver um trabalho que pudesse auxiliar os estudantes a desenvolver um senso crítico com relação às problemáticas sociais, pois, segundo Chassot (1995), o ensino de química deve permitir que o estudante interaja melhor com o mundo ao seu redor.

INTRODUÇÃO

O ensino pautado na transmissão de informações tem sido questionado de longas datas. Entretanto, ainda é comum, no processo de ensino e aprendizagem, encontrarmos traços marcantes do modelo tradicional de ensino, voltado à abordagem de conceitos de forma fragmentada, valorizando apenas o conteúdo. Diversas são as pesquisas que evidenciam o ensino de química como tradicional, por esse se mostrar tão pautado na realização mecânica de cálculos e na memorização e repetição de equações químicas, nomes e fórmulas, tornando o conhecimento científico distante do cotidiano dos estudantes (SCHNETZLER, 2002; OLIVEIRA, 2004; SANTANA, 2008). Segundo Miranda e Costa (2007), neste contexto, o professor assume o papel de transmissor do conhecimento e os estudantes de receptores, que apenas acumulam a informação recebida sem mesmo compreender a importância do que estudam e como este conhecimento está relacionado com a natureza, com a vida. Freire (2005), por exemplo, destaca que essa forma de educar

[...] se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador depositante. Em lugar de comunicar-se o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção “bancária” da educação em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los (FREIRE, 2005, p. 66).

Santana (2008) ainda afirma que essa ação passiva do aprendiz consiste num dos fatores que ocasiona o desinteresse pela disciplina, visto que os conhecimentos adquiridos não se transformam em um conhecimento internalizado, que tenha significado para o estudante, fazendo com que os mesmos questionem o motivo pelo qual ela lhes é ensinada.

Com o intuito de alterar esse quadro, o ensino das ciências naturais, em particular, o ensino de química, vem passando por reformulações, principalmente no que diz respeito às metodologias adotadas pelos docentes. Segundo os documentos oficiais que norteiam a educação brasileira, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB nº 9.394/96, os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN

(BRASIL, 1999), os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2002) e a Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2018), o ensino de química deve possibilitar aos estudantes o desenvolvimento do senso crítico, para o pleno exercício da cidadania e não reduzir-se a mera reprodução de informações. Ou seja, é de fundamental importância que o estudante questione, problematize e posicione-se de maneira crítica, responsável e construtiva nas diferentes situações sociais. Sendo assim, em sala de aula, é papel do professor instigar, promover discussões e apresentar pluralidade de visões, para que assim os estudantes se sintam desafiados a buscar argumentos plausíveis que justifiquem suas opiniões. Parafraseando Freire (2006), esse movimento crítico, reflexivo e dialógico que flui em sala de aula deve ser o ponto de partida para qualquer ação, pois, interagindo e dialogando com as diferenças o estudante já está praticando uma atitude revolucionária, agindo pela transformação.

Ainda segundo os PCN, o ensino de química deve proporcionar ao estudante a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em íntima relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações sociais, políticas, econômicas e ambientais (BRASIL, 1999). Em outras palavras, o conhecimento químico deve ser um meio de interpretar o mundo e intervir na realidade, além de desenvolver capacidades de argumentação, interpretação e, principalmente, tomadas de decisões. De acordo com a BNCC, a sociedade contemporânea está fortemente pautada no desenvolvimento científico e tecnológico. Sendo assim, é praticamente impensável uma educação científica sem reconhecer os mais variados papéis da tecnologia no desenvolvimento da sociedade humana. Os quais, por um lado, podem viabilizar a melhoria da qualidade de vida, mas, por outro, ampliar as desigualdades sociais e a degradação do ambiente (BRASIL, 2018).

Pensando nisso, propostas de ensino mais progressistas que buscam a produção do conhecimento e a formação de cidadãos críticos vêm sendo discutidas nas pesquisas da área, justificadas pelo atendimento às necessidades emergentes do contexto sócio-histórico atual. Dentre outras, destacamos a perspectiva de ensino em Ciência, Tecnologia e Sociedade (doravante perspectiva CTS) que, desde a década de setenta, incorpora aos currículos de ensino de ciências, questões

relacionadas com a ciência, a tecnologia e os aspectos socioambientais (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Neste sentido, é esperado que o professor, assim como em outros tipos de abordagens construtivistas de ensino, se coloque como facilitador/mediador do processo de ensino e aprendizagem, incorporando à sua prática docente aspectos sociocientíficos, tais como questões ambientais, econômicas, políticas e culturais, relacionadas com ciência e tecnologia, de modo a oportunizar uma formação efetiva de cidadãos críticos capazes de interferirem no meio em que vivem (OLIVEIRA, 2004).

Sendo assim, nossa problemática parte da necessidade de uma proposta pedagógica que colabore para o desenvolvimento de metodologias que propicie aos estudantes um senso crítico frente às problemáticas sociais. Para isso, buscamos por meio do desenvolvimento de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA), planejada a partir da perspectiva CTS para o ensino, responder ao seguinte problema de pesquisa: Quais as contribuições e limitações da aplicação de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA), pautada na perspectiva CTS, no estudo do conteúdo de radioatividade?

E tivemos como objetivo geral analisar as contribuições e limitações da aplicação de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) pautada na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), no estudo do conteúdo de radioatividade. Para alcançarmos o objetivo geral elaboramos alguns objetivos específicos: analisar as concepções iniciais dos estudantes sobre o conceito de radioatividade, no contexto das relações CTS, antes e após a intervenção do professor; analisar as compreensões dos estudantes sobre o conteúdo de radioatividade, após a aplicação da SEA, no contexto das relações CTS e analisar a influência da SEA no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes, segundo a perspectiva de Méheut (2005). A pesquisa se desenvolveu em uma turma inclusiva, constituída por estudantes de classe comum e estudantes com deficiências motoras e psíquicas, envolvendo surdez (presença de intérprete em sala), autismo, Transtorno do Déficit de Atenção (TDA), Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) e Síndrome de Irlen (S.I.), de uma escola privada da Região Metropolitana do Recife-PE.

O conteúdo químico em questão foi escolhido, por ser um conteúdo importante, atual, complexo e que chama muito a atenção dos estudantes, devido aos inúmeros acidentes e catástrofes aos quais está relacionado. Ao ouvir a palavra radioatividade, é quase que automático a relação com os acidentes nucleares e a lembrança das duas bombas atômicas lançadas nas cidades japonesas Hiroshima e Nagasaki. Devido a essas inúmeras falhas e acidentes terem ocorrido pela má utilização de elementos radioativos, os estudantes acabam por associar radioatividade a perigo, a algo distante de seu contexto, não percebendo, portanto, que essa pode gerar benefícios à sociedade e vai muito além da produção de energia, bombas e armas. Além disso, vários autores ainda apontam que as dificuldades encontradas no ensino de radioatividade estão associadas principalmente a abstração desse conteúdo, que compreende desde a atomística, evolução dos modelos atômicos (energia e partículas subatômicas), até a física nuclear (TEKIN, NAKIBOGLU, 2006; SILVA, 2009; PELICHO, 2009).

Visando atender aos objetivos propostos, ressaltamos que uma das finalidades que norteia esta pesquisa é contribuir com discussões, planejamentos e ações que reflitam numa melhora significativa no processo de ensino e aprendizagem, de modo a formar estudantes críticos e atuantes na sociedade, utilizando a perspectiva CTS para discussão de questões relacionadas com a Ciência e a Tecnologia, nas aulas de química.

Nesta direção, para além desta introdução, esta dissertação está organizada da seguinte maneira: no primeiro capítulo encontra-se a fundamentação teórica da pesquisa, topicalizada em “A perspectiva CTS no ensino de química”, “Sequência de Ensino e Aprendizagem com foco em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)” e “Ensino de Radioatividade”; no segundo capítulo descrevemos a metodologia empregada nesta investigação; no terceiro capítulo estão discutidos os resultados encontrados e discussão das análises empreendidas; e posteriormente apresentamos algumas considerações finais e as referências utilizadas.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são trazidos os referenciais teóricos que servirão de base à presente pesquisa. Sendo assim, discutiremos sobre a perspectiva CTS no Ensino de química; Sequências de Ensino e Aprendizagem pautadas nessa perspectiva; e sobre o Ensino de Radioatividade.

1.1. A perspectiva CTS no Ensino de Química

Desde meados do século XX, nos países capitalistas centrais, foi crescendo o sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava ascendendo paralelamente ao bem-estar social e, portanto, havia-se uma necessidade do cidadão reconhecer seus direitos, pensar por si próprio e ter uma visão crítica da sociedade onde vive, de modo a interferir sobre ela (VAZ; FAGUNDES; PINHEIRO, 2009). Entretanto, somente no final da década de 60, início da década de 70, após uma euforia inicial com os resultados dos avanços científico e tecnológico, é que a ciência e a tecnologia (C&T) ganham um local de destaque, se tornam alvo de um olhar mais analítico. Sendo assim, na tentativa de compreender a ciência e a tecnologia em seu contexto histórico, social e cultural, emerge o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade - CTS, o qual teve duas origens: a tradição Europeia (*Science and Technology Studies - STS*) e a Norte-Americana (*Science Technology and Society - STS*) (SANTOS; SCHNETZLER, 2010; PINHEIRO, 2005). Vale salientar que estas se diferenciam pela maneira como abordam os estudos referentes à ciência, tecnologia e sociedade, ambas as tradições têm em comum a ideia de estabelecer uma posição crítica frente ao cientificismo, superioridade da ciência sobre todas as outras formas de compreensão humana da realidade; e à tecnocracia, aplicação do método científico na resolução de problemas sociais.

Segundo Garcia et al. (1996 apud STRIEDER, 2012), a chamada tradição europeia, que originou-se na Universidade de Edimburg, caracteriza-se por uma tradição de investigação acadêmica, mais de educação do que de divulgação, pois tinha como fundadores: cientistas, engenheiros, sociólogos, voltados a investigar de forma acadêmica a influência do desenvolvimento científico e tecnológico na sociedade. Ela foi a primeira tradição a elaborar uma sociologia do conhecimento

científico que descentraliza a ciência como objetiva e autônoma. Além disso, tem seus conceitos baseados nas obras de Thomas Kuhn, em especial, sua obra “*A Estrutura das Revoluções Científicas*”, e como principais conhecimentos formadores de sua base as ciências sociais - sociologia, antropologia e psicologia (GARCIA et al., 1996 apud STRIEDER, 2012; CERZO, 2002). É importante frisar que nesta tradição, atribui-se maior ênfase aos fatores sociais antecedente ao desenvolvimento científico-tecnológico, centrando-se na explicação da origem das teorias científicas e, portanto, da ciência mais como processo (PINHEIRO, 2005).

A origem norte-americana, por sua vez, de acordo com Bazzo et al. (2003), buscou suas origens na institucionalização administrativa e acadêmica, recorrendo à reflexão ética e política e, em geral, a um referencial compreensivo de caráter humanístico. Nesta tradição, as preocupações centram-se mais nas consequências sociais e ambientais que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia pode causar, podendo, assim, ser considerada como uma tradição mais ativista, voltada a protestos sociais ocorridos entre os anos de 1960 e 1970 (PINHEIRO, 2005). Ao contrário da tradição europeia, manteve atenção voltada à tecnologia, entendendo esta como um produto capaz de influenciar a sociedade, e secundariamente a ciência destacando, portanto, um caráter prático e qualitativo.

Todavia, em um contexto mais atual, Garcia et al. (1996 apud STRIEDER, 2012) afirma que esta divisão entre as duas tradições já foi superada, e que foi importante apenas no início das discussões. Na realidade, as duas tradições foram se fundindo num pensar sistematizado de novas abordagens da ciência e da tecnologia, com alguns objetivos mais direcionados e pontuais principalmente para educação devido aos novos e preocupantes problemas impostos pelo desenvolvimento tecnológico.

Além dessas duas tradições expostas, é importante inserir nas discussões sobre as origens dos estudos CTS, uma vertente alternativa às duas anteriores, o Pensamento Latinoamericano em Ciência-Tecnologia-Sociedade (denominado por Dagnino, Thomas e Davyt de PLACTS). Esta vertente, apesar de apresentar alguns elementos análogos às tradições europeia e norte-americana, caracteriza-se especificamente por analisar as dinâmicas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade na América Latina nos anos 1960/70 do século XX. Em oposição à postura idealista, otimista e positivista destinada à Ciência e Tecnologia, considerando-as como

positivas e suficientes, o PLACTS defende que uma reorientação utilitária de CT poderia ser a direção para o desenvolvimento da sociedade latino-americana (VACCAREZZA, 2002; DAGNINO, THOMAS, DAVYT, 1996).

Entretanto, alguns autores não consideram este pensamento como representante do campo de estudos CTS. Cerezo (2005), por exemplo, afirma que os estudos CTS só chegaram à América Latina nas décadas de 80/90, por meio de trabalhos acadêmicos advindos de países desenvolvidos, onde se originaram as duas tradições principais sobre CTS. Entretanto, Dagnino (2009) assegura que os estudos feitos durante as décadas de 60 e 70 na América Latina sobre ciência, tecnologia e desenvolvimento, convergiam em tema e em objetivos com os estudos CTS na América Latina. Para Dagnino (2009), o fato destes estudos CTS latino-americanos se centrarem em críticas a políticas de ciência e tecnologia locais não os invalida da denominação CTS, mas representaria uma independência e um rompimento com as teorias sobre ciência, tecnologia e desenvolvimento social provenientes de países desenvolvidos, seria a autonomia dos países latino-americanos de tratar destes assuntos a partir de teorias e questões internas. O autor ainda destaca que, assim como dito no próprio trabalho de Cerezo (2005), a cultura CTS que viria a ser implementada na América Latina nas décadas de 80/90 usou como subsídio as reflexões e questionamentos surgidos nas décadas de 60 e 70.

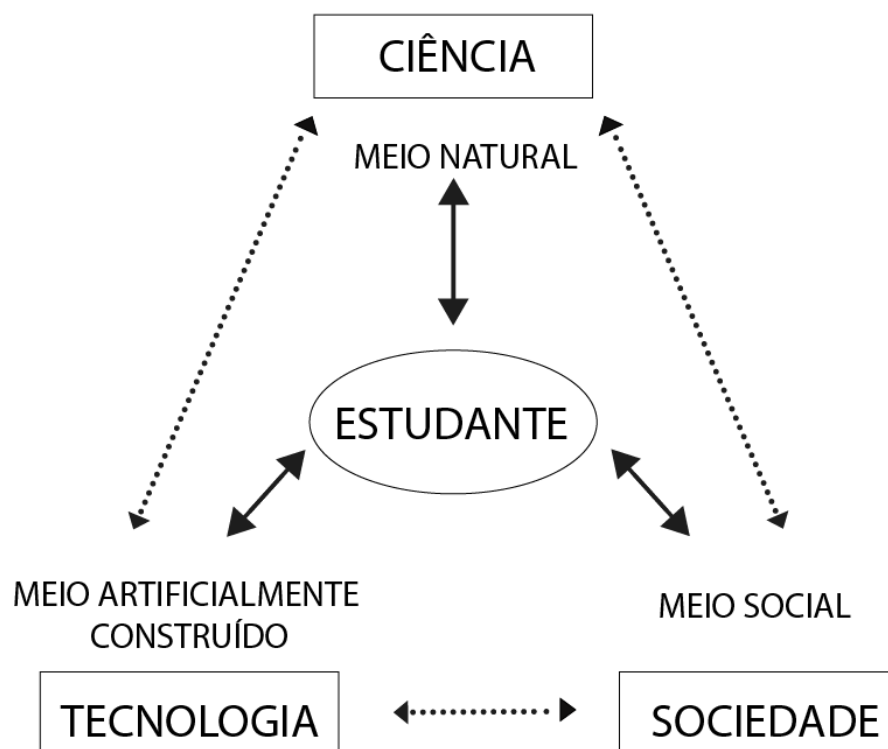
Hoje, os estudos CTS abarcam uma diversidade de programas filosóficos, sociológicos e históricos, os quais enfatizam a dimensão social da ciência e da tecnologia compartilhando certos pontos em comum, como a crítica à concepção herdada da ciência como atividade pura e neutra, a resistência à concepção de tecnologia simplesmente como ciência aplicada de forma descomprometida dos valores sociais, e a necessidade da participação popular nas decisões públicas.

Apesar de não se dirigir diretamente para o âmbito educacional, o movimento CTS se revelou como uma alternativa para o ensino de ciências, visto que uma das direções do movimento estava voltada para uma educação científica e tecnológica, tendo como finalidade, a obtenção de conhecimentos científicos, por parte dos estudantes, que os levem a atuar como sujeitos críticos e reflexivos na sociedade atual. Neste sentido, o movimento sugeriu uma mudança de postura na educação, em especial, na estrutura curricular dos conteúdos, em que o estudante sai da

posição de simples espectador, e assume uma postura de ser pensante, que procura estar envolvido nas questões e decisões sociais (PINHEIRO et al., 2007).

Dessa forma, os currículos com enfoque CTS apresentam como objetivo principal preparar os estudantes para o pleno exercício da cidadania e caracteriza-se por uma abordagem que integra o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social (SANTOS; MORTIMER, 2002). CTS não se refere, portanto, apenas a junção de três letras com conceitos específicos (ciência, tecnologia e sociedade), vai além. Pressupõe uma nova perspectiva sobre esses conceitos. Referem-se às relações recíprocas e abrangem a interação necessária entre esses três eixos, como pode ser visto na figura 1.

Figura 1: O relacionamento entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e o Estudante.



Fonte: Adaptada de Hofstein et al. (1988, p. 358 apud SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p.62).

Complementando Hofstein et al. (1988, p. 358 apud SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p.61), afirma que

[...] CTS, significa o ensino do conteúdo de ciência no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social. Os estudantes tendem a integrar a sua compreensão pessoal do mundo natural (conteúdo da ciência) com o mundo construído pelo homem (tecnologia) e o seu mundo social do dia-a-dia (sociedade). Essas interrelações são sugeridas pela seta da figura 1. As setas contínuas representam o aluno fazendo uso lógico do conteúdo da ciência. As setas pontilhadas representam as conexões feitas pelos materiais de ensino de CTS que fornecem o conteúdo da ciência neste contexto integrativo.

Neste ponto de vista, a perspectiva CTS, aqui proposta, objetiva promover uma educação científica e tecnológica, em que a ciência e a tecnologia são consideradas atividades humanas de grande importância social, embora não determinantes (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2016). Consiste numa forma de entender as relações entre a ciência e os avanços tecnológicos que esta propicia, e as influências que a sociedade faz e sofre junto a essa evolução.

Sendo assim, de modo a evidenciar a importância em (re)conhecer a ciência como resultado de uma elaboração mental, do estabelecimento de relações, da observação de causas e consequências, de reflexão e oposições, e desmistificar estereótipos sobre essa, Pérez et al. (2001) aponta sete visões deformadas da ciência, ainda difundidas em diversos estudos, a saber:

Visão descontextualizada, que reforça uma ciência de caráter socialmente neutro, sem qualquer relação com aspectos sociais, tecnológicos e/ou ambientais, e uma imagem deformada dos cientistas como seres superiores, alheios à necessidade de fazer opções, “acima do bem e do mal”.

Concepção individualista e elitista, aqui os conhecimentos científicos são apresentados como obras de cientistas geniais isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo e restringindo-se a uma pequena minoria, os especialistas. Isso resulta em expectativas negativas à maioria dos estudantes, uma vez que apresenta traços de discriminações de natureza social e sexual (a ciência é colocada como uma atividade eminentemente “masculina”).

Concepção empírico-indutivista e atórica, nesta ressalta-se o papel “neutro” da observação e acredita-se que a experimentação (não influenciada por ideias apriorísticas) é a essência da atividade científica, sem considerar as hipóteses ou teorias como algo que leve à investigação. Isso contribui para uma ideia que apesar de ingênua ainda é socialmente aceita e difundida pelos meios de comunicação em geral tratando as questões científicas como “descobrimto”.

Visão rígida/exata/algorítma/infalível, esta visão caracteriza a ciência como algo exato e objetivo, por esse motivo, o conhecimento é transmitido de maneira pronta e acabada para simples recepção e reprodução, ensino tradicionalista. Em outras palavras apresenta o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente.

Visão aproblemática e a-histórica, esta concepção pode ser caracterizada como dogmática e fechada, uma vez que considera que o conhecimento é uma construção arbitrária, no qual são ignorados os problemas que lhe deram origem e as dificuldades para solucioná-los.

Visão exclusivamente analítica, nesta visão apresenta-se um caráter simplista/limitado da ciência, e esta se apresenta parcializada, destacando a necessidade de divisão dos estudos em partes. O que reforça a desvalorização e mesmo o esquecimento dos processos de unificação como característica fundamental da evolução dos conhecimentos científicos, constituindo um obstáculo na educação científica habitual.

Acumulativa, de crescimento linear, nesta concepção a ciência é tratada como um processo linear, puramente acumulativo, desprezando, assim, as revoluções científicas e tecnológicas, no qual uma nova teoria pode surgir e substituir outra anteriormente aceita. Essa visão deformada é, de certo modo, distinta e complementar à visão rígida. Enquanto a visão rígida ou algorítmica se refere à forma como se dá a realização de uma dada investigação, a visão acumulativa é uma interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos, sem apresentar como eles foram alcançados.

Vale ressaltar que essas visões deformadas não constituem concepções absolutamente autônomas, uma espécie de “sete pecados capitais”, pelo contrário, elas podem estar associadas a um esquema conceitual relativamente integrado. Por exemplo, parece considerável que uma visão individualista e elitista da ciência abrace implicitamente a ideia empirista de “descoberta” e colabora para uma leitura descontextualizada e socialmente neutra da atividade científica, realizada por “gênios”. Do mesmo modo, uma visão rígida, algorítmica e exata da ciência pode fortalecer uma interpretação acumulativa e linear do desenvolvimento científico, não levando em consideração discussões, controvérsias, revoluções científicas (PÉREZ et al., 2001).

Assim, de forma a adquirir uma visão mais oportuna da ciência, levando em consideração essas deformações, sugere-se que os conteúdos a serem trabalhados em sala de aula, envolvam temas de interesse social, relacionando aspectos científicos e tecnológicos, que possibilitem ao estudante o desenvolvimento de sua criticidade e de atitudes responsáveis. Além disso, Santos e Mortimer (2001) propõem a utilização de temas locais, vinculados aos problemas do cotidiano, para tornar a discussão mais próxima dos estudantes. Corroborando, Gonçalves et al. (2016) assegura que o desenvolvimento de temáticas com caráter global e/ou local em sala de aula pode contribuir para desfazer compreensões de ensino ultrapassadas, e temas de natureza local podem colaborar para facilitar a compreensão dos estudantes acerca dos conteúdos em questão, além de estimular o estudante a relacionar os conteúdos que estão ao seu redor com o que acontece no mundo em sua totalidade. Além disso, segundo a BNCC, questões globais e locais com as quais a Ciência e a Tecnologia estão envolvidas, como, por exemplo, a energia nuclear, são preocupações para os brasileiros. Deste modo, a Ciência e a Tecnologia passam a ser vistas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, dos cidadãos e da sociedade, mas também como uma alternativa para novas visões de mundo (BRASIL, 2018).

Ainda sobre a perspectiva de ensino CTS, Santos e Auler (2011) afirmam que, geralmente, as propostas que vem sendo desenvolvidas apontam resultados positivos em termos de evidenciar a relevância social do conhecimento científico estudado, de melhorar a aprendizagem de conceitos, de contribuir para o desenvolvimento nos estudantes da capacidade de tomada de decisão, e ainda de orientar os professores para uma educação voltada para a cidadania. Segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM),

O enfoque CTS pode contribuir para a construção de competências, tais como: atitudes críticas diante de acontecimentos sociais que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos, e tomada de decisões sobre temas relativos à ciência e à tecnologia, veiculada pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica (BRASIL, 2006, p. 63).

Portanto há preocupações com a formação para cidadania, incluindo a capacidade de tomada de decisões, concebendo a ciência como um processo

histórico e social e não-dogmático (SANTOS e SCHENTZLER, 2010; SANTOS e MORTIMER, 2001).

Em vista disso, de modo a obter uma ideia mais precisa sobre o estado atual dos estudos e publicações sobre a perspectiva CTS e perceber a contribuição da investigação para a construção de trabalhos na área de ensino de química, no tópico a seguir, apresentamos uma análise e discussão das produções da Revista Química Nova na Escola (QNEsc), sobre a perspectiva CTS no ensino de radioatividade, no recorte temporal de 2009 à 2019.

1.1.1 Análise e discussão das produções da Revista Química Nova na Escola (QNEsc), sobre a perspectiva CTS no ensino de Radioatividade, no recorte temporal de 2009 à 2019.

Desde o final da década de sessenta, quando começa a emergir o movimento CTS, tem sido defendida a inclusão de abordagens que contemplem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, na estrutura curricular dos cursos de ciências. Entretanto, estudos com enfoque CTS, só ganharam espaço no Brasil na década de 1990, com a produção de dissertações e teses na área (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). A partir deste momento, diversas propostas de investigação foram surgindo com o intuito de se realizar uma abordagem crítica acerca das relações entre ciência, tecnologia e sociedade e, portanto, auxiliar na formação de cidadãos críticos, o que não vinha sendo alcançado com o ensino tradicional.

Em razão disso, a perspectiva CTS no ensino de ciências vem se constituindo como uma linha de pesquisa em programas de ensino de ciências, grupos de pesquisa e eventos renomados da área, como por exemplo, o Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) e o Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC), ambos bianuais. Além disso, como reflexo desse cenário, as produções nos periódicos nacionais e internacionais também vêm revelando a perspectiva CTS como uma tendência na pesquisa e no ensino de ciências de uma forma geral, e as reflexões nessa área vêm aumentando significativamente, por entender que a escola é um espaço propício para que as mudanças comecem a acontecer (PINHEIRO, 2005).

Sendo assim, de modo a perceber a evolução da perspectiva CTS em trabalhos na área de educação, em especial na área de química, e adquirir dados que pudessem fundamentar nossos estudos, foi realizado um levantamento bibliográfico na Revista Química Nova na Escola - QNEsc, no recorte temporal de 2009 à 2019, sobre a perspectiva CTS no ensino de Radioatividade.

A escolha pela Revista QNEsc se deu principalmente por esta, destinar-se não apenas aos pesquisadores da área de ensino de ciências mas também aos professores da educação básica, considerando que nossa proposta de investigação se destina a este nível de ensino. Além disso, a QNEsc é uma revista que se constitui como um espaço aberto ao educador, suscitando debates e reflexões sobre o ensino e a aprendizagem de química, e contribuindo, portanto, para a tarefa fundamental de formar verdadeiros cidadãos. Também se constituíram como critérios importantes, sob nosso ponto de vista, a representatividade e visibilidade da revista na comunidade científica, a facilidade de acesso às publicações, a gratuidade, o fato de trazer pesquisas importantes e atuais, visto que sua periodicidade é trimestral, possuir qualis¹ B1 em ensino e educação e B5 em química, e estar disponível em algumas base de dados nacionais, como por exemplo, o Portal de Periódicos da CAPES, o Portal do Professor MEC, e até mesmo o Google Acadêmico. Além de integrar-se à linha editorial da Sociedade Brasileira de Química, que publica também a revista Química Nova e o Journal of the Brazillian Chemical Society, subsidiando o trabalho, a formação e a atualização da comunidade do ensino de química brasileiro.

Dentre os artigos publicados na QNEsc, de 2009 a 2019, considerando como critério para seleção dos artigos a presença da palavra/sigla “CTS” foram encontrados 30 artigos. Utilizando a palavra “radioatividade” foram encontrados 9 artigos. E considerando o conjunto “CTS, Radioatividade” foi localizado apenas 1 artigo. Entretanto, o artigo em questão, dos autores Paredes, G. G. O. e Guimarães, O. M., intitulado “*Compreensões e Significados sobre o PIBID para a Melhoria da Formação de Professores de Biologia, Física e Química*”, relata as compreensões e os significados sobre o Programa de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) para a

¹Qualis é o conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação, afere a qualidade dos artigos e de outros tipos de produção, a partir da análise da qualidade dos veículos de divulgação, ou seja, periódicos científicos.

melhoria da formação inicial de professores de biologia, física e química em uma Universidade do estado do Paraná, a partir da análise dos objetivos, das ações realizadas no âmbito deste programa no período de 2010 e 2011 e das entrevistas com um professor supervisor de cada um desses subprojetos. Não sendo, portanto, significativo para presente pesquisa, visto que não atende a uma perspectiva de trabalhar o conteúdo de Radioatividade em sala de aula com base na perspectiva CTS, pois apenas cita a sigla CTS, e o nome “radioatividade” só aparece em uma das falas de um professor supervisor de um desses subprojetos “Eu posso não estar usando as tecnologias como os alunos, por exemplo, teve um grupo de alunos que veio e usou [...]. Ele trouxe algumas coisas interessantes, ele fez vídeos sobre *radioatividade*, fez recorte de filmes, documentários e foi explicando. Ficou muito interessante, achei bem jóia a ideia, gostei bastante.”

Assim sendo, percebemos a importância em se realizar um bom levantamento bibliográfico, visto que esse nos permitiu aprofundar o conhecimento sobre o tema investigado e escolhido, fornecer subsídios para delimitação do tema, elaborar hipóteses, identificar/validar nosso objetivo e perceber como o estado atual das publicações na área e onde estão as lacunas.

Diante disso, é nítida a preocupação em se desenvolver trabalhos que propiciem aos estudantes o desenvolvimento de um senso crítico em relação às problemáticas sociais, principalmente no que diz respeito ao conteúdo de radioatividade, visto que é um conteúdo atual, presente no cotidiano dos estudantes (poucos sabem disso ou não se dão conta), arraigado de concepções negativas com relação a sua aplicabilidade e que, por isso, ainda precisa ser explorado. E nem mesmo em uma revista tão renomada quanto a QNEsc há trabalhos que articulem a perspectiva CTS à radioatividade.

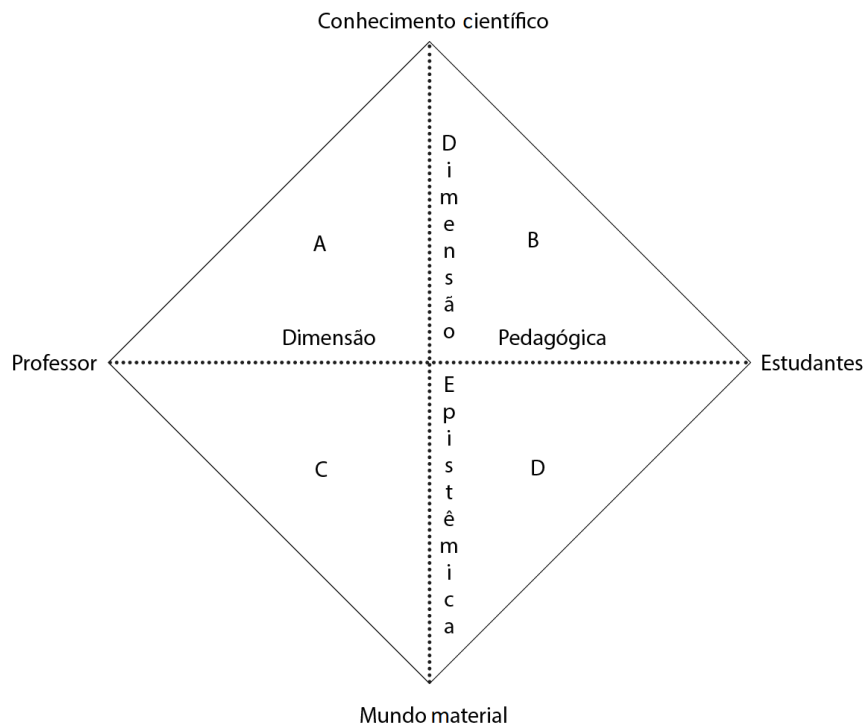
Neste sentido, dialogando com Santos (2007), a introdução de abordagens que contemplem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, se faz cada vez mais necessário, visto que busca ampliar os horizontes, para assim, refletir sobre as problemáticas sociais em sala de aula e discutir questões presentes no contexto social dos estudantes. Deste modo, esta investigação pode colaborar para o desenvolvimento de estratégias didáticas que suscitem nos estudantes o “ser crítico”, uma vez que apresenta como proposta didática a utilização de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem, discutida no item posterior, baseada na perspectiva CTS,

sobre o conteúdo de radioatividade, tendo como tema estruturador “radioatividade: riscos e benefícios”.

1.2. Sequências de Ensino e Aprendizagem com foco em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

Segundo Méheut (2005), as Sequências de Ensino e Aprendizagem (SEA - originalmente *teaching learning sequences - TLS*) consistem em um conjunto de atividades que tem como objetivos: auxiliar os estudantes no processo de compreensão do conhecimento científico; e planejar o ensino de um conteúdo, de modo a maximizar as potencialidades das diversas estratégias didáticas dentro de uma rede interligada de ações. Para isso, Méheut e Psillos (2004), propõe um modelo, *Modelo do Losango Didático* (figura 2), para construção e validação de uma SEA, definindo quatro componentes básicos: o professor, os estudantes, o conhecimento científico e o mundo material (real), interligados a partir de duas dimensões: epistêmica e pedagógica. Na dimensão epistêmica, leva-se em consideração a relação existente entre o mundo real (contextual) e o conhecimento científico (conceitual), considerando nessa relação uma ciência à vista de um mundo holístico, heterogêneo e histórico-social. Em outras palavras, está relacionada aos conteúdos a serem apreendidos, a origem do conhecimento científico e a relação deste com o mundo material. Por esse motivo, a escolha por uma perspectiva de natureza crítica como a CTS, por exemplo, vincula-se à dimensão epistêmica, pois reflete como o professor lida com a contextualização do conhecimento científico. Já na dimensão pedagógica, são pensados aspectos relativos ao papel do professor e do estudante, às relações dialógicas e às interações que se estabelecem entre professor-estudante e estudante-estudante no âmbito da sala de aula.

Figura 2: Modelo do Losango Didático



Fonte: Adaptado de Méheut e Psillos (2004)

No quadrante “a”, em que o eixo epistêmico e o eixo pedagógico apresentam uma relação implícita entre o professor e o conhecimento científico, é relevante uma discussão e compreensão da natureza destas relações, como o professor entende o conhecimento científico. Diversos são os estudos que apontam a fragilidade que os professores ainda demonstram acerca das concepções epistemológicas da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico, o que resulta em um ensino de ciências voltado, basicamente, à apresentação de conhecimentos previamente elaborados, sem significado ou importância para os estudantes (CACHAPUZ et al., 2000; PÉREZ et al., 2001; MALDANER, 2003). Esse fato pode estar associado ao processo de formação do docente, ou até mesmo a visão que possui sobre o que é ciência e a atividade científica. Segundo Carvalho (2013), uma concepção de ciência como algo estático, pode influenciar a prática pedagógica, uma vez que, se o professor não compreende que apresentar opiniões divergentes em sala de aula, por exemplo, é um processo natural do pensamento científico e que a própria ciência se desenvolve dessa maneira, ele acaba por interpretar tal atividade como agitação ou indisciplina ao invés de produtiva para a aprendizagem científica dos estudantes.

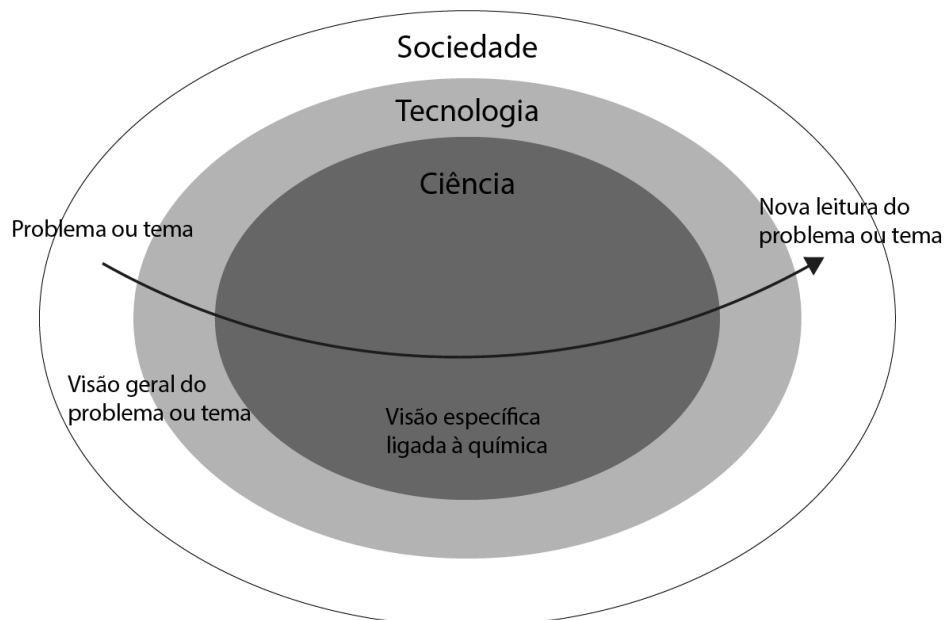
No quadrante “b”, os eixos epistêmico e pedagógico mostram a relação implícita entre o conhecimento científico e o estudante. Neste caso, podemos discutir a importância dos conhecimentos prévios, das concepções alternativas, e suas possíveis causas e consequências no processo de aprendizagem dos conceitos científicos. Normalmente nas escolas tradicionais, as concepções dos estudantes, sejam elas prévias ou alternativas, não são consideradas, o que acarreta um distanciamento entre o que o estudante sabe e o conhecimento científico. Esse fato acontece porque, muitas vezes, os professores alegam que os conhecimentos prévios são resistentes aos novos conhecimentos. Entretanto, Mortimer (1996) vem trazer que quando as concepções prévias dos estudantes avançam, os novos conhecimentos também se somam à estrutura cognitiva do estudante, não há um abandono ou a extinção dessas concepções, elas podem permanecer e conviver com os conhecimentos científicos. Complementando, Perrenoud (2000) afirma que aproveitar no processo de ensino, os conhecimentos prévios que os estudantes possuem pode ser um importante subsídio quando se pretende iniciar o estudo de um conteúdo, uma vez que leva os estudantes de um grau menor (senso comum) para um grau maior (científico) do conhecimento.

Ainda olhando para figura 2, no quadrante “c”, no qual os eixos pedagógico e epistêmico mostram a relação implícita entre o professor e o mundo material, cabe uma discussão sobre a confusão que se tem acerca do que é cotidiano e contextualização. Normalmente esses termos são confundidos pelo professor que se limita a trazer exemplos de materiais de uso diário ou ainda apresentar citações de fatos ou processos, e chamar isso de “ensino contextualizado”. De acordo com Wartha, Silva e Bejarano (2013), um ensino de ciências com enfoque conceitual, que apenas “pincela” aspectos do cotidiano dos estudantes com o intuito de disfarçar a abstração excessiva de um ensino puramente conceitual, deixa à margem os reais problemas sociais. Ou seja, utilizar fatos e conteúdos relacionados com o cotidiano é uma das maneiras que tornam a química uma ciência mais atrativa e necessária, entretanto não basta mencionar é preciso compreender os conceitos envolvidos e desenvolver a capacidade de tomar decisões. Neste sentido, Lutfi (1988 apud WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013), afirma que não implica em desconsiderar os conteúdos específicos da ciência, as teorias e as concepções científicas, é importante que haja um equilíbrio ao se pensar em contextualização no ensino de

ciências, pois trazer para sala de aula diferentes contextos é importante, mas se não forem relacionados aos conceitos científicos se tornarão sem sentido.

Como forma de tentar estabelecer relações mais próximas entre contexto e conceito, Silva e Marcondes (2015), embasados nos estudos e no modelo criado por Aikenhead (1990 apud SANTOS; SCHNETZLER, 2010), apresentam um novo modelo (Figura 3) capaz de orientar professores no planejamento de suas aulas e/ou no desenvolvimento de materiais didáticos contextualizados, com vistas à discussão de questões envolvendo os três eixos: Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). De acordo com esse modelo, a situação de estudo deve partir de problemáticas sociais relacionadas a conhecimentos tecnológicos e científicos. Sendo assim, o conhecimento científico é definido em função do tema e da tecnologia. Depois de compreendidos os conhecimentos científicos, retorna-se à tecnologia e ao final, retoma-se a questão social. Esse estudo sistemático, segundo Aikenhead (1990 apud SANTOS; SCHNETZLER, 2010), permite a tomada de decisão sobre a questão social.

Figura 3: Modelo para planejamento e desenvolvimento de materiais didáticos pautados na perspectiva CTS.



Fonte: Silva e Marcondes (2015).

De forma mais explícita, no início, dispõe-se de uma problemática/tema, que normalmente é apresentada através de um questionamento, que podem ser trazidos pelo professor, ou desenvolvidos junto aos estudantes. Posteriormente, apresenta-se uma atividade capaz de explorar uma visão geral desse tema/problema, que pode se dar por meio de vídeos, imagens e notícias, carregadas de informações técnicas e termos científicos. Em seguida, é visto de forma mais específica o conhecimento científico, neste caso, a química, através de uma abordagem conceitual com vistas a responder os questionamentos apresentados e relacionar as ideias dos estudantes com os conhecimentos científicos. Por fim, após todas essas etapas, apresenta-se uma última, uma nova leitura do problema, aquela em que devem ser apresentadas novas situações para que os estudantes possam mobilizar os conhecimentos adquiridos em novas interpretações, promova tomadas de decisões.

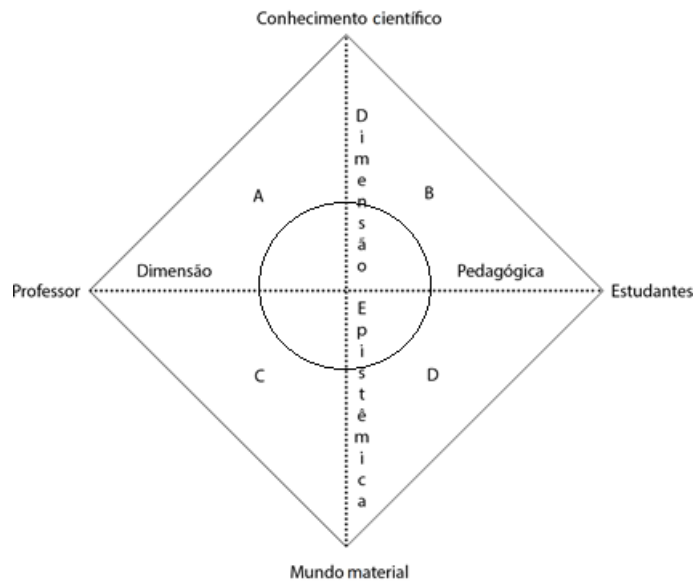
No quadrante “d”, no qual o eixo pedagógico e o eixo epistêmico mostram implicitamente a relação entre o estudante e o mundo material, é possível realizar, assim como na relação implícita professor-mundo material, uma discussão sobre as ideias prévias, os saberes populares, conhecimentos cotidianos de estudantes e suas relações com o conhecimento científico. Neste caso, é importante ressaltar que muito antes de aprender Ciências, o estudante vive e se relaciona com o mundo material onde está imerso. Sendo assim, o conhecimento científico, embora importante, é outra perspectiva de saber, não melhor ou pior que os conhecimentos prévios, mas uma outra forma de relação com o mundo material. Outra vez, reforça-se aqui a ideia da aproximação Contexto-Conceito, conforme os estudos CTS objetivam, pois considerar a problematização das concepções prévias dos estudantes contribui para que o ensino em sala de aula se aproxime cada vez mais do contexto social dos estudantes. Segundo Florentino (2008), as ideias prévias dos estudantes nada mais são do que conhecimentos construídos em meio a sua vivência social, são concepções provenientes da leitura inicial que o indivíduo faz do contexto social, local e global e, que quase sempre, escolhe responder os problemas do cotidiano.

Esse detalhamento sobre o modelo de losango didático permitiu perceber uma série de possibilidades e perspectivas apontadas no âmbito do ensino de ciências, em particular, no ensino de química, que podem auxiliar o professor sobre o

processo de ensino e aprendizagem em sala de aula. Sendo assim, ao elaborar uma SEA pautada na perspectiva CTS, tomamos como referência os quatro componentes propostos por Méheut (2005), assim como as suas dimensões, e propusemos atividades que possibilitassem a construção de significados para os conceitos científicos e interações discursivas mais significativas entre estudante-estudante e professor-estudante, articulando esses conceitos científicos a contextos tecnológicos e sociais. A escolha por esse tipo de abordagem/perspectiva justifica-se por almejar uma aprendizagem científica ampla, que envolva questões científicas, tecnológicas, éticas, sociais, políticas, etc. Com relação à dimensão epistêmica, na SEA considerou-se a proposição de atividades que possibilitassem a construção de significados, pelos estudantes, para os conceitos químicos abordados a partir de uma perspectiva CTS para o ensino. Para a dimensão pedagógica optamos pelo uso de atividades que promovessem interações discursivas mais significativas visto que, segundo Machado (1999), ao interagir com o outro, o indivíduo se constitui e disso decorre a elaboração conceitual.

Silva e Wartha (2018), ancorados nos estudos de Méheut e Psillos (2004) e Méheut (2005), propõe uma adaptação para o *Modelo do Losango Didático*, a inserção de uma circunferência no centro do losango, no ponto em que os dois eixos (epistêmico e pedagógico) se cruzam. Os autores afirmam que a circunferência foi colocada com o intuito de estabelecer um possível equilíbrio em sala de aula, entre os quatro elementos (conhecimento científico, professor, mundo material e estudantes). Em outras palavras, a circunferência consiste em uma zona de aproximação em que as relações implícitas, nos quatro quadrantes, entre as dimensões epistêmicas e pedagógicas são mais favorecidas, pois permitem que questões já mencionadas anteriormente, como a natureza do conhecimento científico, as concepções prévias, a confusão entre cotidiano e contextualização, sejam trazidas para o processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido, os autores reforçam que isso só será possível quando as relações entre os eixos, representadas nos quatro quadrantes, se deslocarem mais para o centro ou próximo da intersecção entre os dois eixos, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4: Aproximação das relações epistêmicas e pedagógicas nos processos de ensino e de aprendizagem



Fonte: Adaptado de Méheut e Psillos (2004) e de Méheut (2005 apud SILVA; WARTHA, 2018).

1.3. Ensino de radioatividade

Ensinar química nunca foi uma tarefa fácil, principalmente considerando que a química na condição de ciência exata apresenta uma simbologia própria e singular, e é composta por numerosas teorias, com definições, resoluções de fórmulas e problemas. Todos esses fatores acabam por suscitar nos estudantes, um repúdio pela disciplina, não encontrando interesse e/ou motivação e não percebendo, portanto, significado e aplicabilidade no que estão estudando (PONTES et al., 2008).

Mortimer (1996, p.24) de uma maneira mais geral traz que “aprender ciências envolve a iniciação dos estudantes em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo natural”. Logo, estabelecer relações entre o conhecimento científico e aspectos do cotidiano não é suficiente, faz-se necessário, ainda, que os estudantes reformulem sua maneira de pensar para que assim possam compreender a química como ciência presente no meio deles. Complementando Santos e Schnetzler (2010) afirmam, mais especificamente, que a função do ensino de química é desenvolver a capacidade de tomada de decisão no estudante, para isso é necessário uma vinculação do conteúdo trabalhado com o contexto social em que o estudante está inserido. Além disso, o professor deve colocar-se como gerador de situações

estimuladoras de aprendizagem, que promovam a socialização e a motivação dos estudantes.

Neste sentido, a inserção de metodologias que prezem pela formação crítica dos estudantes é necessária, porém sem deixar a desejar a abordagem dos conceitos científicos, essenciais para a compreensão dos fenômenos químicos. Deve-se, portanto, haver um equilíbrio entre as relações que o conteúdo possui com os fatos observados e os conceitos e teorias, para que o ensino não se torne “vazio” e sem sentido, mas mais significativo e motivador, de modo a despertar a curiosidade nos estudantes.

Com referência à radioatividade, é quase que inevitável a triste associação apenas aos aspectos negativos, devido à dimensão dos acidentes nucleares e das bombas atômicas. O que é reforçado pelo sensacionalismo da mídia, que circula várias notícias envolvendo acidentes, destruição de cidades e caos, e exibe filmes de ficção em que a radiação e/ou radioatividade são fenômenos responsáveis pelos mais estranhos monstros mutantes (AQUINO, CHIARO, 2013; CORTEZ, 2014). Como resultado desta divulgação, os estudantes acabam por vincular radioatividade a perigo, a algo distante do contexto em que vivem, não percebendo, portanto, benefícios.

Mesmo sendo tão presente nos dias atuais, a história das radiações iniciou em 1895 com a descoberta dos raios-X por Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), professor da Universidade de Würzburg na Alemanha. Nessa época, o mesmo estudava descargas elétricas em um tubo de vidro, chamado tubo de Crookes (tubo de Lenard ou tubo de raios catódicos), a uma pressão extremamente baixa. O tubo continha dois eletrodos metálicos aos quais se aplicava uma diferença de potencial que acelerava elétrons emitidos pelo cátodo para o ânodo. No dia 8 de novembro de 1895, Roentgen observou que uma placa de vidro pintada com um material fluorescente (platinocianeto de bário) se tornava luminescente quando nesse tubo de raios catódicos era aplicada uma diferença de potencial de algumas dezenas de quilovolts entre os eletrodos, embora o tubo estivesse envolto em papel opaco. Esse experimento levou Roentgen a elaborar várias hipóteses e descobrir que os responsáveis pela luminescência na placa não eram os raios catódicos, feixe de elétrons, pois se sabia que esses raios não atravessavam o vidro nem outros corpos (exceto folhas metálicas muito finas). Até o ar absorvia muito fortemente os raios

catódicos, exterminando-os após atravessarem apenas alguns centímetros de distância. Sendo assim, como não eram visíveis, não tornavam o ar luminoso, excitavam a luminosidade de um material fluorescente e, como Roentgen observou depois, eram capazes de sensibilizar chapas fotográficas, como se fosse luz, de atravessar madeira, um livro de mil páginas e placas metálicas, essa radiação foi alcunhada por Roentgen de “raios X”, por questão de brevidade, era algo totalmente novo. Essa descoberta lhe garantiu o prêmio Nobel de Física em 1901 (TOLEDO, 1941; OKUNO, 2018).

Em 20 de janeiro de 1896, Antoine Henri Becquerel (1852-1908) professor de Física da Escola Politécnica de Paris, em uma sessão na Academia de Ciências de Paris, soube por Henry Poincaré (1854-1912) da descoberta de Roentgen, ou seja, da emissão de radiação altamente penetrante pela parede fosforescente de um tubo de raios catódicos (Alissy, 1996). Como seu pai e avó haviam trabalhado com materiais fosforescentes, Becquerel decidiu verificar se os seus materiais apresentavam alguma propriedade que pudesse ser correlacionada com a descoberta de Rontgen, e encontrou depois de trinta e cinco dias manchas escuras em um filme fotográfico embrulhado com papel preto e colocado sobre um sal de urânio, fosforescente, exposto ao sol durante poucas horas. Ele atribuiu essas manchas a absorção de luz solar de uma dada cor seguida da emissão de luz de outra cor, de menor energia, fenômeno conhecido como fluorescência. Neste caso, a emissão de luz acontece quase que imediatamente após a excitação (TOLEDO, 1941; TONETTO, 2010; OKUNO, 2018).

Assim, sendo, Becquerel continuou fazendo experimentos até detectar que a sensibilização das chapas era um fenômeno espontâneo, novo, e que a emissão de radiação penetrante capaz de atravessar folhas metálicas dependia exclusivamente do urânio e não da exposição a luz, fonte de excitação. Sendo assim, observou que os raios emitidos pelo urânio eram muito similares aos raios x, pois produziam descargas de corpos eletrificados (TOLEDO, 1941; OKUNO, 2018).

Em fins de 1897, Marie Curie iniciou sua tese de doutorado estudando o tema “os raios de Becquerel” e começou, portanto, a se inquietar e achar, junto ao seu esposo Pierre Curie, que esse fenômeno não era exclusivo do urânio, devendo existir outros materiais com essa mesma propriedade. De fato, posteriormente descobriram o Tório, o Polônio e o Rádio. O que fez o casal, juntamente com

Becquerel, ganhar o premio Nobel de Física em 1903 pela descoberta da emissão espontânea da radiação e pelas pesquisas do fenômeno da radioatividade, descoberto por Becquerel (TONETTO, 2010; OKUNO, 2018).

Por volta de 1898, Ernest Rutherford, um jovem cientista neozelandês, em Montreal no Canadá, se empenhou também em desvendar a natureza dos “raios de Becquerel”. Após um ano reportou a existência dos raios alfa e beta na radiação emitida pelo urânio, sendo um deles facilmente absorvido (alfa) e outro bem mais penetrante (beta), ambos desviados por um campo magnético em direções opostas. Um ano depois, Paul Villard descobriu um terceiro tipo de radiação emitida pelo urânio, a qual chamou de radiação gama, ao contrário das duas anteriores, essa não sofria deflexão em campo magnético (OKUNO, 2018).

Posteriormente, em 1902, Rutherford e Frederick Soddy, analisando compostos de tório observaram que a maior parte das atividades registradas ocorria devido a um constituinte ativo, denominado tório X. Após observar repentinamente o comportamento da atividade das amostras de tório e tório X, identificaram que à medida que o tório X decaia, recuperava sua atividade. A partir de sucessivas análises químicas dessa amostra de tório indicaram a ocorrência de uma produção contínua de tório X, o que implicava a recuperação gradual da atividade do tório. Concluíram então que tório X não era uma impureza que acompanhava naturalmente o tório, mas que tório X era produzido pelo tório da mesma forma que a emanção era produzida pelo tório X, a qual, posteriormente, foi identificada como sendo um novo gás nobre: o radônio. Sendo assim, Rutherford e Soddy explicaram que a radioatividade é um fenômeno que envolve a mudança de um elemento químico em outro, causada pela emissão de partículas carregadas (alfa ou Beta), isto é a teoria da desintegração radioativa, ou da transmutação elementar (TONETTO, 2010; OKUNO, 2018).

Vale salientar que nem os raios X e nem os gama quando incididos sobre algo não os tornam radioativos. Entretanto se ingerir ou inalar pode ser danoso ela foi contaminada internamente e se tiver radionuclídeos² na superfície do corpo que foi contaminada externamente e ela própria se torna uma espécie de fonte radioativa. Todas as pessoas contaminadas são também irradiadas, uma vez que estão com átomos radioativos dentro ou fora do corpo. Por exemplo, o leite

²Isótopo instável de um elemento que decai ou transmuta espontaneamente, emitindo radiação ionizante (Conselho Nacional de Energia Nuclear - CNEN. Disponível em: <<http://www.cnem.gov.br/>>).

produzido pelas vacas após o acidente de Chernobyl estava contaminado, pois em uma reação em cadeia as vacas comeram capim contaminado com Césio 137 e Iodo 131 trazidos pelas nuvens e chuva. O mesmo no acidente de Goiânia em que a contaminação de locais e pessoas se deu mediante manipulação do material contaminante e contato físico. Porém nem todas as pessoas irradiadas são contaminadas, ou seja, elas podem não estar contaminadas apesar de estarem expostas a radiação emitida por átomos radioativos de uma pessoa, animal ou objeto, ou local dependendo da proximidade. Por exemplo, alimentos são irradiados para fins de esterilização, mas não estão contaminados por isso (OKUNO, 2018).

Pesquisas tem revelado que as dificuldades encontradas no ensino de radioatividade estão associadas principalmente a abstração desse conteúdo, que compreende desde a atomística, evolução dos modelos atômicos (energia e partículas subatômicas), até a física nuclear, transformações como fissão, fusão e decaimento radioativo (TEKIN e NAKIBOGLU, 2006; SILVA, 2009; PELICHO, 2009). Por esse motivo, Martins (2010) afirma que se trata de um conteúdo difícil de ser ensinado com aulas práticas em laboratório. Além disso, devido ao conhecimento de senso comum, os estudantes costumam confundir irradiação com contaminação radioativa, que objetos irradiados tornam-se fontes de radiação e que a radiação causa mutação e é em todos os casos prejudicial ao homem. Conflitando com o que propõe os PCNEM, que preza pela formação de estudantes capazes de avaliar os benefícios ou os riscos a que estão expostos, entender as técnicas disponíveis para diagnósticos médicos e acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados ao emprego da energia nuclear (BRASIL, 2002).

De acordo com Russell (2000), as três emissões radioativas (partícula alfa, partícula beta e radiação gama) emitidas pelo núcleo atômico, que provocam mudanças na sua composição ou estrutura são explicadas a luz da radioatividade. Logo, compreender como ocorrem estes processos de emissão de radiações e como ocorre o decaimento radioativo é essencial para analisar os efeitos que a radioatividade causa nos inúmeros processos onde é utilizada.

Sendo assim, propõe-se com a aplicação da SEA, aqui apresentada, pautada na perspectiva CTS amenizar essas dificuldades e/ou lacunas no ensino desse conteúdo, buscando relacionar o conceito químico de radioatividade com os aspectos sociais e tecnológicos, para que assim os estudantes não precisem

memorizar uma definição, mas consigam ver sentido naquilo que está sendo estudado.

Neste ponto de vista, abordar a radioatividade com o enfoque CTS possibilita uma aproximação do conceito estudado com o contexto social dos estudantes, promovendo um ensino mais significativo e fazendo com que os estudantes compreendam a sua presença também nos 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.

Deste modo, a visão de que a radioatividade causa apenas mortes e destruição pode ser repensada e avaliada de maneira diferente, por isso o professor deve abordar em suas aulas a discussão sobre os acidentes nucleares e seus aspectos históricos, mas estar atento para que os estudantes não continuem tendo apenas esta visão negativa da radioatividade, e entendam que o conhecimento científico pode trazer benefícios e malefícios a sociedade dependendo do modo como é utilizado.

Dessa maneira, diante do cenário atual, se faz cada vez mais necessário promover uma educação onde os estudantes não sejam estimulados a apenas decorar um conceito, mas sim refletir sobre o que está sendo ensinado e possuir condições de formular seus próprios pensamentos e reflexões acerca de determinado conteúdo.

Pinheiro, Bazzo e Silveira (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”. Assim, trabalhar a radioatividade com foco na interação social, nos aspectos da ciência e da tecnologia, pode proporcionar ao estudante uma aprendizagem mais concreta e ajudar na desmistificação do tema em questão, para que assim, a radiação não seja mais compreendida, só, como algo prejudicial, mas que pode ser utilizada oportunamente, e que são fenômenos também naturais aos quais estamos expostos diariamente.

CAPÍTULO 2. METODOLOGIA

Esta pesquisa busca por meio do desenvolvimento de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem planejada a partir da perspectiva CTS para o ensino, analisar como sua implementação no contexto da sala de aula pode contribuir para compreensão do conceito de radioatividade e a relação deste com a ciência, a tecnologia e os aspectos sociais.

É um estudo de natureza qualitativa visto que, segundo Godoy (1995), envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo.

Além disso, segundo Oliveira (2003), é uma tentativa de se explicar em profundidade o significado e características dos dados obtidos sem mensuração quantitativa de características ou comportamento. Não se preocupa com a quantidade de dados, mas sim, “com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.32).

Corroborando, Moreira (2011) afirma que, diferentemente do pesquisador quantitativo, que busca descobrir uma realidade com existência própria em que ele ou ela esteja o mais distante possível, o pesquisador qualitativo procura um entendimento interpretativo de uma realidade socialmente construída, na qual ele está inserido.

Minayo (2010) ainda destaca que na pesquisa qualitativa o pesquisador deve reconhecer a complexidade do objeto de estudo, utilizar técnicas de coleta de dados adequadas, estabelecer teorias que subsidiem a temática em questão e, por fim, analisar todos os dados obtidos, detalhadamente e de forma contextualizada.

Dentre as várias formas que pode assumir uma pesquisa qualitativa, esta se apresenta como pesquisa participante, uma vez que segundo Severino (2007):

A pesquisa participante é aquela em que o pesquisador, para realizar a observação dos fenômenos, compartilha a vivência dos sujeitos pesquisados, participando, de forma sistemática e permanente, ao longo do tempo da pesquisa, das suas atividades. O pesquisador coloca-se numa postura de identificação com os pesquisados. Passa a interagir com eles em

todas as situações, acompanhando todas as ações praticadas pelos sujeitos (SEVERINO, 2007, p.120).

Nesse sentido, consideramos a pesquisa participante ser a mais adequada para este estudo, pois no contexto dessas perspectivas progressistas para o ensino de Química, essa investigação pode colaborar para o desenvolvimento de estratégias didáticas que propicie aos estudantes o desenvolvimento de um senso crítico em relação às problemáticas sociais.

Além disso, Minayo (2002) aponta que a observação participante é uma das técnicas mais utilizadas nas pesquisas qualitativas, por envolver o observador e os observados no contexto de pesquisa, e, ao mesmo tempo em que investiga, é capaz de modificar o objeto pesquisado e/ou ser modificado por ele.

2.1. Contexto e Atores Sociais de Pesquisa

Considerando o objetivo principal a que se propõe esta investigação serão atores sociais da pesquisa: 24 estudantes de uma turma inclusiva, do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede privada de ensino, localizada na Região Metropolitana do Recife. Com relação ao perfil da turma, eram estudantes de classe comum e estudantes com deficiências motoras e psíquicas, envolvendo surdez, autismo, TDA, TDAH e Síndrome de Irlen. Vale ressaltar que havia intérprete em sala, entretanto não esteve presente em todas as aulas, o que acabou comprometendo um pouco a interação com os estudantes surdos.

A escolha por esses atores sociais foi motivada mediante meu ingresso como professora de química da instituição, especificamente, dessa única turma de terceiro ano. O primeiro contato com a sala de aula inclusiva foi desafiador e, ao mesmo tempo, gratificante. Desafiador, devido a não formação profissional específica para lidar com estudantes com deficiência; e gratificante, pois me permitiu olhar para as competências desses estudantes, e não só para suas limitações. Ao me deparar com essa realidade, houve uma inquietação, algo me impulsionou a um repensar minha prática pedagógica e planejamento, de modo a criar condições favoráveis que pudessem atender a heterogeneidade da sala, abordando os conteúdos de forma mais flexível e significativa, e promovendo diversificadas formas de participação

desses estudantes nas atividades e na recepção dos seus mais variados modos de expressão.

A motivação para escolha do conteúdo “Radioatividade” partiu do pressuposto de que além de fazer parte dos currículos do ensino médio de Química, é um tema atual, ainda pouco explorado e recomendado pelas OCEM (BRASIL, 2006). Segundo este documento oficial, o estudo da radioatividade deve envolver a compreensão das transformações nucleares que dão origem aos fenômenos radioativos, sendo importante que o estudante reconheça sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos, para que assim possa compreender essas interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares (BRASIL, 2002). Tekin e Nakiboglu (2006) apontam ainda a necessidade em estudar a “Ciência Nuclear”, pois os estudos advindos dessa Ciência contribuíram significativamente para o entendimento da natureza da matéria e, conseqüentemente, trouxe benefícios para diversas áreas como medicina, arqueologia, indústria e agricultura. Outro fator para seleção do conteúdo químico em questão refere-se ao fato de ser um conteúdo de difícil compreensão devido ao grau de abstração necessário, visto que se trata de um fenômeno que ocorre a nível sub-microscópico (PELICHIO, 2009). Além disso, Tekin e Nakiboglu (2006) e Pinto e Marques (2010), trazem que, apesar de presente no nosso cotidiano, a Radioatividade é um conteúdo pouco abordado em sala de aula e, quando trabalhado, muitas vezes é visto de forma superficial ou equivocada. Isso porque os densos currículos e as poucas aulas destinadas à Química requerem do professor uma seleção de conteúdos e, normalmente, a radioatividade fica para os últimos meses do ano letivo, dispondo de pouco tempo para a discussão necessária, e conseqüentemente, para sua compreensão pelos estudantes. Algumas outras razões se devem a: decisões curriculares, nas quais o conteúdo é considerado sem importância para os estudantes; os autores de livros didáticos apresentarem o conteúdo de radioatividade nos últimos capítulos do livro de Química; e à lacuna presente na formação dos professores sobre esse conteúdo.

A escolha pela escola-campo, por sua vez, se deu pelo fato de ser meu ambiente de trabalho e por ser uma instituição que preza por uma metodologia de ensino diferenciada. Que se identifica com a concepção sociointeracionista construtivista de ensino do psicólogo Lev S. Vygotsky, o qual reafirma que o

desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem é dado pelas mediações, entre os professores e os estudantes, conduzidos tanto pelo processo como pelos envolvidos. Além disso, por meio do Sociointeracionismo os conceitos são construídos, em essência, de forma mais significativa, contextualizada e atrelados diretamente ao ambiente em que os indivíduos estão inseridos. Neste contexto, o professor se constitui como par avançado e passa a ser mediador do processo de ensino e aprendizagem, e não mais detentor do saber, proporcionando atividades significativas e criando condições para que os estudantes desenvolvam um senso crítico frente às problemáticas sociais (VYGOTSKY, 2010).

2.2. Percurso Metodológico

A pesquisa aqui apresentada compreendeu três fases ou etapas distintas e complementares: Fase Exploratória, Etapa de Elaboração da Sequência de Ensino e Aprendizagem e, por fim, a Aplicação da Sequência de Ensino e Aprendizagem.

2.2.1. Fase exploratória: Constituiu-se de uma fase preliminar da pesquisa que teve a finalidade de proporcionar mais informações sobre o tema investigado, delimitação dos propósitos e objetivos de pesquisa, entre outras questões. Através dessa etapa foi possível compreender o tema sob diversos ângulos e aspectos, visto que envolveu, de forma muito específica: o levantamento bibliográfico, e a análise, a partir desse levantamento e de outras leituras, de exemplos de propostas que estimularam a compreensão sobre o problema investigado. Mais especificamente, essa primeira fase compreendeu uma revisão bibliográfica de artigos científicos publicados na revista Química Nova na Escola - QNEsc sobre a perspectiva CTS e o conteúdo de radioatividade, no recorte temporal de 2009 à 2019.

2.2.2. Elaboração da Sequência de Ensino e Aprendizagem: Na segunda etapa, a partir dessa revisão bibliográfica, foram tecidas algumas considerações e elaborada uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) pautada na perspectiva CTS, sobre o conteúdo de radioatividade, tendo como tema estruturador “radioatividade: riscos e benefícios” e produzidos uma série de materiais instrucionais, com a finalidade de oferecer aos estudantes noções, técnicas e instrumentos que desenvolvam suas capacidades de expressão oral e escrita em diversas situações de comunicação (DOLZ; SCHNEUWLY, 2004). Além de

considerar os quatro componentes básicos estabelecidos por Méheut (2005) na estruturação de uma SEA: professor, estudantes, mundo real e conhecimento científico, e na sua proposição, as duas dimensões: epistêmica e pedagógica.

O quadro 1 mostra os aspectos utilizados para tal elaboração, sinalizando as atividades desenvolvidas, os objetos do conhecimento, e os objetivos propostos para cada uma das atividades planejadas. Está se deu em 8 aulas, de 45 minutos cada, as quais estão descritas de forma mais explícitas posterior ao quadro.

Quadro 1 — Sistematização da SEA

<i>ATIVIDADES</i>	<i>OBJETOS DO CONHECIMENTO</i>	<i>OBJETIVOS</i>
<p>Aulas 1 e 2</p> <p>(Avaliação diagnóstica)</p> <p>Sequência Didática Interativa</p> <p>Problematizações:</p> <p>“Esquentar comida no microondas provoca câncer?”</p> <p>Notícia 1: “Microondas: é seguro para a saúde? Como utilizar corretamente?”³</p> <p>“Quebrei o braço e precisei tirar três Raio-X, vou morrer mais rápido por causa disso?”</p> <p>Notícia 2: “Crianças: exposição à radiação de raio-X ou tomografia computadorizada deve preocupar os pais?”⁴</p> <p>“O celular tem radiação?”</p> <p>Notícia 3: “Quão perigosa é a radiação de celulares e como</p>	<p>Conceito de Radioatividade</p>	<p>Identificar as concepções dos estudantes sobre radioatividade e sua relação com os aspectos científicos, tecnológicos e sociais.</p>

³ Disponível em <<https://www.tuasaude.com/micro-ondas-e-a-saude/>> Acesso em jun. 2019.

⁴ Disponível em <<https://www.clickguarulhos.com.br/2016/08/07/criancas-exposicao-a-radiacao-de-raio-x-ou-tomografia-computadorizada-deve-preocupar-os-pais/>> Acesso em jun. 2019.

<p>você pode se proteger”⁵</p> <p>A batata Ruffles tem radiação?</p> <p>Notícia 4: “Irradiação de alimentos é tema antigo, mas ainda controverso”⁶</p>		
<p>Aula 3 e 4</p> <p>Aula expositiva dialogada mediante exibição dos vídeos:</p> <p>“Acidente radioativo de Goiânia - Césio 137”</p> <p>Trailer da minissérie “Chernobyl”</p>	<p>Radioatividade X Radiação</p> <p>Irradiação X Contaminação</p> <p>Fissão e Fusão Nuclear</p>	<p>Diferenciar os conceitos de Radiação, Radioatividade, Irradiação e Contaminação, e discutir os danos causados pela má utilização dos elementos radioativos.</p>
<p>Aula 5 e 6</p> <p>Aula mediante pesquisa guiada sobre o funcionamento de uma usina nuclear e os resíduos gerados;</p> <p>Júri Simulado com o tema:</p> <p>“Geração de Energia x Lixo Nuclear”</p> <p>Exibição do vídeo “Energia Nuclear em 2 minutos”</p>	<p>Fissão e Fusão Nuclear</p> <p>Energia Nuclear</p> <p>Rejeitos Radioativos</p> <p>Decaimento Radioativo</p>	<p>Entender como funciona uma usina nuclear, onde está e como é empregada a tecnologia no processo.</p> <p>Refletir para onde vai todo rejeito descartado, visto que é uma indústria altamente tecnológica.</p>
<p>Aula 7 e 8</p> <p>Culminância final: Produção de desenhos que representem “o que é a radioatividade?”.</p> <p>Socialização e discussão dos desenhos.</p>	<p>Radioatividade e todos os conceitos que a envolvem.</p>	<p>Observar a influência da SEA no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes, o que realmente foi incorporado e o que ainda precisa ser melhorado.</p>

Fonte: Própria.

De forma mais detalhada:

Aulas 1 e 2

As aulas 1 e 2 compreenderam a etapa de avaliação diagnóstica, cujo objetivo principal era identificar as concepções dos estudantes sobre radioatividade e se os mesmos conseguem estabelecer alguma relação deste com a Ciência, a

⁵ Disponível em <<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2016/11/quao-perigosa-e-a-radiacao-de-celulares-e-como-voce-pode-se-proteger.html>> Acesso em jun. 2019.

⁶ Disponível em <http://www.labjor.unicamp.br/midiaciencia/article.php3?id_article=244> Acesso em jun. 2019.

Tecnologia e as problemáticas sociais. Esse momento contou, mais precisamente, com desenvolvimento de uma Sequência Didática Interativa (SDI), que segundo Oliveira (2013) consiste em

[...] um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades conectadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo de ensino e aprendizagem (OLIVEIRA, 2013).

Em outras palavras, pode ser considerada uma ferramenta metodológica em que são organizadas, pelo docente/pesquisador, uma sequência de atividades que permitam o estudante aprofundar e/ou construir um determinado conceito científico. É um processo que envolve interação dos atores sociais participantes, sempre valorizando as concepções individuais dos integrantes do grupo sobre a temática estudada. Vale salientar que a SDI pode ser implementada nas mais diversas estratégias de ensino, motivo pelo qual esta foi escolhida para esse momento inicial.

Com relação à estruturação, a SDI se desenvolveu em torno do questionamento “O que é Radioatividade?”, e seguiu os passos orientados por Oliveira (2013):

Etapa I - Inicialmente, entregamos para cada estudante um papel e solicitamos que eles respondessem o questionamento apresentado;

Etapa II - Em seguida, separamos a turma em quatro grupos, e pedimos que os mesmos dialogassem sobre as respostas individuais e, ao final, construíssem uma síntese (síntese A). Nesta etapa, orientamos que as sínteses buscassem contemplar as respostas individuais dos integrantes do grupo.

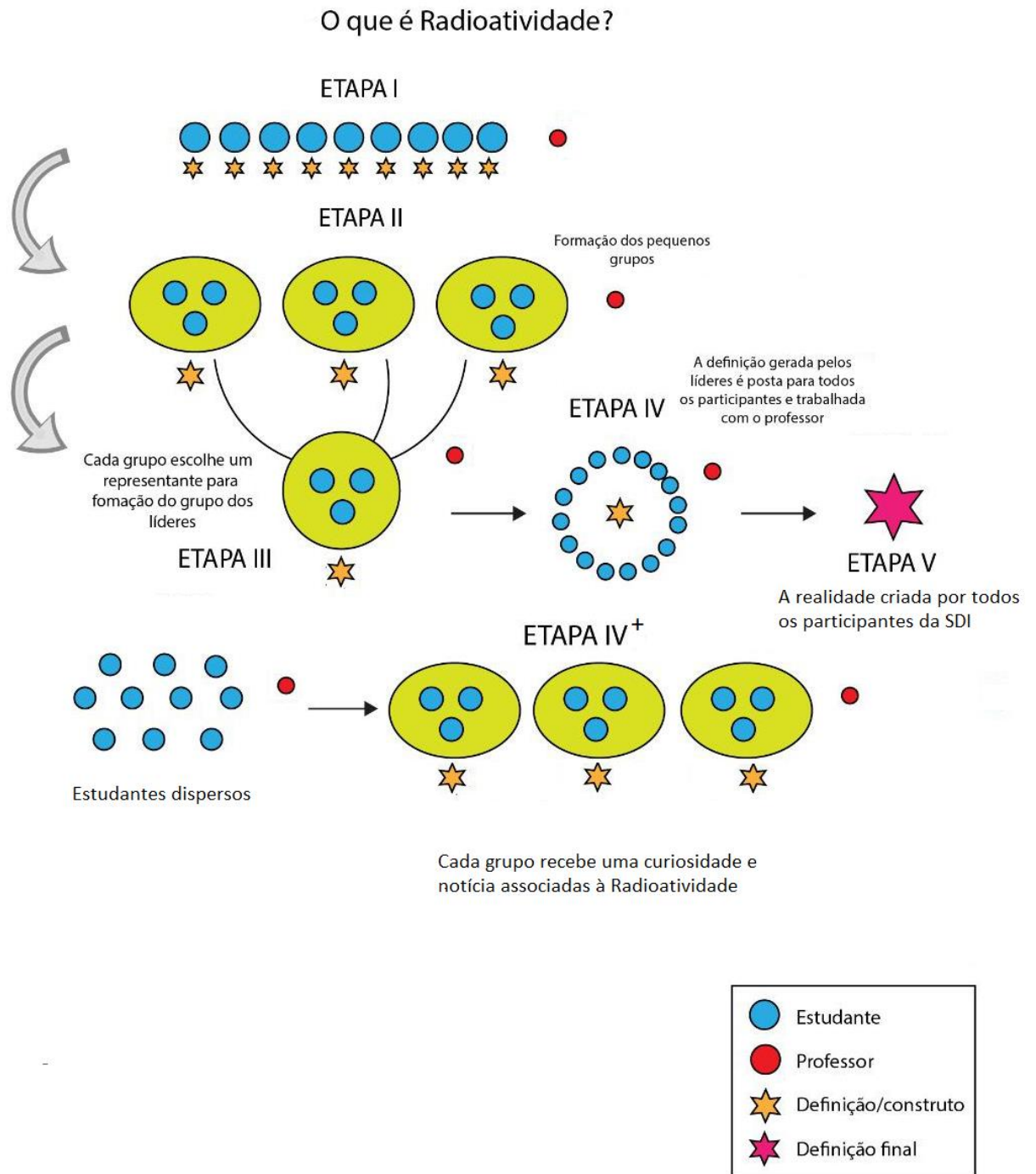
Etapa III - Logo após, requisitamos que cada grupo escolhesse um representante para constituir uma nova equipe com quatro líderes, um de cada grupo. Esses tiveram como função elaborar uma nova síntese (Síntese B) a partir das sínteses A, construídas por cada grupo (etapa IV). Ao final desse primeiro momento, a síntese B foi socializada para toda a turma e os estudantes tiveram então a oportunidade de alterar as respostas, caso as mesmas não expressassem o que foi consonância nos grupos (etapa V).

Entretanto, após algumas leituras e vivências com a aplicação da SDI, sentíamos uma dificuldade em trabalhá-la com turmas numerosas, visto que, após a etapa III os demais estudantes sempre ficavam muito dispersos e agitados,

principalmente quando se trabalhava com crianças e adolescentes, o que muitas vezes desconcentrava os líderes, que estavam confeccionando a síntese “B”. Sendo assim, com o intuito de incluir os demais estudantes na atividade e como este momento se propõe a analisar as concepções iniciais dos estudantes acerca do conceito de radioatividade no contexto das relações CTS, fizemos uma adaptação na SDI. Após a etapa II, os estudantes que não eram líderes, continuaram em seus grupos e dialogaram sobre uma curiosidade e uma notícia de jornal, cedidas pelo professor, associadas à radioatividade, em uma etapa que ocorreu simultaneamente à etapa IV, etapa IV⁺. Nesta foi solicitado que, ao final da discussão, os estudantes produzissem uma nova síntese A, nos mesmos grupos. Após isso, houve uma socialização das curiosidades e notícias, e uma breve explanação do professor sobre o que seria a perspectiva de ensino em CTS e como os conceitos químicos são trabalhados dentro dessa perspectiva.

De forma sintética e esquemática, a SDI com a adaptação realizada ao nosso objetivo principal seguiu o esquema da figura 5.

Figura 5: Esquema da SDI adaptada



Fonte: Adaptado de SILVEIRA et al. 2017.

Ainda neste momento, com o intuito de identificar os atores sociais da pesquisa e fazer com os estudantes se mais sentissem pertencentes, foi solicitado que os mesmos criassem um nome radioativo próprio. Sendo assim, de agora em diante, irei me referir aos atores sociais da pesquisa pelo seu nome radioativo.

As curiosidades e notícias distribuídas por grupos são apresentadas no quadro 2.

Quadro 2 — Curiosidades e notícias sobre Radioatividade utilizadas no segundo momento da SDI adaptada

Grupos	Curiosidade	Notícia de Jornal
1	Esquentar comida no microondas pode provocar câncer?	“Microondas: é seguro para a saúde? Como utilizar corretamente?”
2	O celular emite radiação?	“Quão perigosa é a radiação de celulares e como você pode se proteger”
3	Quebrei o braço e precisei tirar Raio-X, vou morrer mais rápido por causa disso?	“Crianças: Exposição à radiação de raio-X ou tomografia computadorizada deve preocupar os pais?”
4	A batata Rufles é radioativa?	“Irradiação de alimentos é tema antigo, mas ainda controverso”

Fonte: Própria.

Aulas 3 e 4

As aulas 3 e 4 objetivaram diferenciar os conceitos de Radiação, Radioatividade, Irradiação e Contaminação, e discutir os danos causados pela má utilização dos elementos radioativos. Para isso, estas aulas contaram com a exibição do documentário intitulado: “Acidente radioativo de Goiânia - Césio 137⁷” e do trailer da minissérie “Chernobyl⁸” do Home Box Office (HBO) que estreou no dia 6 de maio de 2019. O documentário mostra uma simulação de um dos piores acidentes nucleares já acontecidos no Brasil, o Acidente na cidade de Goiânia; e a minissérie apresenta o acidente nuclear acontecido na cidade de Chernobyl, sendo classificado como o maior acidente radioativo da história da humanidade até os dias atuais.

Após a exibição, seguimos com uma aula expositiva dialogada, na qual foram colocadas algumas questões problematizadoras de modo a gerar contrapontos, desmistificar alguns desses conceitos apontados, e comparar os dois acidentes nucleares, um local e um global. Além disso, foram discutidos os tipos de Radiações e os processos de Fissão e Fusão Nuclear.

Ao final, foi solicitado, para aula posterior, que os estudantes estudassem sobre usina nuclear (o que é, como funciona, como a tecnologia é empregada no processo e para onde vão os rejeitos radioativos), focando na geração de energia e

⁷ Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=MfshO3PvIYs&t=2s>>. Acesso em jun. 2019.

⁸ Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=jQO2EhzG-uU>>. Acesso em jun. 2019.

no destino dos rejeitos radioativos, e escolhessem um nome para a usina que eles iriam explicar na sala de aula.

Aulas 5 e 6

As aulas 5 e 6, tiveram o intuito de fazer com que aos estudantes entendessem como funciona uma usina nuclear, onde está e como é empregada a tecnologia no processo. Além de refletir para onde vai todo rejeito descartado, visto que é uma indústria altamente tecnológica. Foram abordados aqui os conceitos de energia nuclear, decaimento radioativo/meia-vida, fissão e fusão nuclear e rejeitos radioativos.

A aula iniciou com a leitura e uma breve discussão da notícia: “Pernambuco pode abrigar novas usinas nucleares no Brasil” e, em seguida a turma foi dividida em dois grupos, que tiveram 5 min para sintetizar suas ideias, visto que já havia sido solicitado o estudo sobre as usinas nucleares, e explicar o funcionamento de uma usina e a influência da tecnologia em todo processo. O nome escolhido pelos estudantes para a usina em questão apresentada foi LYBONREHC, segundo eles “Chernobyl ao contrário”. Por fim, foi exibido um vídeo intitulado “Energia Nuclear em 2 minutos⁹”, de modo a sintetizar o que foi apresentado e sanar possíveis dúvidas, e, logo após, foi realizado uma espécie de júri simulado com a temática “Geração de Energia x Lixo Nuclear”, onde os estudantes irão argumentar sobre a problemática e apontar possíveis soluções.

Vale salientar que alguns elementos do júri simulado foram escolhidos pois esta ferramenta didática objetiva debater um tema, levando todos os participantes do grupo a se envolver e tomar uma posição. Além de exercitar a expressão, o raciocínio e o desenvolvimento de ideias e argumentos como forma de criticidade para tomada de decisões, objetivos da Perspectiva CTS. Além disso, por ser um assunto polêmico, a questão da geração de energia nuclear em detrimento da produção de lixo radioativo, que perceptivelmente, divide opiniões, permite que sejam discutidos vários pontos de vista sobre um mesmo tema, auxiliando, portanto, no processo de construção e desconstrução de conceitos. Segundo Anastasiou e Alves (2012, p. 99)

⁹ Energia nuclear em 2 minutos. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=OzxiQdmTD58>>. Acesso em jun. 2019.

A estratégia de um júri simulado leva em consideração a possibilidade da realização de inúmeras operações de pensamento, como: defesa de ideias, argumentação, julgamento, tomada de decisão etc. Sua preparação é de intensa mobilização, pois, além de ativar a busca do conteúdo em si, [...] oportunizam um envolvimento de todos para além da sala de aula. [...] Essa estratégia envolve todos os momentos de construção do conhecimento, da mobilização à síntese, pela sua característica de possibilitar o envolvimento de um número elevado de estudantes.

Sendo assim, a turma foi dividida em três grupos, dois deles compostos por 11 estudantes, os grupos dos debatedores, e um outro com dois integrantes, grupo responsável pelo veredicto popular (O júri popular). O papel do professor foi mediar e coordenar a prática, delimitando o tempo para cada grupo defender sua tese e atacar a tese defendida pelo grupo oponente. Neste sentido, o tempo foi dividido em: 5 min para socializar as ideias nos grupos; defesa da tese inicial - 10 min (5 min para cada grupo); Debate entre grupos - 20 min; Considerações finais - 10 min (5 min para cada grupo); Veredicto - 5 min.

O processo iniciou-se com o lançamento do tema proposto pelo professor, “Geração de Energia x Lixo Nuclear”. Foi dado um tempo inicial para que os estudantes socializassem suas informações no grupo, antes do início do debate (5 min). Após esse tempo, cada grupo lançou a sua tese inicial, defendendo seu ponto de vista na medida em que surgiam réplicas e tréplicas. Por fim, cada grupo teve um tempo para suas considerações finais. E ao final, o júri popular, então, reuniu-se para socializar seus apontamentos, feitos ao longo da atividade, e decretar o veredicto.

Aulas 7 e 8: Culminância Final

As aulas 7 e 8 compreenderam uma análise sobre o que os estudantes aprenderam no decorrer da SEA, se entenderam a radioatividade no seu sentido global e se desmistificaram a ideia de que tudo que envolve radioatividade é prejudicial.

Para isso, foi solicitado que os estudantes criassem um desenho que conseguisse explicitar o que eles entendem, agora, sobre radioatividade. Os desenhos foram socializados para a turma e compartilhados, para ao final, de forma coletiva, tentarem responder a seguinte pergunta: “Radioatividade: riscos ou benefícios?”.

Vale salientar que nesta socialização quatorze autores dos desenhos explicitaram oralmente o sentido presente neles, cujas falas foram gravadas, e os demais desenhos (seis) foram interpretação da pesquisadora, sendo dois deles de estudantes surdos, pois a intérprete não esteve presente no momento da socialização.

2.2.3. Aplicação da Sequência: A terceira etapa compreendeu efetivamente a aplicação da SEA no contexto da sala de aula, com os atores sociais da pesquisa e se subdividiu em dois momentos.

No primeiro momento foi realizada uma avaliação diagnóstica para o levantamento das concepções dos estudantes sobre o conceito de radioatividade no contexto das relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), por meio da Sequência Didática Interativa (SDI adaptada) de Oliveira (2013), já explicitada anteriormente.

O segundo momento, por sua vez, contou com o desenvolvimento da SEA, propriamente dita, e foi registrado por meio de vídeo-gravação e anotações no diário de campo do pesquisador.

2.2.4. Instrumentos de Pesquisa: Utilizamos como instrumentos e técnicas de coleta de dados: as respostas obtidas na SDI adaptada, aplicada na etapa de avaliação diagnóstica, a vídeo-gravação de alguns episódios das aulas (transcrita e analisada), e os desenhos produzidos pelos estudantes, assim como suas explicações.

A escolha pela utilização de desenhos como instrumento de pesquisa ocorreu mediante o desenvolvimento desta investigação em uma sala de aula inclusiva, o que dificulta muitas vezes a construção de registros utilizando apenas a linguagem verbal, e pelo fato de seu uso em disciplinas do ensino médio como instrumento decodificador de linguagens, principalmente de disciplinas das ciências, ser praticamente inexistente (Silva et al., 2006). Mesmo a química apresentando uma linguagem simbólica, a possibilidade do uso de desenhos como elemento mediador na aprendizagem, normalmente acontece nas atividades de modelos e modelagem (FERREIRA; JUSTI, 2008; MENDONÇA, 2011; MOZZER, 2013) ou nas atividades experimentais de caráter problematizador (FRANCISCO JR. et al., 2008). Segundo Costa et al (2006), ainda que destacando o desenho como instrumento que revela as visões de mundo dos estudantes, este ainda é pouco explorado no ensino de ciências, e no ensino de química (SANTOS; PAIXÃO, 2015), o que reforça a

necessidade em se investigar essa temática, até para se buscar uma base epistemológica que sustente a utilização de desenhos com estudantes em nível médio e não apenas no Ensino Infantil.

De acordo com Ainsworth et al. (2011), inúmeras são as vantagens do desenho no ensino de Ciências, dentre elas estão: i) a melhora no engajamento dos estudantes, de tal forma que estes se sentem mais motivados a aprender; ii) faz com que os discentes sejam criativos e aprendam a construir representações a partir de seus próprios registros, de modo a aperfeiçoar a compreensão que possuem da ciência; iii) facilita a construção de argumentos científicos; iv) pode ser uma ferramenta eficaz de aprendizagem, no sentido de auxiliar os estudantes a organizarem seus conhecimentos, superar suas limitações e integrar a compreensão de novos conceitos com aqueles pré-existentes; e v) além de ser uma maneira dos estudantes se comunicarem e expressarem seus pensamentos. Ademais, o desenho pode ser utilizado pelo professor como instrumento avaliativo a fim de perceber as dificuldades dos estudantes, quais conceitos ainda estão confusos, para que possa retomá-los em sala.

Em contrapartida, muitas vezes o desenho não se expressa por si só, apresentando uma multiplicidade de sentidos, sendo necessário o uso da linguagem verbal, para que o conceito seja entendido em sua totalidade. Sendo assim, foi solicitado aos estudantes, autores dos desenhos, que expusessem seus pontos de vistas sobre eles, o que eles realmente gostariam de expor/partilhar, e essa explicação foi videogravada. Essa estratégia pode ser alcunhada como multimodalidade, visto que múltiplas modalidades linguísticas são combinadas para a produção de significados (ALVES, 2011). Assim,

A perspectiva da multimodalidade abre o espectro da sala de aula para nos mostrar como as fontes semióticas são orquestradas através da complexidade de caminhos trilhados pelo professor e aluno no processo de ensino e de aprendizagem (COSTA; CORREA; NASCIMENTO, 2003, p. 3).

Nessa perspectiva, é necessário que ocorra a combinação entre diferentes recursos semânticos para estruturação de ideias mais coesas e coerentes. Além de que, a utilização de diferentes linguagens para explicitar uma determinada informação, pode resultar em uma análise de formas distintas, “cada qual acrescentando detalhes que enriquecerão a percepção que se tem sobre tal

assunto, permitindo, portanto que se construa uma ideia mais bem sistematizada daquilo que se discute” (SASSERON; CARVALHO, 2010, p. 7).

A utilização de vídeo-gravação, no que lhe concerne, permite a obtenção de muitos dados que não seriam possíveis por meio de registros escritos, entrevistas e/ou aplicação de questionários, por exemplo, visto que diversos elementos não podem ser apreendidos através da fala e da escrita. “O ambiente, os comportamentos individuais e grupais, a linguagem não-verbal, a sequência, a temporalidade em que ocorrem os eventos são fundamentais não apenas como dados em si, mas como subsídios para interpretação posterior dos mesmos” (VÍCTORA; KNAUTH; HASSEN, 2000).

Além disso, a vídeo-gravação pode amenizar a questão da seletividade do pesquisador, visto que o mesmo poderá rever quantas vezes julgar necessário, as imagens gravadas, direcionando a atenção para aspectos que podem ter passado despercebidos, conferindo, assim, maior credibilidade a pesquisa (VÍCTORA; KNAUTH; HASSEN, 2000). Bauer e Gaskell (2008) ainda complementam, afirmando que esse instrumento é eficaz para o de registro de informações sempre que algum conjunto de ações humanas for complexo e difícil de descrever por um único observador.

2.2.5. Análise dos dados

Os dados obtidos na SDI adaptada, assim como os adquiridos na transcrição de alguns episódios das aulas, por meio da vídeo-gravação, e nos desenhos produzidos pelos estudantes, foram submetidos a uma análise de dimensão qualitativa à luz dos referenciais teóricos, e alguns deles à análise de conteúdo de Bardin (2016), cujo objetivo é relatar e interpretar o conteúdo existente em qualquer tipo de documento. Ainda para Bardin (2016), a análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de exploração de documentos, que busca identificar os principais conceitos ou os principais temas abordados em um determinado texto. Assim, esse tipo de análise pode ser considerado uma interpretação do pesquisador sobre os dados.

Se tratando da análise de conteúdo, Bardin (2016) acredita que para se fazer uma boa análise dos dados algumas etapas precisam ser seguidas: A pré-análise; a exploração do material coletado; e o tratamento dos resultados, interpretação e inferência.

A pré-análise consiste na fase de organização dos dados, de sistematização das ideias iniciais, sendo composta por duas outras etapas. A primeira delas é a leitura flutuante, que estabelece um contato inicial entre o pesquisador e os dados. Segundo Bardin (2016) a leitura flutuante auxilia o pesquisador na hora de escolher quais documentos serão analisados, o que remete a segunda etapa da pré-análise, a escolha dos documentos.

Para Bardin (2016), ao se escolher os documentos quatro preceitos devem ser levados em consideração:

- i) A regra da exaustividade: que consiste na verificação do material que será analisado;
- ii) A regra da representatividade: na qual os documentos precisam representar o universo da pesquisa;
- iii) A regra da homogeneidade: em que os documentos devem se referir a um tema específico, obedecendo a critérios precisos de escolha.
- iv) A regra da pertinência: A fonte documental deve se adequar aos objetivos da pesquisa.

A etapa de exploração do material pode ser definida como a fase de análise, propriamente dita. É uma fase longa e cansativa, que consiste essencialmente em operações de codificação, decomposição ou enumeração, mediante regras previamente formuladas.

A codificação é o momento em que o pesquisador estabelece a unidade de registro (tema) e a unidade de contexto. De acordo com Franco (2008) a unidade de registro pode ser denominada por meio de palavras, proposições, temas e até acontecimentos. Já as unidades de contexto consistem na sistematização dos dados e são formuladas após a etapa de conclusão das unidades de registro. Logo ao se realizar a delimitação da unidade de registro e os recortes que formarão as unidades de contexto, o pesquisador terá finalizado a etapa de codificação e assim a atribuição das categorias.

Em relação à categorização Bardin (2016) considera que algumas disposições precisam ser seguidas:

- a) Exclusão mútua: cada elemento só deve fazer parte de uma categoria;
- b) Homogeneidade: a definição de uma categoria deve obedecer a apenas uma dimensão da análise;
- c) Pertinência: ajustada ao *corpus* de análise e ao quadro teórico estabelecido para o estudo, obedecendo às intenções do pesquisador e aos objetivos do estudo;
- d) Objetividade e fidelidade: definição clara das variáveis, discriminação dos índices que determinam a entrada de um elemento numa categoria. É fundamental que se evitem distorções causadas pela subjetividade do pesquisador.
- e) Produtividade: fornece resultados férteis em inferências, novas hipóteses e dados exatos.

Por fim, na etapa de tratamento dos dados, interpretação e inferência, os resultados brutos são tratados de forma a adquirirem validade e significado (BARDIN, 2016).

Seguindo essas orientações postas por Bardin (2016), foi realizada inicialmente uma leitura flutuante, a partir da qual foi estabelecido um contato inicial com as respostas dadas pelos estudantes, buscando formar as primeiras impressões sobre as mesmas. Novas leituras buscaram identificar, a partir da demarcação de algumas partes do texto, que indícios nos permitiriam fazer associações com as concepções de Radioatividade relacionadas à CTS.

Essas demarcações no texto nos permitiram chegar às unidades de registro ou análise, que, segundo Bardin (2016), “é a unidade de significação a codificar e corresponde ao segmento de conteúdo a considerar como unidade base, visando a categorização e análise frequencial”. Todas as unidades de registro foram submetidas à etapa de codificação, visando seu agrupamento em categorias, possibilitando a compreensão do real significado daquelas unidades de registro, para que se pudesse, ao final, inferir os verdadeiros sentidos que elas expressam e,

no seu conjunto, quais as ideias centrais das respostas analisadas, que pudessem contemplar à questão que norteia o problema desta pesquisa.

Quando analisadas as unidades de registro nos forneceram as categorias, que dizem respeito aos sentidos presentes nas unidades de registro. Cabe ressaltar aqui que elas podem trazer mais de um sentido, neste caso, lhes são atribuídos mais de um código. No caso da pesquisa em questão, no momento da SDI adaptada, emergiu apenas uma categoria empírica, a qual corresponde à nossa categoria teórica, visto que foi perguntado “o que é radioatividade?”, por esse motivo já era de se esperar as concepções dos estudantes nas respostas dadas. Entretanto, a diversidade de respostas nos forneceu cinco subcategorias, as quais são apresentadas no quadro 3.

Quadro 3 — Categoria, Subcategorias elencadas e respectivas Codificações

Categoria	Subcategoria	Codificação
Concepção de Radioatividade	Indícios de um conhecimento dissociado das relações CTS.	ICDiCTS
	Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa da Radioatividade na Sociedade.	ICCnRs
	Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa e positiva da Radioatividade na Sociedade. (Relação CTS)	ICCnCpRs
	Indícios de um conhecimento do senso comum associado à concepção negativa da Radioatividade na Sociedade.	ICScCnRs
	Indícios de um desconhecimento do que é Radioatividade.	IDR

Fonte: Própria

Detalhando a codificação expressa no quadro 3, temos que:

C = Conhecimento;

Di = Dissociado;

CTS = Ciência, Tecnologia e Sociedade;

Cn = Concepção Negativa;

Cp = Concepção positiva;

R = Radioatividade;

s = Sociedade;

I= Indícios;

Sc = Senso Comum;

D = Desconhecimento.

Vale salientar que para a análise realizada, foram seguidas as regras definidas por Bardin (2016), com relação à exaustividade (leitura e releitura dos dados por diversas vezes), exclusividade, representatividade e pertinência. A análise em si buscou dialogar com o referencial teórico e os núcleos de sentidos que emergiram, a partir das respostas obtidas.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados que serão apresentados se subdividem em: I. Análise da avaliação diagnóstica – “SDI adaptada”; II. Análise de alguns episódios das aulas III. Análise da SEA, segundo a perspectiva de Méheut (2005).

3.1. Análise da avaliação diagnóstica – “SDI adaptada”

Na etapa inicial, de obtenção das respostas individuais, tivemos a ausência de 3 estudantes dos 24 atores sociais, sendo assim, no quadro 4, encontram-se os recortes principais das respostas dos 21 estudantes restantes, assim como as subcategorias empíricas elencadas para essas respostas.

Quadro 4 — Respostas individuais dos estudantes e subcategorias elencadas

Unidades de Contexto	Subcategorias Empíricas
<p>Radio: Radioatividade é o efeito promovido por elementos químicos radioativos, com a presença de partículas alfa, beta, gama. Tal efeito pode ser usado tanto para coisas positivas quanto para negativas. Na categoria positiva, ela pode ser usada na medicina, na geração de energia limpa, etc. Porém, elementos radioativos podem ser usados para a construção de bombas atômicas. Recebemos radiação e convivemos com ela no nosso cotidiano, como no sol, por exemplo. Porém desastres podem acontecer com o manuseio das partículas, como o ocorrido em Chernobyl, e tal desastre pode promover a contaminação de um local em um grande raio de extensão, tornando-o inabitável, isso porque em excesso, causa vários danos ao organismo profundamente”.</p>	<p>Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa e positiva da Radioatividade na Sociedade. (Relação CTS) (ICCNcPrs)</p>

<p>BETA: “[...] sei o que é tempo de meia vida, que é o tempo que um elemento radioativo demora para perder metade de sua energia”.</p> <p>PRÓTIHO: “Partículas radioativas são os raios-gama, beta, alfa. Essas partículas são obtidas a partir da fissão de um núcleo de um elemento químico. A radioatividade é a emissão dessas partículas”.</p> <p>IDADE: “[...] dependendo do contato com outros elementos podem fazer bem ou mal”.</p> <p>MARIE CURIE: “Radioatividade é uma parte das ciências que estuda elementos, os quais conseguem desintegrar metade em certo tempo, chamado tempo de meia-vida. Durante a desintegração esses elementos emitem radiação, um tipo de energia. Essas energias podem ser alfa, beta, gama, que cada uma possui um tipo específico de natureza”.</p> <p>URÂNIO: “Radioatividade emite raios em materiais. Podem classificar-se em três tipos: raio alfa, beta e gama. Os objetos, como micro-ondas, podem emitir raios para aquecer os alimentos”.</p> <p>ELEMENTO X: “A radioatividade é um assunto da química que estuda a atividade dos elementos que ao reagir com outras substâncias promovem uma reação instável dependendo do modo que são utilizadas”.</p> <p>HIROSHIMA: “Eu entendo por radioatividade a ciência que estuda os raios dos materiais radioativos”.</p> <p>DENVER: “Conheço um pouco. Estudo sobre raios”.</p>	<p>Indícios de um conhecimento dissociado das relações CTS. (ICDiCTS)</p>
<p>BR-238: “A radiação/Radioatividade é composta por partículas beta, gama e alfa. Entendo que nessas partículas ocorre fissão nuclear, na qual as partículas formam outras partículas, fazendo uma reação em cadeia para a propagação das partículas. A radioatividade faz mal para boa parte dos seres vivos, sendo usada também para raio gama e outras formas de uso no dia-a-dia, como energia nuclear”.</p> <p>ATIVI: “[...] sei que a alta radiação é extremamente prejudicial, como em Chernobyl. A radiação é tóxica, mas não sei se há níveis de radiação que podemos nos livrar, mas acredito que altos níveis de radiação são irreversíveis (ao menos até os dias de hoje). Dentro desse assunto, há a energia nuclear que se encontra como uma fonte de energia na atualidade. Além disso, sofremos radiação todos os dias, como exemplo, pelo sol, mas não são níveis tóxicos, na realidade, são níveis necessários [...] não é nem 100% bom e nem 100% ruim”.</p> <p>NOBELIUM: “Radioatividade é composta por elementos que não tem “controle” e passam a vida tentando se</p>	<p>Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa da Radioatividade na Sociedade. (ICCnRs)</p>

<p>tornar estáveis, altamente difícil trabalhar com eles. Hiroshima, Nagasaki, Goiana e Chernobyl são incidentes que envolveram elementos radioativos. Urânio, Césio, são elementos conhecidos e suas intensidades são caracterizadas por alfa, beta e gama”.</p> <p>DAF: “Radioatividade pode ser associada a raios químicos liberados por alguns elementos, e tal raio pode apresentar propriedades que podem ser danosas ao meio ambiente e as pessoas”.</p> <p>RAIOS GAMA: “A Radioatividade é um fenômeno estudado nas ciências da natureza cujas moléculas de um ou mais átomos entram em reação com o núcleo gerando modificações nos elementos químicos nos quais podem passar para os organismos vivos e com isso seus descendentes causando mutações genicas no ser vivo”.</p> <p>ALFA: “Pode ser usada como fonte de energia, mas esse processo pode ser muito perigoso porque os átomos são muito instáveis. Muitos acidentes envolvendo radiação e causando enormes danos à humanidade já ocorreram. E o conhecimento obtido a partir dos estudos dos elementos radioativos já foi utilizado para o mal”.</p> <p>USI-437: “A radioatividade são substâncias que emitem radiação, que são ondas que emitem um grau muito elevado e podem gerar grande quantidade de energia. Existe vários tipos de radiação e ela pode ser emitida das estrelas a minerais. Um ser vivo exposto a um elevado de radiação pode desenvolver e gerar filhos com mutações e anomalias genéticas”.</p> <p>GAMATÉLIO: “O que eu sei sobre radioatividade que elas possuem vários tipos de grau de radiação e quanto maior o tipo de radiação, ela pode prejudicar algum tipo de coisa”.</p>	
<p>ALFACE RADIOATIVO: “A radioatividade pode ser identificada como a reação química e como uma desculpa para as pessoas terem super poderes, outras podem mudar geneticamente por causa da radiação”.</p> <p>ALFA 2: “Radioatividade é um assunto da química na qual eu não tenho conhecimento suficiente para falar sobre, neste momento, mas lembro que é algo negativo e que causou eventos muito tristes. Também estamos em contato todos os dias”.</p> <p>POZINHO MÁGICO: “Radioatividade é algo usado nos filmes que deixa as pessoas poderosas, não só pessoas mas comidas e animais. Ela também pode alterar a ordem genética de algum ser. Também tem no micro-ondas”.</p>	<p>Indícios de um conhecimento do senso comum associado à concepção negativa da Radioatividade na Sociedade. (ICScCnRs)</p>
<p>GAMA: “Possui radiação com elementos que apresentam pouca eletricidade com elementos de maior</p>	<p>Indícios de um desconhecimento do que é Radioatividade.</p>

eletricidade”.	(IDR)
----------------	-------

Fonte: Própria.

De acordo com as respostas obtidas, percebemos que apenas um dos estudantes, **Rádio**, trouxe uma definição de Radioatividade associada à concepção negativa e positiva desta na Sociedade, apontando elementos que nos permitem inferir que se estabeleceu uma relação CTS (ICCNpRs). Inicialmente o estudante demonstra um conhecimento teórico, entretanto mais adiante pontua que a radioatividade “[...] pode ser usada tanto para coisas positivas quanto para negativas”, o que demonstra que ele entende a importância da radioatividade para a vida. Além disso, relaciona o conhecimento científico com a tecnologia ao pontuar as aplicações, por exemplo, na medicina e na geração de energia, emergindo tudo de uma sociedade repleta de problemáticas, como os acidentes nucleares.

Nesta perspectiva, Velho e Lara (2011) afirmam que diante do progressivo avanço científico e tecnológico, o processo de aprendizagem exige cada vez mais novas formas de construir os conhecimentos e se transforma numa exigência da sociedade. Neste sentido, de acordo com Antisko (2016), abordar radioatividade dentro de uma perspectiva CTS, permite que o estudante reflita sobre o contexto em que está inserido e compreenda a relação entre o conhecimento científico, a tecnologia e a sociedade, possibilitando questionamentos e inferências a respeito da problemática em questão. Além disso, neste caso, permite apresentar episódios a respeito da utilização da radioatividade nos artefatos tecnológicos, como eletrodomésticos, na radiação solar, nos alimentos e no tratamento de doenças, propiciando aos estudantes uma reflexão a respeito destas utilizações, para que assim, eles compreendam a sua presença nos dias atuais, e reavaliem a ideia de que a radioatividade causa apenas mortes e destruição. De acordo com a BNCC, espera-se ainda, possibilitar aos estudantes um novo olhar sobre o mundo que os cerca, de modo a fazerem escolhas e intervenções conscientes e pautadas nos princípios da sustentabilidade e do bem comum (BRASIL, 2018).

Os demais estudantes, em sua grande maioria, associaram radioatividade, como esperado, a algo que é prejudicial e perigoso, que pode trazer riscos, ICCNRs, (**BR-238; Atívi; Nobelium, DAF; Raios Gama; Alfa; USI-437; Gamatélío**). Entendemos que tais colocações eram esperadas, uma vez que, pelo senso comum,

é natural a insegurança quanto aos acidentes nucleares. O que pode ter relação com os meios pelos quais os estudantes têm acesso às informações, por meio de notícias que circulam nos meios midiáticos, que trazem a radioatividade muitas vezes de forma pejorativa e sensacionalista, abordando o contexto histórico associado aos inúmeros acidentes catastróficos (SILVA, 2009; CORTEZ, 2014).

A maioria dos sites e das revistas que apresentam notícias sobre a radioatividade valorizam assuntos como acidentes radioativos, bombas e perigos das usinas nucleares. Esta divulgação de notícias que contemplam apenas o uso inadequado da radioatividade ou os acidentes causados pela má utilização dos elementos radioativos faz com que grande parte dos estudantes acredite que a radioatividade seja algo extremamente perigoso e distante do seu contexto, segundo Silva (2009), a mídia é um fator externo ao contexto de educação formal que muito influencia os cidadãos nos processos de tomadas de decisões, bem mais até do que do que o que se pode perceber no contexto escolar.

Outros estudantes não conseguiram conceituar radioatividade entendendo-a como um conceito científico presente na sociedade e cerceado de tecnologia, e, portanto, apresentaram apenas um conhecimento dissociado das relações CTS, ICDiCTS, (**Beta; Prótinho; Idade; Marie Curie; Elemento x; Urânio, Hiroshima; Denver**). Nessa perspectiva, segundo Silva e Marcondes (2015), é fundamental a inserção de abordagens de ensino que relacione os conhecimentos científicos e tecnológicos com o contexto social, especialmente visando capacitar cidadãos para julgar as implicações do desenvolvimento científico e tecnológico. Segundo Pérez et.al. (2001), a ausência de uma visão crítica e holística acerca da ciência e da tecnologia resulta em uma *visão descontextualizada*, que reforça uma ciência de caráter socialmente neutro, sem qualquer relação com aspectos sociais, tecnológicos e/ou ambientais.

Alguns dos estudantes trouxeram em suas respostas conceitos como meia-vida, provavelmente por envolver cálculo os estudantes lembrem com mais frequência (**Beta**), ou ainda não percebem a diferença entre radiação e radioatividade como **Prótinho** ao afirmar que “[...] A radioatividade é a emissão dessas partículas”. Estes estudantes demonstram um conhecimento clássico acerca do que é radioatividade. Eles não conseguem entender a radioatividade sem

associá-la a um conteúdo escolar, presente em uma disciplina, o que é nítido na resposta, por exemplo, de **Elemento x**. O mesmo inicia não conceituando radioatividade mas afirmando que é um conteúdo da química. Alguns deles citam que é o estudo dos raios, mas não conseguem associar com os raios solares (**Denver, Hiroshima, Urânio**). **Marie Curie** muito expressiva demonstra uma concepção de ciência mais próxima da *individualista e eletista*, segundo Pérez et.al. (2001), em que os conhecimentos científicos são apresentados como obras de cientistas geniais, restringindo-se a uma pequena minoria, os especialistas, tornando a ciência inacessível aos cidadãos “comuns”. Urânio, por sua vez, mesmo citando o microondas, talvez como algo que pudesse relacionar com a tecnologia, cai em uma visão de tecnologia chamada, por Pérez et al. (2001) de tecnicista, entendendo a tecnologia como sendo o uso de aparatos tecnológicos. Segundo Silva e Mendanha (2014, p. 4), a tecnologia deve ser entendida como sendo “um conjunto de conhecimentos e princípios que dá suplemento a Ciência na busca de resultados”.

Além disso, vale ressaltar a presença do conhecimento do senso comum, decorrente da influência midiática, que surgiu nas respostas dos estudantes **Alface Radioativo, Alfa 2 e Pozinho Mágico**, advindo dos filmes, desenhos animados, e da mídia, de uma maneira geral. Nos trechos “[..] uma desculpa para as pessoas terem super poderes” e “[...] algo usado nos filmes que deixa as pessoas poderosas, não só pessoas mas comidas e animais”, percebemos de forma nítida o conhecimento advindo do cotidiano, dos filmes, de crenças, argumentos movido pela opinião. Segundo Mortimer (1996) esses conhecimentos são importantes, mas precisam ser ressignificados, reformulados, ou ainda reavaliados, para que saiam do senso comum e se transformem em um senso crítico, em um conhecimento mais profundo. O senso comum deve ser apenas o ponto de partida para impulsionar a ciência.

Por fim, um dos estudantes apresentou uma resposta que estava mais relacionada à eletricidade do que a radiação. Acredito que houve uma confusão nos termos, uma distorção na compreensão do conceito de radiação. Ou para não deixar de conceituar, o estudante reuniu seus conhecimentos prévios e definiu radioatividade, como algo que “possui radiação com elementos que apresentam pouca eletricidade com elementos de maior eletricidade”. Como essa resposta

dispersou-se muito do nosso objetivo, encaixamo-la em uma nova subcategoria elencada “Indícios de um desconhecimento do que é Radioatividade (IDR)”.

De modo geral, é notória a limitação que os estudantes apresentam quanto à percepção sobre os benefícios e o desenvolvimento científico e tecnológico relacionado à radioatividade. O que pode estar associado à ausência de um espaço formal para discussão do tema nos cursos de formação de professores, que reflete na formação dos estudantes e, conseqüentemente, no contexto escolar, impactando o processo de ensino e aprendizagem. Entretanto devemos levar em consideração ainda o fato de que os estudantes não tenham tido contato com o conceito propriamente dito, ou não conseguiram estruturar suas ideias devido ao grau de abstração necessária para a compreensão deste, o que pode ser entendido também como efeito de um ensino/aprendizagem superficial.

O segundo momento contou com a análise das sínteses A, antes e após a intervenção do professor, as quais são apresentadas no quadro 5 e 6, respectivamente. Observamos que das subcategorias que emergiram das respostas individuais apenas três delas se mantiveram presentes, as quais também são mostradas nos quadros abaixo.

Quadro 5 — Análise das “Sínteses A” antes da intervenção do professor

Síntese A	Subcategorias Empíricas
G1: Radioatividade é o efeito promovido por elementos químicos radioativos: alfa, beta, gama. Tal efeito pode ser usado tanto para coisas positivas (medicina, a radiação solar e as vitaminas, energia nuclear - limpa - etc) quanto para negativas (Bombas nucleares, que funcionam pela reação em cadeia da fissão de elementos). Porém desastres podem acontecer com o manuseio das partículas, como o isolamento de cidades (Chernobyl), isso porque, em grandes doses, a radiação faz muito mal para o organismo, podendo ter conseqüências irreversíveis. Já na energia, a radiação é considerada uma fonte renovável por seu longo tempo de duração, já que seu desgaste se dá pelo tempo de meia vida.	Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa e positiva da Radioatividade na Sociedade. (Relação CTS) ICCNcPrs
G2: A Radioatividade é um segmento da ciência responsável pelo estudo de elementos instáveis, os quais estão presentes em reações em cadeia que liberam energia. Além disso há também o conceito de tempo de meia vida que consiste no período em que a massa do composto se reduz a metade entretanto é difícil manuseá-	Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa da Radioatividade na Sociedade.

<p>los prova disso são os acidente de Chernobyl e Fukushima. Porém não podemos condená-los uma vez que a radioatividade é crucial para o desenvolvimento do planeta pois está presente na Terra e ate mesmo no sol, o qual emite luz que é essencial para nós. Por fim, podemos destacar que a força desses elementos é tão grande que podem causar mutações gênicas no ser e seus descendentes.</p>	<p>(ICCnRs)</p>
<p>G3: Radioatividade pode ser encontrada na cultura pop, sendo utilizado na composição da história de super-heróis e vilões. Pode ser usada como fonte de energia porém é um processo perigoso e com alto potencial de destruição, por se tratar de elementos instáveis. Muitos danos à humanidade foram causados a partir do estudo desses elementos como acidentes e mal uso dessa tecnologia. Emite raios em matéria que podem ser classificados em três tipos alfa, beta e gama. Além do potencial para uso em esferas de macro da ciência pode ser utilizado em coisas simples e facilmente encontrados no dia-a-dia como no, micro-ondas, que emite radiação para aquecer alimentos.</p>	<p>Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa da Radioatividade na Sociedade. (ICCnRs)</p>
<p>G4: A gente combinou e entendeu que os materiais se encontram com os elementos radioativos, eles se encontram em elementos com um número maior de eletricidade e um menor número de eletricidade. Quanto maior o número de radioatividade ele pode prejudicar em alguma coisa e podem causar tumores e mutações e anomalias genéticas em seres vivos expostos a essa radiação.</p>	<p>Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa da Radioatividade na Sociedade. (ICCnRs)</p>

Fonte: Própria

Quadro 6 — Análise das “Sínteses A” após a intervenção do professor

Síntese A	Subcategorias Empíricas
<p>G1: Respondendo a pergunta, não necessariamente, pois a radiação em si não entra em contato com o alimento, apenas agita as moléculas de água fazendo com que aqueça. Apesar disso, existem normas internacionais que todo fabricante precisa cumprir para que os riscos de vazar qualquer nível de radiação seja nulo. Mas quando essas regras não são “cumpridas”, há o risco do usuário receber material radioativo, e como já visto antes, altos níveis de radiação são prejudiciais à saúde.</p>	<p>Indícios de um conhecimento dissociado das relações CTS. (ICDiCTS)</p>
<p>G2: A radioatividade é a ciência que estuda os compostos instáveis que ao reagirem liberam energia a qual possui muita utilidade para a sociedade. Os elementos radioativos precisam de cuidados pois podem interferir no meu ambiente. Relação com a ciência: A radioatividade tem relação com a ciência pois para aprender a manusear e utilizar os elementos radioativos precisou se partir de métodos científicos, hipóteses e pesquisas. Atualmente há</p>	<p>Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa e positiva da Radioatividade na Sociedade. (Relação CTS)</p>

<p>a física e a química que possuem áreas específicas para radioatividade. Tecnologia: A relação existe pois tecnologia abrange tudo que é criado para facilitar as nossas vidas, como a utilização dos raio X, radioterapia, muito empregada na medicina atual. Os celulares também usam a radiação a qual revolucionou a forma de se comunicar Cultura: No Brasil, grande parte da população é vítima de uma educação ineficiente, a qual faz com que as pessoas compartilhem notícias falsas constantemente, logo, muitas vezes a radioatividade “vem carregada” de estigmas e medos influenciados cientificamente.</p>	<p>ICCnCpRs</p>
<p>G3: A radioatividade foi uma descoberta científica revolucionária, pois trouxe avanços em áreas como medicina (sendo usada para fabricar medicamentos, realizar exames, etc) e produção de energia. E ainda, alguns malefícios para a sociedade ao ser usada para avançar a indústria bélica causando tensões e possíveis conflitos entre áreas de influência e poder. Os armamentos radioativos causam uma devastação sem medida mesmo na medicina onde a maior parte das consequências são benéficas, podem acontecer acidentes e o uso excessivo pode causar doenças degenerativas. Além disso, a radiação está presente em coisas do cotidiano, como o microondas frutas e verduras importadas. E também, recebemos radiação ultravioleta natural do sol.</p>	<p>Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa e positiva da Radioatividade na Sociedade. (Relação CTS) ICCnCpRs</p>
<p>G4: A radiação pode ser usada em diferentes processos tecnológicos, como na medicina, onde é usada em diferentes exames, o que melhora a eficácia e a rapidez. Ela pode ser usada também na irradiação de alimentos, melhorando assim a vida útil dos alimentos e os estudos sobre o uso de elementos radioativos para dar energia a motores de foguetes, assim aumentando a velocidade dos automóveis. Com isso vemos que a radiação traz inúmeros benefícios para a sociedade, tornando-a mais desenvolvida tecnologicamente, claro que há também o uso dessa tecnologia para o desenvolvimento de armas, para a destruição em massa, porém podemos controlar muito e não podemos ignorar os inúmeros benefícios que ela traz, basta apenas usá-la de modo controlado e com inteligência.</p>	<p>Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa e positiva da Radioatividade na Sociedade. (Relação CTS) ICCnCpRs</p>

Fonte: Própria

Comparando as respostas dos grupos 1, 2, 3 e 4, é possível inferir que antes da intervenção do professor apenas o grupo 1 apresentou uma síntese envolvendo a subcategoria ICCnCpRs. Os demais grupos trouxeram a radioatividade ainda como sendo algo perigoso (ICCnRs), algo que nos traz mais malefícios do que benefícios (COSTA et al., 2016).

Analisando de forma mais específica, o grupo 1, na primeira síntese A, apresentou nitidamente uma concepção de radioatividade no contexto das relações

CTS, trazendo aspectos positivos e negativos sobre a radioatividade “[...]Tal efeito pode ser usado tanto para coisas positivas (medicina, a radiação solar e as vitaminas, energia nuclear - limpa - etc) quanto para negativas (Bombas nucleares, que funcionam pela reação em cadeia da fissão de elementos)”; suas aplicações; como a tecnologia está inserida no processo “a radiação é considerada uma fonte renovável por seu longo tempo de duração”; e como esse conceito se relaciona com os três eixos ciência, tecnologia e sociedade. Conforme Hofstein et al. (1988 apud SANTOS; SCHNETZLER, 2010), o ensino do conteúdo de ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social, contribui para que os estudantes integrem a sua compreensão pessoal do mundo natural (conteúdo da ciência) com o mundo construído pelo homem (tecnologia) e o seu mundo social (sociedade). Entretanto com o auxílio da curiosidade “Esquentar comida no microondas pode provocar câncer?” e da notícia “Microondas: é seguro para a saúde? Como utilizar corretamente?”, o grupo, na confecção da nova síntese, se preocupou em responder os questionamentos e não em, novamente, conceituar radioatividade, a partir das discussões sobre a perspectiva CTS. A nova síntese veio “carregada” de um conhecimento teórico e prático sobre radioatividade, porém bem mais associado ao aspecto tecnológico, ao descrever, por exemplo, como seria o funcionamento de um microondas.

O grupo 2, por sua vez, mostra uma síntese A inicial com muitos aspectos negativos relacionados à radioatividade. Os estudantes apenas citam como algo positivo “[...] a radioatividade é crucial para o desenvolvimento do planeta pois está presente na Terra e até mesmo no sol, o qual emite luz que é essencial para nós” porém não discutem sobre isso e, em sequência, já trazem outro aspecto negativo, as mutações gênicas. Para Costa et al. (2016), isso consiste numa visão estigmatizada da radioatividade, em que o foco principal são os malefícios causados. Porém após a intervenção do professor, os estudantes conseguem pontuar os benefícios e malefícios da radioatividade e ainda associarem com os aspectos científicos, tecnológicos e sociais, como no trecho “a radioatividade tem relação com a ciência pois para aprender a manusear e utilizar os elementos radioativos precisou-se partir de métodos científicos, hipóteses e pesquisas.” “Tecnologia: A relação existe pois tecnologia abrange tudo que é criado para facilitar as nossas vidas, como a utilização dos raio X, radioterapia, muito empregada na

medicina atual. Os celulares também usam a radiação a qual revolucionou a forma de se comunicar. Cultura: No Brasil, grande parte da população é vítima de uma educação ineficiente, a qual faz com que as pessoas compartilhem notícias falsas constantemente, logo, muitas vezes a radioatividade “vem carregada” de estigmas e medos influenciados cientificamente”. O que dialoga perfeitamente com as ideias de Solomon (1988 apud SANTOS; SCHNETZLER, 2010) ao afirmar que a perspectiva CTS deve levar os estudantes a perceberem o poder de influência que eles têm como cidadão.

Na síntese A do grupo 3, os estudantes inicialmente também apresentam uma visão estigmatizada da radioatividade (COSTA et al., 2016), que pode estar associada a forma como eles tiveram o contato inicial com o conteúdo. Segundo Domingui et al. (2012), o conteúdo de radioatividade exige certa sensibilidade por parte de quem for ensiná-la no meio escolar em virtude dos fatos históricos, principalmente os acidentes nucleares. Além disso, aparecem na síntese características de conteúdo midiático (filmes, séries, desenhos [...]), onde a radioatividade é tida como prejudicial e cautelosa como visto em *“pode ser usada como fonte de energia porém é um processo perigoso”* e afirmam ainda que os acidentes decorrem do mal uso da tecnologia, visto em *“Muitos danos à humanidade foram causados a partir do estudo desses elementos como acidentes e mal uso dessa tecnologia”*. Neste último recorte, os estudantes conseguem dialogar, mesmo que de forma tímida, com as ideias de Solomon (1988 apud SANTOS; SCHNETZLER, 2010), visto que, segundo o mesmo, a tecnologia consiste na aplicação das diferentes formas de conhecimento para atender as necessidades sociais. Consiste num processo de produção social. Há uma dependência da sociedade para com os produtos tecnológicos gerados. Porém, em contraposição, segundo Costa et al. (2016), é como se os estudantes não conseguissem compreender, por exemplo, que a mesma radioatividade que matou milhares de pessoas nos acidentes nucleares é a mesma que salva diariamente milhares de pessoas com câncer.

Já na síntese A, pós intervenção, os estudantes são levados a refletir sobre os conceitos de irradiação, contaminação e entender como funciona um aparelho de Raio-X. Assim, redigem uma nova síntese trazendo os benefícios da radioatividade

na medicina, na produção de energia, e apontando também os malefícios “[...] ao ser usada para avançar a indústria bélica causando tensões e possíveis conflitos entre áreas de influência e poder. Os armamentos radioativos causam uma devastação sem medida [...]”, porém sempre atrelados aos aspectos tecnológicos e sociais, o que vai ao encontro do que propõe os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), acerca do conceito de radioatividade. Esse documento preza pela formação de estudantes capazes de avaliar os benefícios ou os riscos a que estão expostos, entender as técnicas disponíveis para diagnósticos médicos e acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados ao emprego da energia nuclear (BRASIL, 2002).

Por fim, comparando, as sínteses A do G4, que era composto por um estudante surdo, duas cadeirantes, um com TDAH e outro de classe “comum”, antes e após a intervenção do professor, percebe-se com nitidez a desconstrução que eles fazem das suas ideias anteriores. Inicialmente os estudantes trazem algo bem distante do que foi solicitado pelo professor, ao relacionarem diretamente radioatividade à eletricidade e só ao final eles trazem características da radioatividade, mas ainda associadas a concepção negativa. O que não mais acontece na síntese A, após a intervenção do professor. Nessa, os estudantes trazem de maneira bem mais enfática os prós e os contras da radioatividade, e afirmam que a mesma não é 100% segura, porém “basta apenas usá-la de modo controlado e com inteligência”. Isso revela não só um conhecimento teórico mas um conhecimento prático que leva em consideração o conceito de ciência, de tecnologia e a relação desses com a sociedade, como Santos e Schnetzler (2010) afirma, o Ensino de Ciências com enfoque CTS está vinculado à educação científica do cidadão. Ou seja, não se trata, apenas, em apresentar elementos do cotidiano dos estudantes de forma a atraí-los, mas perpassar os conceitos e contribuir para a realização de leituras e releituras do mundo social, natural e tecnológico, ou seja, de questões mais abrangentes e controversas (SILVA; NEVES, 2018).

Em suma, tais resultados demonstram a influência que a adaptação na SDI promoveu no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. Ou seja, utilizar recursos que permitam aproximar o estudante do seu contexto (mundo material) pode ser muito significativo. Entretanto segundo Fonseca (1995), a atividade em si

não garante que a aprendizagem aconteça, faz-se necessário a mediação do professor em todo o processo. Sendo assim, reafirmamos a necessidade em pensar um ensino que ultrapasse a simples esfera da memorização dos conteúdos e tenha os estudantes como seres atuantes no processo. Além disso, os resultados apontam que quando os estudantes entendem o porquê e para quê estão estudando um determinado conteúdo, o aprendizado acontece de forma mais eficaz, mais global, mais ampla e mais significativa, como pôde ser visto com o auxílio das notícias na SDI adaptada. Neste sentido, trabalhar os conteúdos químicos pautadas na perspectiva CTS pode, além de facilitar o aprendizado dos estudantes, levá-los a refletir sobre problemas sociais presentes em seu contexto e que ele é “peça” importante para tomadas de decisões futuras sobre os mesmos.

Vale salientar que a síntese “B”, produzida pelos estudantes que eram líderes, mas que também trazia a visão dos demais componentes (diferentes realidades), mesmo não havendo intervenção do professor, também foi analisada e nos revelou a subcategoria apresentada no quadro 7, a seguir.

Quadro 7 — Análise da “Síntese B”

Síntese B	Subcategoria
Radioatividade é o efeito promovido por elementos químicos radioativos: alfa beta e gama. Tal efeito pode ser usado tanto para coisas positivas (medicina, a radiação solar e vitaminas, energia nuclear - limpa- etc) quanto para negativas (bombas nucleares, que funcionam pela reação em cadeia da função dos elementos). Porém desastres podem acontecer com o manuseio das partículas como o isolamento de cidade (Chernobyl), isso porque, em grandes doses, a radiação faz muito mal para o organismo, podendo ter consequências irreversíveis, como: causar tumores e mutações e anomalias genéticas em seres vivos expostas à radiação. A radiação também pode ser encontrada na cultura pop, sendo utilizada na história de super heróis. Além de potencial para o uso na ciência, pode ser encontrada no cotidiano como micro-ondas e em diversos alimentos.	Indícios de um conhecimento associado à concepção negativa e positiva da Radioatividade na Sociedade. (Relação CTS) ICnCpRs

Fonte: Própria.

Comparando a síntese “B” com as sínteses anteriores (Sínteses “A”) antes da intervenção do professor, podemos perceber que houve um avanço significativo nas respostas, visto que, a associação de respostas diversas sempre constitui uma resposta mais elaborada. Assim como afirma Vygotsky (2010), os estudantes ao interagir e efetuar trocas de informações vão construindo conhecimento conforme seu desenvolvimento psicológico e biológico lhe permite, é na interação entre as

pessoas que em primeiro lugar se constrói o conhecimento. Assim sendo, podemos inferir que se estabeleceu também uma relação CTS.

Afinal, por estar pautada na dialogicidade sendo, portanto “um processo dialético [que] pode e deve ser adaptado aos objetivos propostos pelo professor [...] para desenvolver e construir novos conceitos/definições e, sistematizar os saberes já existentes para construção do conhecimento da realidade em estudo” (OLIVEIRA, 2013, p.239), a SDI adaptada se constituiu um instrumento de coleta de dados valioso, uma vez que propiciou aos discentes a reflexão colaborativa a respeito de suas concepções iniciais acerca do que é radioatividade e a reelaboração do conceito, com ou sem o auxílio da notícia. Sobretudo, a criação da etapa IV+ dinamizou o processo de ensino e aprendizagem do conhecimento científico, e os estudantes participaram mais ativamente das etapas, ampliando sua visão inicial a partir da interação entre os pares.

3.2. Análise de alguns episódios das aulas

Aulas 3 e 4:

Como já descrito na metodologia dessa pesquisa, as aulas 3 e 4 compreenderam a exibição do documentário intitulado: “Acidente radioativo de Goiânia - Césio 137” e, em seguida, do trailer da minissérie “Chernobyl”. Após as exibições, foram colocadas, pelo professor/pesquisador algumas questões problematizadoras, de modo a gerar contrapontos, comparar os dois acidentes nucleares (um local e um global) e, principalmente, desmistificar os termos “Radiação, Radioatividade, Contaminação e Irradiação”. A primeira delas foi “A partir do que foi visto, há alguma diferença entre radiação e radioatividade? O que vocês acham?”. Vários foram os pontos de vista trazidos, entretanto de acordo com Ciscato e Pereira (2012) e Okuno e Yoshimura (2010) a radiação é entendida como a propagação de energia no espaço, com velocidade específica, podendo ser irradiada em todas as direções e classificada como eletromagnética ou corpuscular. E sobre radioatividade, Ciscato e Pereira (2012) acreditam que ela pode ser compreendida como o estudo das reações que ocorrem no interior do átomo, no núcleo atômico, as chamadas de reações nucleares. Essas reações ocorrem devido à instabilidade dos elementos químicos (os elementos radioativos), que por sua vez

tendem a emitir partículas e/ou energia para alcançar a estabilidade. Sendo assim, tomaremos essas definições de radiação e radioatividade como parâmetros para nossas análises.

De modo a tornar a discussão mais interessante a professora faz um segundo questionamento “Há então alguma diferença entre contaminação radioativa e irradiação?”. Segundo Rodrigues Jr. (2007), é de extrema importância enfatizar a diferença entre contaminação radioativa e irradiação, pois, muitas vezes, esses conceitos são tidos como sinônimos. Neste sentido, adotaremos como conceitos de referência para análise dos dados o que diz Couto e Santiago (2010). Segundo esses autores, a irradiação é a exposição de um objeto ou corpo à radiação, o que pode ocorrer a alguma distância, sem necessidade de um contato direto com a fonte radioativa. Já, a contaminação radioativa caracteriza-se pela presença indesejável e acidental de material radiativo em determinado local, onde não deveria estar.

Objetivando perceber se os estudantes conseguem aplicar os conceitos vistos, a professora finaliza indagando “Quando precisamos ‘tirar’ Raio-X, nós estamos sendo irradiados ou contaminados, então?”.

Analisando segundo Bardin (2016), as falas dos estudantes em todo o processo de discussão, encontramos as categorias e subcategorias apresentadas no quadro 8 abaixo. Cabe destacar que a seleção das falas decorreu da participação dos estudantes na discussão.

Quadro 8 — Análise das falas dos estudantes no processo de discussão

Categorias	Unidades de contexto	Subcategoria
	Fala 1: “radioatividade e radiação é quase a mesma coisa, eu acho.” (<i>Prótinho</i>)	Não há diferença

<p>Diferença entre Radioatividade e Radiação</p>	<p>Fala 2: “Eu acho que a radiação tá dentro da radioatividade mas a radioatividade não é radiação” (<i>Ativi</i>)</p> <p>Fala 3: “eu acho que radioatividade é o assunto geral que engloba tudo isso, porém radiação é ação do elemento, o que o elemento faz, ele emite radiação” (<i>Prótinho</i>)</p> <p>Fala 4: “não necessariamente a radiação é radioatividade” (<i>Marie Curie</i>)</p> <p>Fala 5: “eu n sei, eu não consigo definir radioatividade separado assim. para mim é como se a radioatividade fosse um núcleo e dentro da radioatividade tivessem outras coisas, tipo a radiação, etc...” (<i>Ativi</i>)</p>	<p>Há diferença</p>
<p>Diferença entre irradiação e contaminação</p>	<p>Fala 1: irradiação é ação de emitir radiação (<i>Prótinho</i>)</p> <p>Fala 2: “irradiar é como se você tivesse um alimento e precisasse exportar. Você precisa que ele dure muito tempo porque demora para você colocar no avião e tudo mais. Não é que o alimento esteja radioativo é como se passasse e saísse por ele uma quantidade de radiação. Não absorve a radiação. Ele não fica radioativo” (<i>Césio-137</i>).</p> <p>Fala 3: “então se ele absorve isso aí seria contaminação” (<i>Prótinho</i>)</p> <p>Fala 4: “irradiação seria a emissão de radiação em alguma coisa” (<i>Beta</i>)</p> <p>Fala 5: “a gente viu na notícia do microondas que estávamos discutindo ontem, que ele irradia o alimento, ele agita as moléculas de água do alimento mas sem contaminá-lo, ou seja, ele não absorve radiação” (<i>Ativi</i>)</p>	<p>Há diferença</p>
<p>Aplicação dos conceitos de irradiação e contaminação no Raio-x.</p>	<p>Fala 1: “estamos recebendo radiação e consequentemente sendo irradiado para emitir a imagem” (<i>Beta</i>)</p> <p>Fala 5: “eu tenho certeza agora que quando você toma raio-x você é irradiado porque os médicos ficam fora e eles tem que ficar com aquela proteção porque eles passam muito tempo trabalhando com a radiação, não é prejudicial para a gente porque só passamos o tempo do exame” (<i>Beta</i>)</p> <p>Fala 6: “eu sigo um YouTuber no Instagram ele foi para Chernobyl. Ele fala no vídeo que tava recebendo radiação porém ele não poderia tocar em nada porque aí ele não iria conseguir sair de lá eles estariam com nível muito alto que é a contaminação” (<i>Beta</i>)</p>	<p>Entendem como irradiados</p>

	<p>Fala 3: “eu pensaria em contaminação radioativa quando a gente eleva os níveis de radiação acima dos aceitáveis. Porque ao pensar em radiação lembramos do Sol, nós recebemos radiação até do Sol mas pode chegar a ser prejudicial você pode receber radiação mas quando você ultrapassa aí sim e você é contaminado” (<i>Ativi</i>)</p> <p>Fala 4: “ eu pensei agora sobre o porquê as pessoas ficam cobertas, porque quando quando você está acompanhando a pessoa não pode entrar na sala de raio-x, nem grávida, então seria contaminação” (<i>Elemento X</i>).</p>	Entendem como contaminados
--	---	----------------------------

Fonte: Própria.

Com base nos resultados obtidos é perceptível que, inicialmente, há uma confusão entre os conceitos de *Radiação* e *Radioatividade*, confusão também já observada por Rocha, Alves e Lima (2017). Entretanto, percebemos uma evolução nos posicionamentos dos estudantes assim que pontos de vista diferentes eram levantados, o que pode ser visto, por exemplo, nas falas de *Prótinho*. No início o estudante acredita que não há diferença entre radiação e radioatividade, mas logo após o posicionamento da estudante *Ativi*, já consegue reorganizar seu pensamento, suas concepções iniciais, mostrando que há diferença ao afirmar que “radiação é ação do elemento, o que o elemento faz, ele emite radiação”. Segundo Anastasiou e Alves (2012), a aula dialogada tem esse papel, de favorecer uma análise crítica e, com isso, produzir novos conhecimentos, considerando a participação ativa dos estudantes e seus conhecimentos prévios como ponto de partida. Sendo assim, é nesse processo que se desenvolve o conhecimento científico, por meio do diálogo, na interação com os pares, professor-estudante, estudante-estudante.

Quando os estudantes são questionados sobre a diferença entre *Irradiação* e *Contaminação radioativa*, como eles já tinham visto nas aulas 1 e 2 algumas notícias envolvendo esses conceitos e no documentário do acidente de Goiânia fica bem explícita a ideia de que houve contaminação pelo contato físico e pela vias aéreas, se sentiram mais confortáveis em responder. Todos os que se posicionaram a respeito, compreendem que existe diferença entre esses dois termos e ainda conceituam irradiação, de um modo geral, como sendo “a ação de emitir radiação (*Prótinho*)” e entendem que a contaminação radioativa acontece quando a radiação é absorvida, “então se ele absorve isso aí seria contaminação (*Prótinho*)”, o que condiz com as concepções de Couto e Santiago (2010).

A estudante *Ativi* opta por mostrar a diferença entre esses dois conceitos através de uma aplicação comum e prática, que foi discutida nas aulas 1 e 2, o microondas. A mesma afirma que “o microondas irradia o alimento [...] sem contaminar [...] ou seja ele não absorve radiação”, o que também confere com as ideias de Couto e Santiago (2010) sobre contaminação radioativa.

Diante disso, conseguimos perceber indícios de um ensino com enfoque CTS, visto que alguns estudantes já começam a estabelecer, mesmo que de forma tímida, relações entre o conhecimento científico (Radioatividade), a tecnologia e os aspectos sociais. Isso fica mais evidente nas respostas das estudantes *Ativi* e *Césio-137*, essa última ainda trazendo em sua fala, aspectos econômicos, como a exportação. Com isso, compreendemos o quão significativo é trabalhar os conteúdos químicos dentro de uma perspectiva de ensino que possibilite a discussão de questões que normalmente não são abordadas nas aulas de química, introduzindo conceitos e construindo-os, em essência, de forma mais significativa.

Por fim, quando os estudantes são estimulados a aplicar os conhecimentos adquiridos, houve um silêncio maior na turma e dos que se posicionaram, alguns ainda não conseguiram relacionar adequadamente os conceitos às aplicações. É neste sentido que a inserção de abordagens e estratégias didáticas que retratem as dificuldades dos estudantes com relação à compreensão de conceitos relacionados à radioatividade e que levem em consideração o desenvolvimento científico, tecnológico e as questões sociais e ambientais intrínsecos ao estudo dessa temática, devem ser consideradas, visando desenvolver o senso crítico dos estudantes e capacitar cidadãos para julgar as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico (SILVA; MARCONDES, 2015).

Ao observar as falas dos estudantes, apenas um deles (*Beta*) considera que somos irradiados ao “tirarmos” raio-x. Em seu posicionamento o estudante além de associar o conceito químico à aplicação, traz argumentos que nos permite inferir que se estabeleceu uma relação CTS. O estudante entende é a partir da irradiação que a imagem é emitida, menciona o acidente nuclear de Chernobyl, a tecnologia é vista por ele na utilização do Raio-x na medicina, e ainda menciona fontes alternativas de obtenção de conhecimentos, como as mídias sociais, aproximando o conhecimento científico da sua realidade, seu contexto.

Nas falas dos estudantes que afirmam ser contaminação, é perceptível uma dificuldade em relacionar o conceito à aplicação, os mesmos demonstram entender o papel da ciência, da tecnologia e da sociedade, e que interrelações entre esses três eixos acontecem, porém o conceito de contaminação radioativa é mal interpretado. Neste seguimento, Bochecho (2011) acredita que a maior preocupação em trabalhar com abordagens que contemple as relações CTS, está no sentido de estabelecer um equilíbrio entre os conteúdos disciplinares e as discussões CTS, propriamente ditas, para que não se privilegie um eixo em detrimento de outro. Requer uma abordagem conceitual pautada nas interrelações político-sociais existentes entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (BOCHECO, 2011).

Em resumo, entendemos que irradiar, portanto, não significa contaminar e concordamos com as afirmações de Couto e Santiago (2010), de que a irradiação ocorre quando o indivíduo ou objeto recebe radiação, e enquanto permanece em um campo de radiação, o que acontece com os alimentos irradiados e produtos esterilizados por radiação, por exemplo, e portanto, não ficam radioativos nem são contaminados, visto que não há contato do material radioativo com o indivíduo ou objeto.

Aula 5 e 6

Nas aulas 5 e 6, tivemos as apresentações da usina LYBONREHC pelos estudantes, as quais fluíram no intuito de conceituar o que era uma usina nuclear, explicar como esta funciona e como a tecnologia é empregada no processo de geração de energia. Foi um momento bastante rico a ponto de, ao final, gerar inquietações a respeito da contraposição entre a geração de energia e o lixo nuclear. Os estudantes começaram a se questionar “*Para onde vai o lixo radioativo?*” e procurar alternativas “*Como diminuir os impactos? Quais as soluções para essa problemática?*”, pensar de uma maneira sistematizada e global e não de forma seccionada, visto que nas discussões eles apresentavam a geração de energia e lixo nuclear como conceitos interdependentes.

Foi a partir daí que o professor mediu a segunda atividade. Já que eles tinham explicado o processo de geração de energia, eles deveriam agora, pensar sobre o lixo nuclear. Neste sentido, foi realizada uma discussão com alguns elementos de um júri simulado, em que os estudantes deveriam argumentar sobre a

“Geração de Energia x Lixo Nuclear”, problemática em questão, e apontar possíveis soluções.

Vale salientar que a notícia inicial serviu para auxiliar na problematização do tema, e trazer as discussões do global para o local, permitindo que o estudante pense a respeito da implantação de uma usina nuclear aqui em Pernambuco e se seria vantajosa? Em que sentido?.

A partir das apresentações consideramos que emergiram duas categorias *a priori*, geração de energia e lixo nuclear, sob as quais, a partir das unidades de contexto (falas dos estudantes na discussão) emergiram algumas subcategorias que estão expressas no quadro 9 abaixo.

Quadro 9 — Posicionamentos dos estudantes na discussão

Categorias	Unidades de Contexto	Subcategorias
Lixo Nuclear	O lixo radioativo pode causar câncer.	Doença
	O Brasil não respeita legislação.	Desrespeito à legislação
	Não é algo ambiental apenas, a sociedade também sofre; Afeta a população e o ambiente num contexto amplo, devemos pensar no todo; Retira moradias próximas às usinas devido ao grau de toxicidade; Os aterros emitem radiação; A agricultura é afetada por causa do solo; Há alta produção de rejeitos nucleares; Rejeitos em grande quantidade são produzidos; Impossibilita o plantio; Afeta a biodiversidade; Desequilíbrio do ecossistema marítimo.	Afeta a população e o ambiente
	Não dá para esquecer o potencial de desastres; É rentável, mas perigosa; Rentável e desastrosa.	Acidentes
	Para trabalhar em uma usina nuclear precisa de mão de obra qualificada; Gera mais empregos mas necessita de mão de obra qualificada.	Mão de obra qualificada

	<p>Demanda de administração correta;</p> <p>Energia muito cara.</p>	Aspectos econômicos
	<p>Há alternativas de outras energias, por exemplo, a solar;</p> <p>Há outras formas de energia.</p>	Fontes alternativas de energia
Geração de energia	<p>Pouca ou quase nenhuma liberação de CO₂;</p> <p>Queima mínima de combustível fóssil;</p> <p>Sem queima;</p> <p>Não contribui para o efeito estufa;</p> <p>Há alternativas de resfriamento do rejeito sem ser no mar;</p> <p>Tem piscinas para o resfriamento.</p>	Menor impacto ambiental
	Possibilita a geração de muitos empregos.	Empregabilidade
	<p>Área menor para construção da usina;</p> <p>Desenvolvimento econômico, pois o petróleo sai de foco;</p> <p>Guerras por petróleo podem ser amenizadas;</p> <p>A energia é armazenada visto que é exportada, por exemplo, para Portugal;</p> <p>A meia vida do uranio é muito longa;</p> <p>É uma alternativa para independência do Petróleo;</p> <p>Reservas maiores x combustíveis fósseis;</p> <p>Energia nuclear é mais rentável economicamente e socialmente;</p>	Desenvolvimento econômico
	Não depende da chuva, nem do sol, nem do vento.	Independência de fatores climáticos
	A implantação de uma usina nuclear estimula a população do entorno a se especializar tecnologicamente visando sua empregabilidade.	Estímulo à educação tecnológica;

Fonte: Própria.

É importante destacar que nosso objetivo em promover essa discussão não foi defender nem acusar a energia nuclear, mas suscitar nos estudantes o senso

crítico, a reflexão, o pensar no ambiente e no meio em que eles estão inseridos, por meio da apresentação de opiniões divergentes.

Analisando as respostas obtidas, na categoria “*Lixo Nuclear*”, emergiram sete subcategorias: *Doença, Desrespeito à legislação, Afeta a população e o ambiente, Acidentes, Mão de obra qualificada, Aspectos econômicos, e Fontes alternativas de energia*. Todas elas são fatores apontados pela equipe que “condena” a energia nuclear. Nota-se nitidamente nos argumentos, traços de uma perspectiva de natureza crítica e reflexiva, pois são vistas relações entre ciência, tecnologia e sociedade em quase todos os argumentos apresentados, em alguns deles um eixo (C, T ou S) mais evidente que outro, mas em todos os posicionamentos aparecem pelo menos dois deles.

Foi possível perceber ainda a importância de se trabalhar com problemáticas locais, que aproximam o estudante do seu contexto, para assim compreender os temas globais. Digo isso, pois mesmo sem solicitar a relação com a notícia inicial e/ou com problemáticas locais, os estudantes fizeram associações, ao perguntar, por exemplo, “*Mas aqui em Pernambuco, onde seria viável uma usina nuclear?*”, e o estudante BR-238 logo aponta “[...] lá por Petrolina, nas margens do Rio São Francisco, como mostra na notícia”. Segundo Santos e Mortimer (2002), não é obrigatório trabalhar com temas locais para entender as problemáticas globais. Muitos autores defendem a inclusão de temas locais, enquanto que outros defendem os temas globais, contudo, todos concordam que o tema deve fazer parte da vida dos estudantes.

Já na categoria “*Geração de energia*”, emergiram as subcategorias: *Menor impacto ambiental, Empregabilidade, Desenvolvimento econômico, Independência de fatores climáticos e Estímulo à educação tecnológica*. Podemos observar de forma explícita as referências que os estudantes fizeram ao desenvolvimento científico-tecnológico como fator de resolução dos problemas sociais.

Luján López et al. (1996 apud ROCHA, 2018), afirmam que pensar no desenvolvimento científico gerando desenvolvimento tecnológico a fim de resolver problemas sociais é uma concepção espontânea/ingênua de ciência. É preciso pensar em um novo processo tecnológico capaz de romper com a visão linear de que a ciência gera conhecimento tecnológico, que por sua vez produz

desenvolvimento econômico que determina o bem-estar social. Cardoso e Costa (2012) afirmam que a falta de conhecimento sobre a produção de energia nuclear, pode favorecer a permanência dessa concepção linear de ciência e ser responsável pelas inquietações acerca dessa forma de gerar energia.

É neste sentido que discussões como essas são fundamentais, visto que nos permite enxergar os dois lados da energia nuclear, as vantagens e as desvantagens. Mais uma vez, cabe destacar a importância em ensinar radioatividade por meio do enfoque CTS. Strieder (2012) aponta que a forma como o professor aborda esse tema e as intervenções feitas pelo mesmo nas discussões, contribuem muito para que os estudantes entendam que não são apenas as usinas nucleares que podem afetar negativamente a sociedade e o ambiente, mas que qualquer tipo de produção de energia traz consigo riscos e benefícios. Sendo assim, cabe aos estudantes se posicionar criticamente acerca dessas questões, e assumir responsabilidades, para que sejam capazes de intervir no entorno em que vivem. É de suma importância que o estudante entenda seu papel de sujeito ativo no seu processo de aprendizagem e que, por meio dessa discussão, ele possa tirar as suas próprias conclusões, a respeito da utilização da energia nuclear no Brasil.

Aula 7 e 8

Analisando os desenhos produzidos pelos estudantes acerca do questionamento inicial da SEA “*O que é Radioatividade?*” e as discussões realizadas no processo de socialização, temos que:

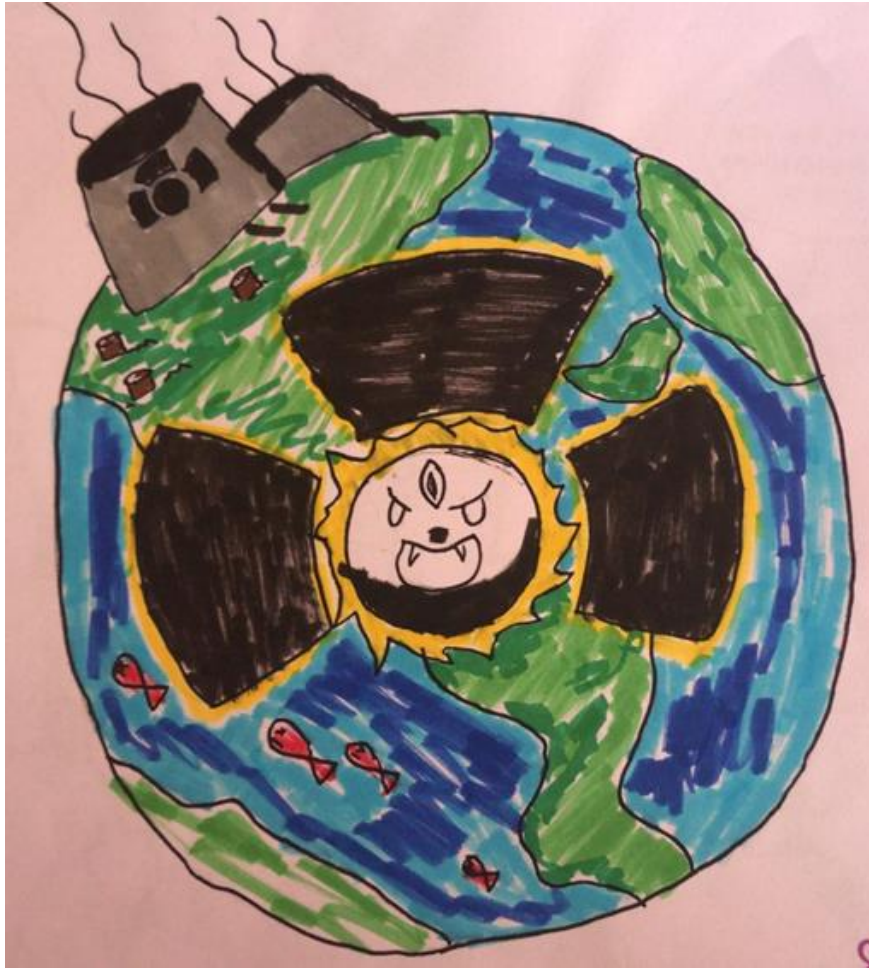
Desenho 1



Autora: *Núcleo*.

Segundo a estudante *núcleo*, o desenho apresenta dois cientistas tentando equilibrar a radioatividade, que é representada através de uma bola parecida com uma bola de basquete. Um deles conseguiu equilibrar, mostrando assim que a radioatividade pode trazer grandes benefícios para sociedade, e o outro, não conseguiu, mostrando que quando é desequilibrada, a radioatividade sempre vai ser vista como maléfica. No desenho o cientista vira o personagem de desenho animado "Hulk" (Bruce Ben, escrito no crachá dele), com a roupa toda rasgada e trazendo um dos danos da radioatividade, as mutações, ao afirmar "acho que perdi a mão só um pouquinho".

Desenho 2



Autora: *Pózinho Mágico*.

Neste segundo desenho, *Pózinho Mágico* afirma que quis trazer na imagem como a radioatividade normalmente é vista/percebida no mundo, uma visão bem negativa, que é mostrada no desenho através do símbolo da radiação no meio do globo. Os danos causados por ela atingem, por exemplo, o mar, área em azul, afetando a biodiversidade, e a agricultura, área em verde, que aparece danificada, representada pelas árvores cortadas, desmatamento. Ao final a estudante afirma que apesar de todo dano, a radioatividade não é só isso, devemos olhá-la como o sol, que pode causar queimaduras se ficarmos expostos o dia inteiro, mas, que de forma moderada, a radiação que ele emite é essencial para vida. A estudante traz um equilíbrio e afirma que apenas o excesso de exposição à radiação é que seria prejudicial.

Desenho 3



Autora: *Alface Radioativo.*

Pelo olhar da pesquisadora, a estudante quis retratar a poluição das águas por meio da radiação. No desenho ela apresenta uma espécie de disco voador emitindo radiação em direção ao mar e um(a) canal/torneira com o símbolo da radioatividade mostrando o despejo de lixo radioativo no mar. Mais acima do lado direito do desenho há uma sinalização com a placa “*o mar não está para peixe*” tentando ironizar a ideia da problemática do lixo nuclear e a consequência como sendo a morte dos peixes. É possível observar ainda que a placa está fincada em cima de uma montanha, onde também está presente um indivíduo, que recobre rejeitos nucleares aterrados.

Desenho 4



Autora: *Gaminha*.

No olhar da pesquisadora, *Gaminha* mostra em seu desenho uma cidade que foi evacuada devido aos grandes índices de poluição. Provavelmente a autora quis representar como se encontra a cidade de Chernobyl nos dias de hoje, após um dos maiores acidentes nucleares do mundo. Os símbolos da radiação talvez estejam no ar para indicar que mesmo após muito tempo pode ainda haver a presença de radiação no ar que pode gerar contaminação.

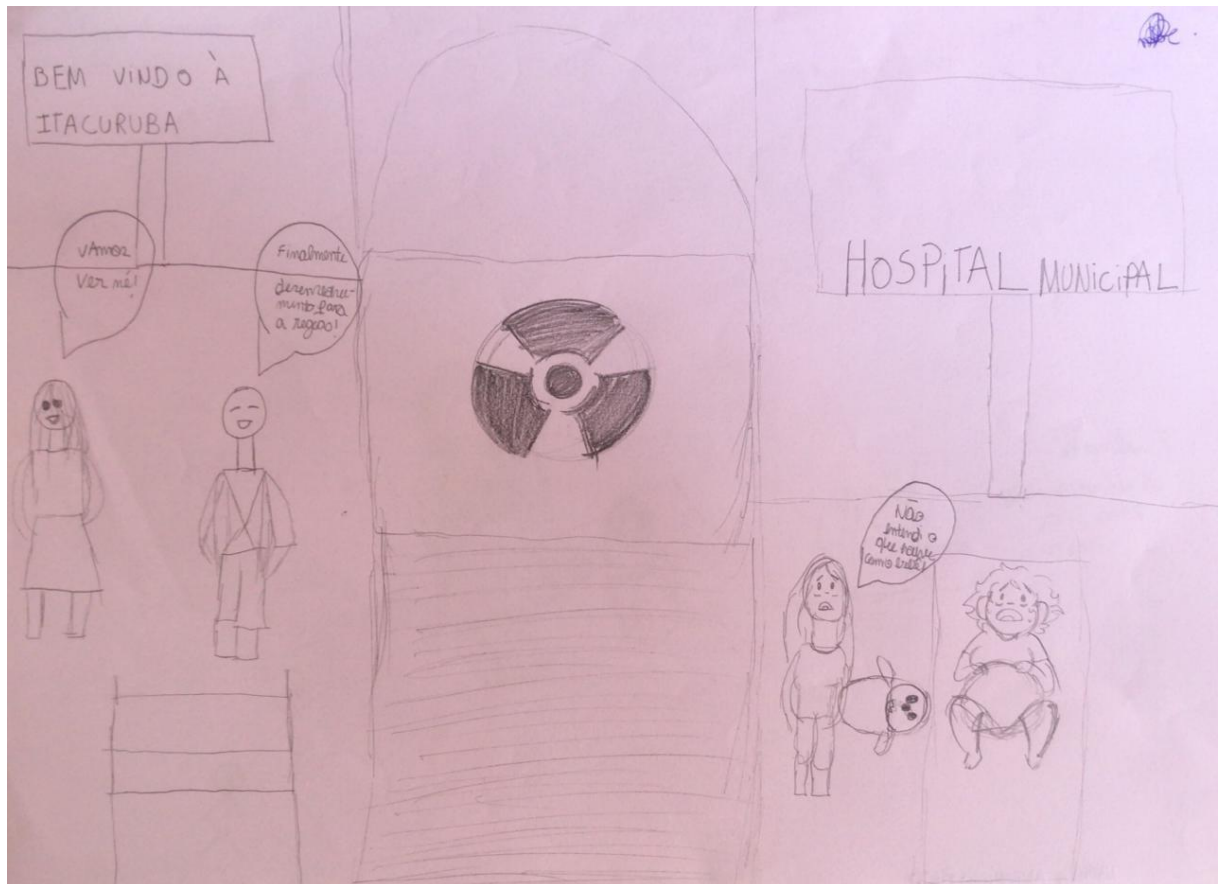
Desenho 5



Autora: *Alfa 2*.

Neste desenho, pelo olhar da pesquisadora, temos uma mulher com duas crianças, uma no colo e outra segurada na mão, entre duas usinas nucleares. Aparentemente a mãe está amedrontada e no rosto dela está desenhado o símbolo da radiação. Talvez para indicar que ela está contaminada, por causa da emissão de radiação no ambiente e pela proximidade que ela está das duas usinas.

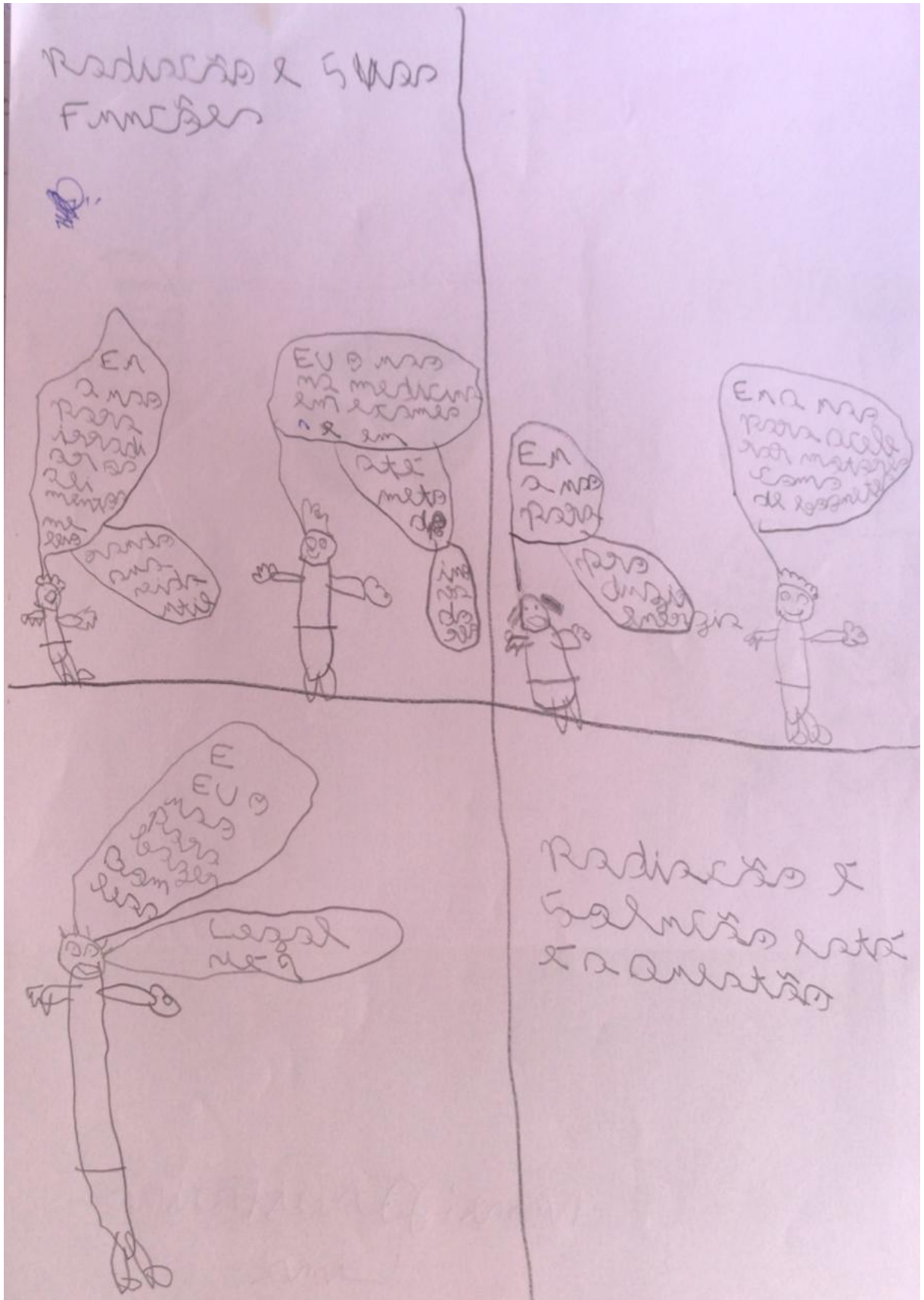
Desenho 6



Autora: *Césio-137*.

A autora *Césio-137* mostra, de um lado, um homem e uma mulher conversando a respeito da instalação de uma usina nuclear na região, e de outro lado, em um hospital, o nascimento de um bebê deformado. Isso implica dizer que mesmo que a usina nuclear gere desenvolvimento científico-tecnológico para a região propiciando inúmeros benefícios, é importante pensar na gerência dessa usina e nos parâmetros que se têm para construí-la. Pois caso não seja bem estruturada pode gerar consequências irreversíveis para população, o que é representado pela deformação do bebê que foi contaminado com a radiação.

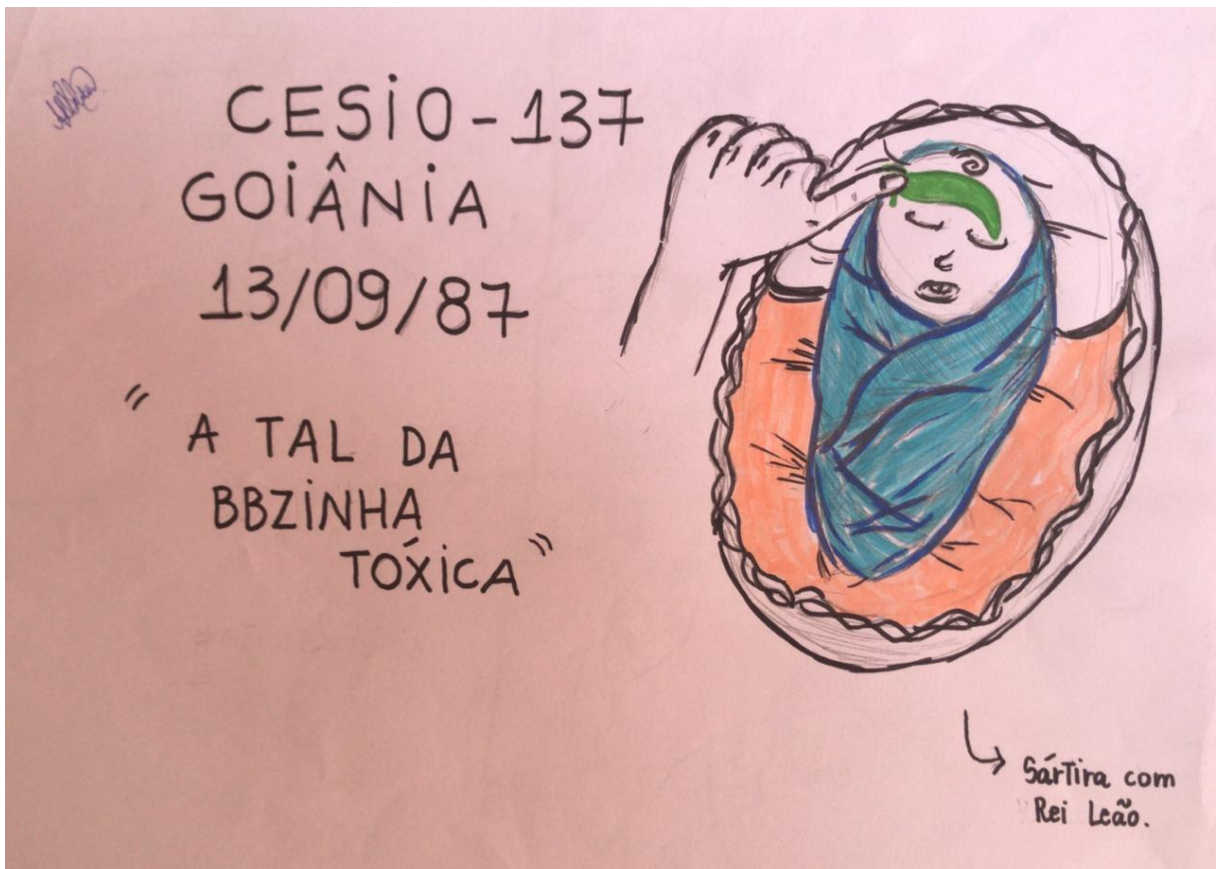
Desenho 7



Autor: USI437-8.

O autor do desenho quis mostrar os benefícios da radioatividade, exemplificando, por exemplo, o processo de irradiação de alimentos para melhorar a vida útil dos mesmos, na medicina, usada em exames e em métodos inovadores, para geração de energia, para o aceleração de motores de foguetes, e por fim, para produção de bombas nucleares. Afirma ao final que “*Radiação é solução esta é a questão*”.

Desenho 8



Autora: *Nobelium*.

Essa estudante tentou satirizar o acidente ocorrido na cidade de Goiânia, com o Césio-137, fazendo uma analogia com uma cena do início do filme “Rei Leão”, em especial, onde o macaco pinta a cabeça do personagem Simba para “batizá-lo” no reino. No acidente de Goiânia, nas palavras da estudante, houve um “batismo”, mas um batismo prejudicial, que é visto no vídeo, no momento em que eles vêem o pó azulado brilhando no escuro e saem tocando, espalhando e resultando em uma contaminação.

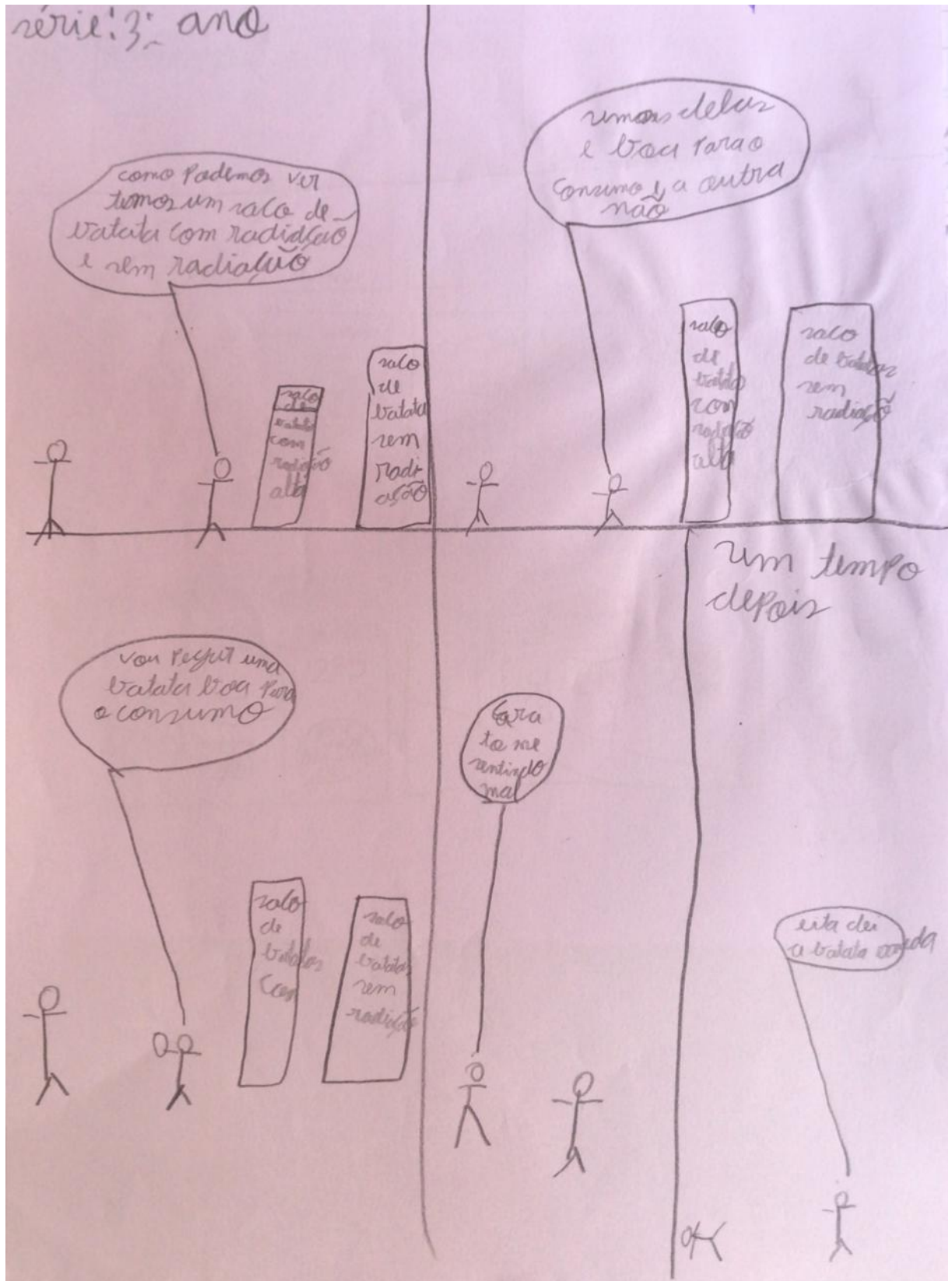
Desenho 9



Autor: *Urânio*

Interpretando o desenho/charge do autor *Urânio*, encontramos inicialmente alguns benefícios da radioatividade como a geração de energia e a utilização na medicina, e em seguida, uma alerta "CUIDADO! RADIOATIVO". Nessa ideia descreve a visita de um indivíduo leigo a um museu de ciências nucleares, onde tem o elemento químico urânio. O instrutor/guia do museu sinaliza o perigo e solicita a utilização de uma proteção de chumbo, que impede a radiação, para que consiga ver o urânio.

Desenho 10



Autor: Gamatêlio.

Neste caso, o estudante representa o processo de irradiação que acontece com a batata frita, mostrando no desenho dois indivíduos e dois sacos de batata, um denominado por ele de comum e outro que passou por um processo e tinha muita radiação. O estudante quis explicar que um era bom para o consumo e outro não, pois quando irradiado ia fazer mal para o organismo, por esse motivo o homem que comeu a batata irradiada acabou morrendo.

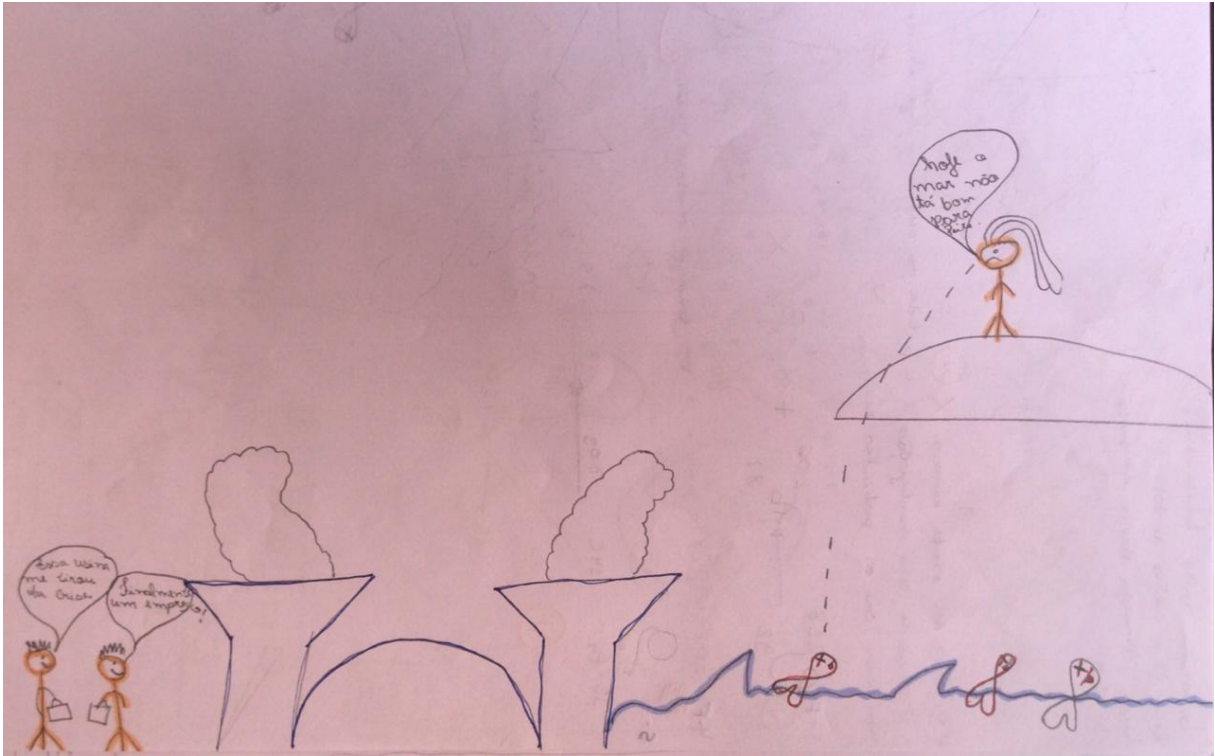
Desenho 11



Autor: BR-238

A imagem mostra um passeio de dois homens por uma cidade evacuada devido aos acidentes nucleares. Eles estão andando em um carro, com uma proteção de chumbo por isso não são contaminados, visto que o metal barra a radiação.

Desenho 12



Autora: *Idade*.

A estudante que fez o desenho acima aponta que o mesmo representa os benefícios e malefícios da radioatividade, afirmando que, ao mesmo tempo, que as usinas nucleares geram empregos, os dois personagens no início do desenho estão chegando na usina para trabalhar, quando as pastilhas não são resfriadas corretamente, afetam a biodiversidade marinha, para isso ela mostra os peixes mortos e uma outra pessoa olhando de longe dizendo “*hoje o mar não tá bom para peixe*”, uma ironia.

Desenho 13



Autora: *Marie Curie*.

Aqui, a estudante apresenta um hospital, com o intuito de mostrar a aplicabilidade da radioatividade na medicina, e logo depois uma usina nuclear, tentando relacionar com a produção de energia. Em contraponto, a mesma coloca o lixo radioativo sendo descartado de forma incorreta e afetando os seres humanos e o ambiente em si, que é representada de uma forma bem grotesca, pela tartaruga gigante, para mostrar como é visto os danos da radioatividade em filmes, por exemplo. Segundo a autora *Marie Curie*, a intenção era que a tartaruga estivesse em um plano à frente do plano do papel e apresentasse algumas deformações como ter três olhos e antenas.

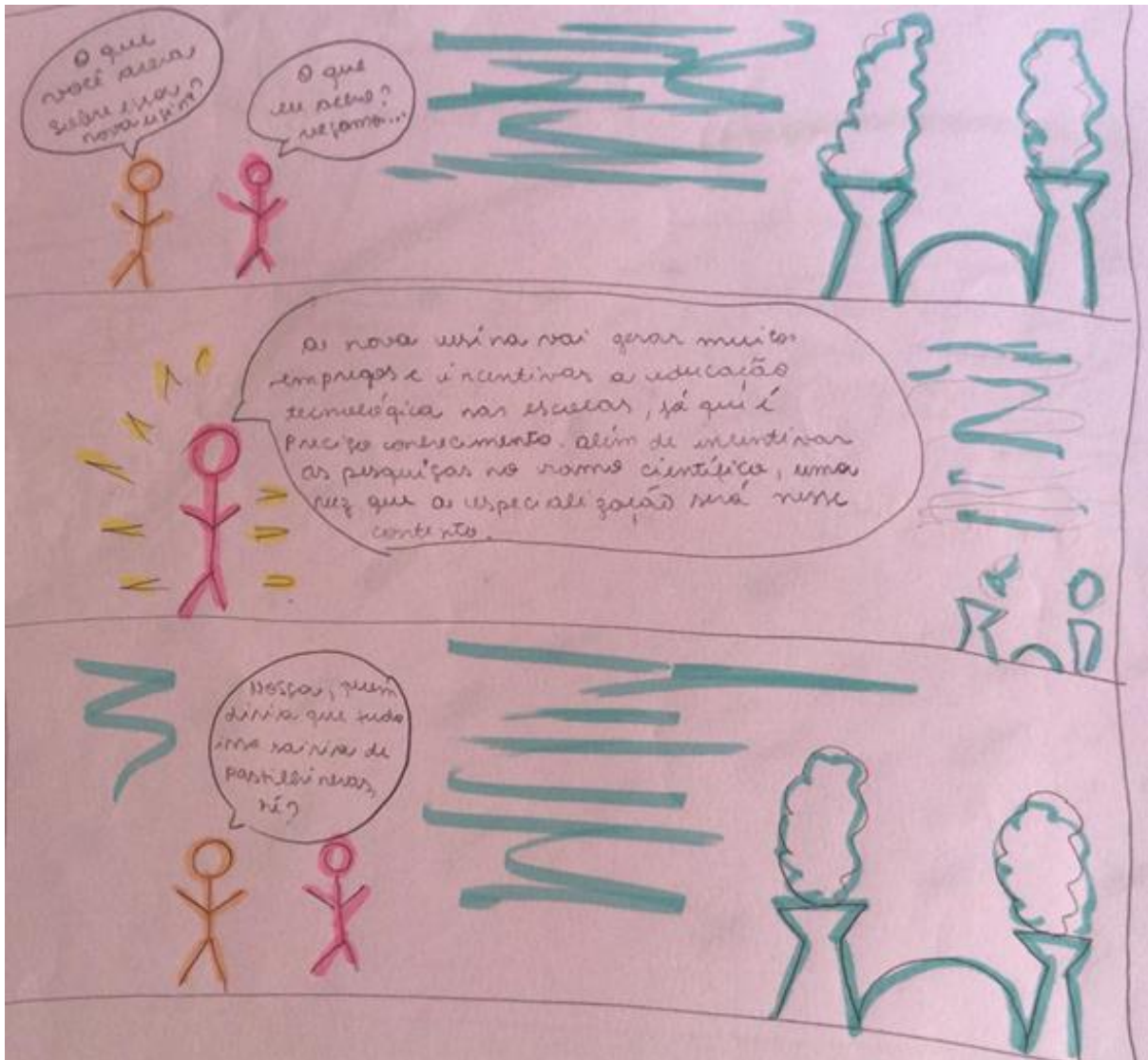
Desenho 14



Autor: Prótinho.

O estudante inicia afirmando que no seu desenho lembrou muito do acidente com o Césio-137, fez como se fosse uma crítica às empresas que não descartam o lixo nuclear corretamente. O desenho apresenta, de um lado, um rapaz que está visitando uma usina e quem está lhe atendendo é um pesquisador. E de outro, uma montanha de lixo nuclear descartado, assim como ficou em Goiânia, representada em dois planos, o primeiro como se tivesse cortado ao meio e tivesse vendo isso, e o outro atrás, a empresa, com duas crianças na borda. Na visão seccionada da montanha, o estudante coloca duas pastilhas de urânio conversando “*Ainda bem que a gente é descartado corretamente, né?!?*”, ironizando o problema do descarte incorreto do lixo nuclear, e na borda inferior do desenho, estão as duas crianças brincando e relembrando o acidente vivido.

Desenho 15



Autora: Rádio.

A charge da estudante, aqui apresentada, retrata um amigo desinformado que queria que o outro compartilhasse conhecimento com ele sobre uma nova usina nuclear que foi implantada na área. Ao final eles se chocam com a dimensão de coisas que podem advir de uma usina nuclear afirmando “Nossa, quem diria que isso tudo sairia de pastilhinhas, né?”, como a educação tecnológica, por exemplo.

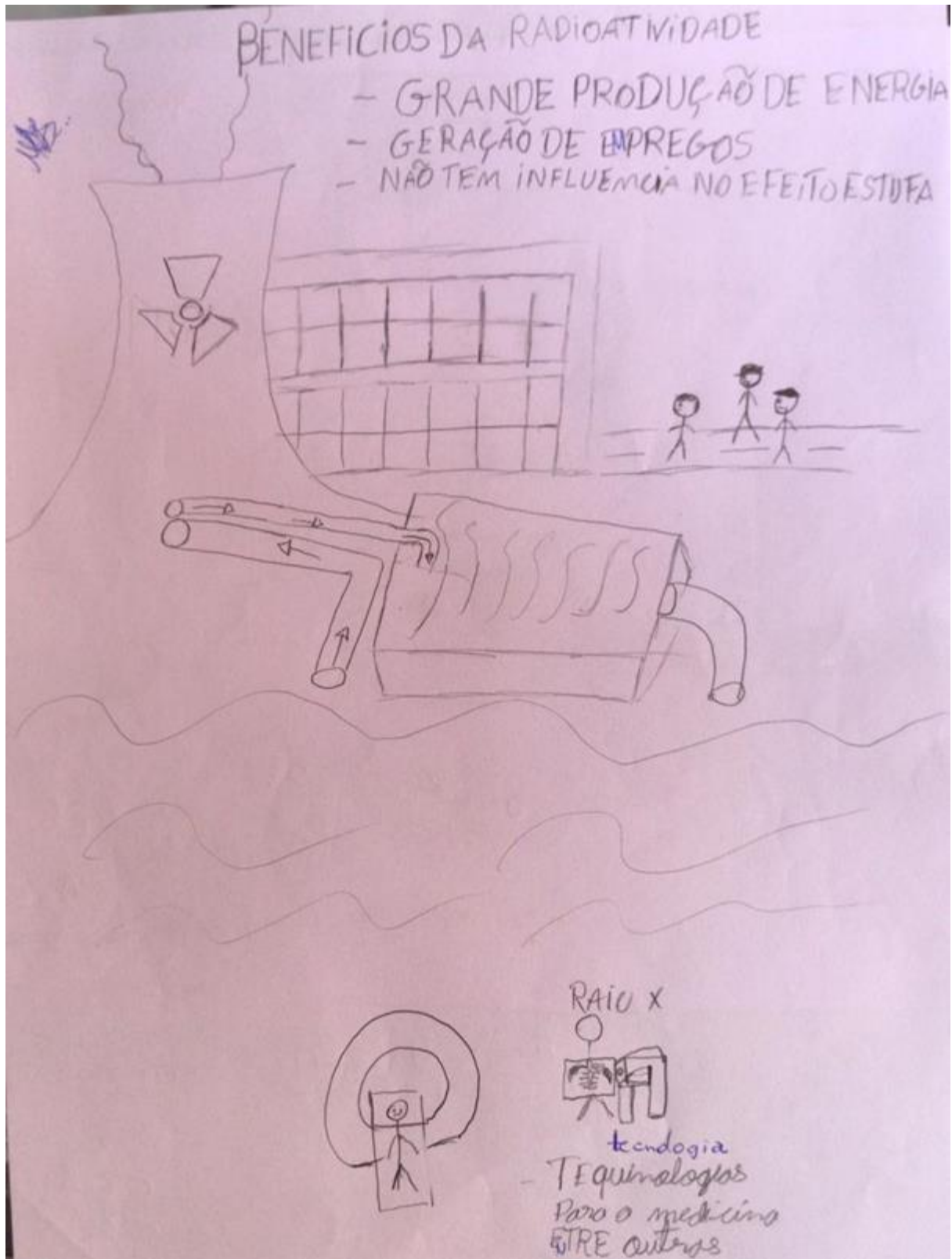
Desenho 16



Autor: *Elemento X*

No desenho apresentado, o estudante afirma que quis retratar o que as pessoas pensam a respeito da radioatividade, entender porque sempre é algo que choca muito quando se fala para uma pessoa que não tem muito conhecimento sobre. Sendo assim, aponta que quis trazer um cenário de sala de aula, visto que é um ambiente que permite trocar ideias. No desenho, a professora explicou que ia trabalhar radioatividade e automaticamente o estudante remeteu o conteúdo químico a perigo e acidentes nucleares, representado pelo que está dentro do balão. Entretanto ao final, mostra o argumento da professora, defendendo a ideia de que a radioatividade também apresenta benefícios, é preciso apenas equilíbrio.

Desenho 17

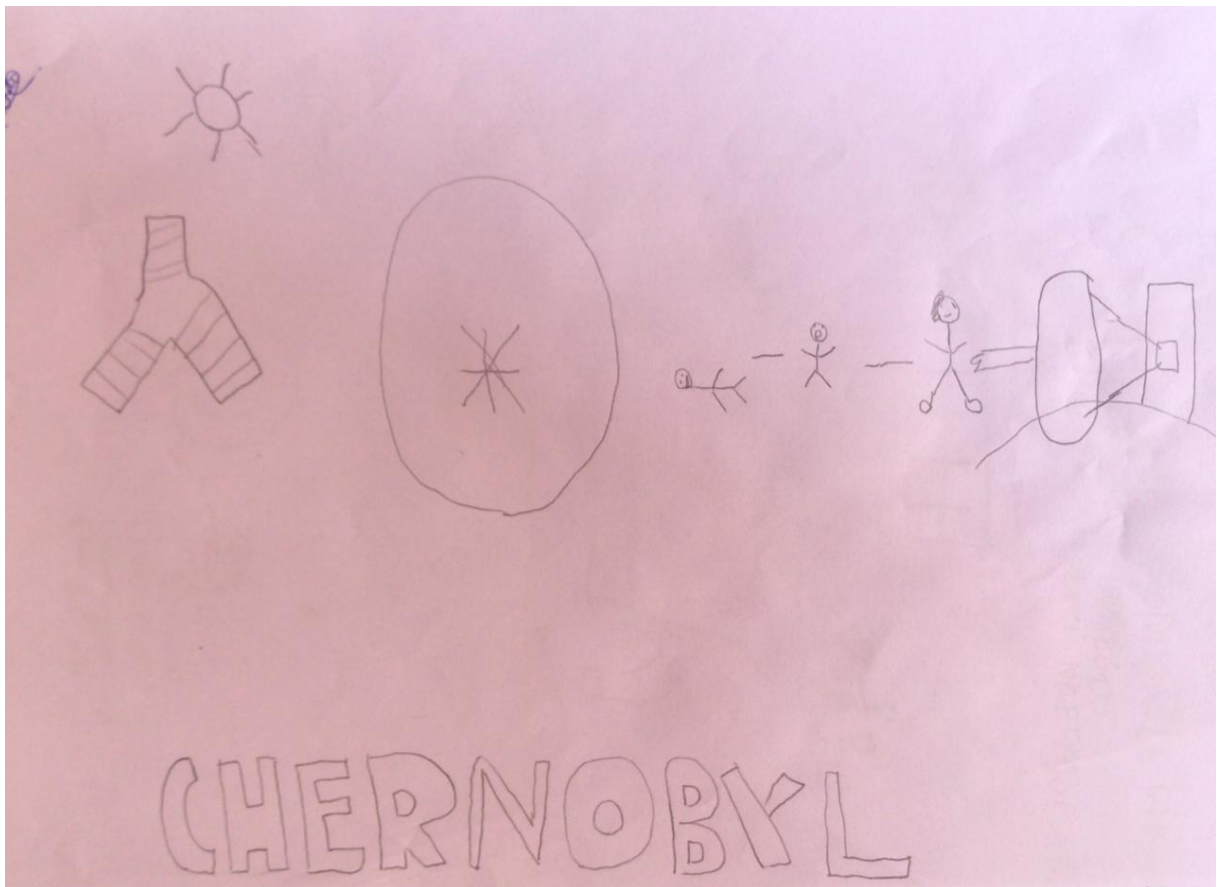


Autor: Beta.

Neste desenho o estudante afirma que focou nos benefícios que a radiação traz, por isso desenhou um projeto de indústria, como deveria ser, que deveria ter as

piscinas para resfriamento das pastilhas de urânio, visto que a produção é muito grande. Na medicina o estudante quis mostrar que a inovação é muito constante, e a diversidade de aparelhos que se utilizam da radiação vem crescendo como, por exemplo, os aparelhos de raios-x, o que faz exame de tomografia e todo processo de tratamento de câncer.

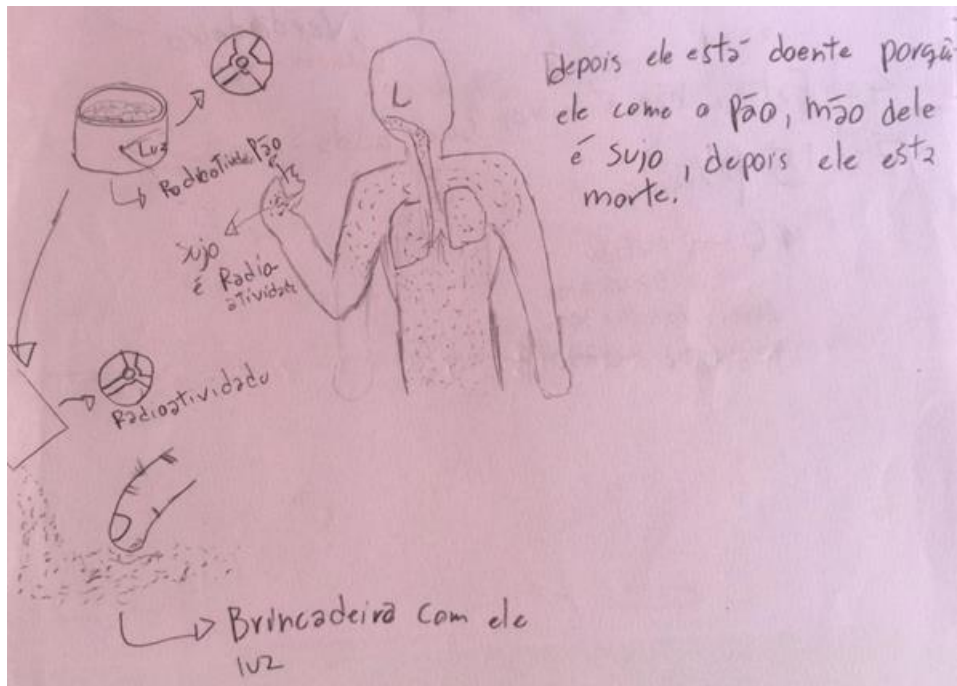
Desenho 18



Autora: *Hiroshima*

Aqui a estudante traz a representação da usina nuclear de Chernobyl, e mostra que quem está mais próximo da fonte de radiação está mais irradiado do que quem está mais longe. Além disso, quis trazer outros locais, onde encontramos radiação, por isso desenhou o sol e o símbolo da radiação, fazendo uma associação com raios.

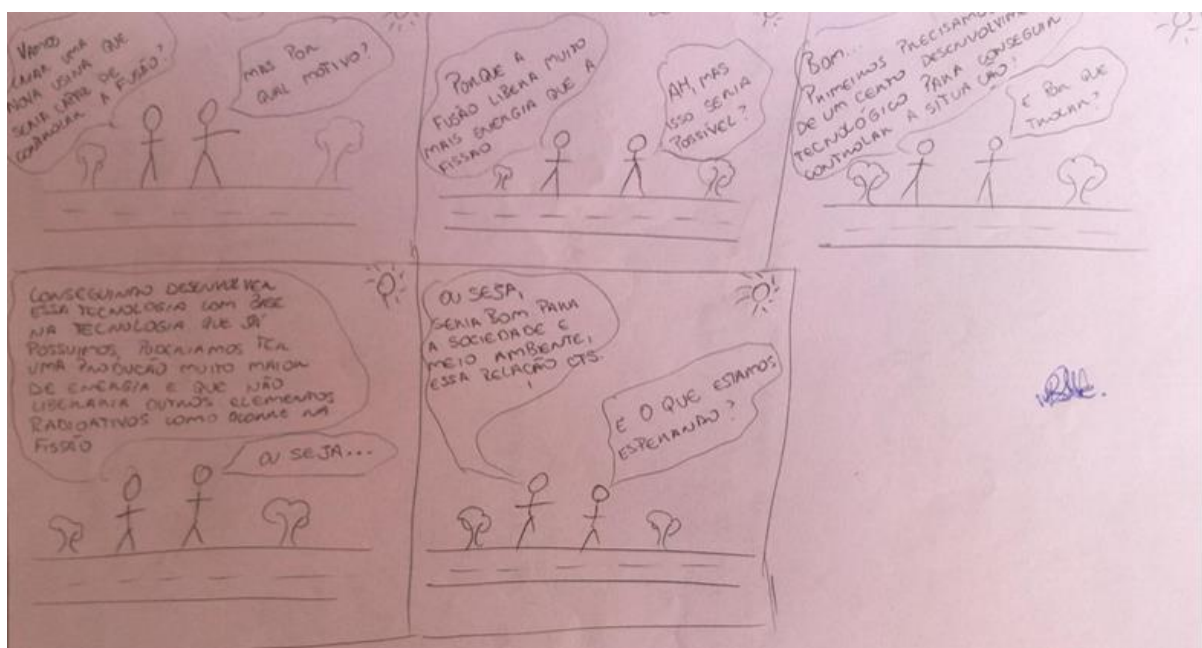
Desenho 19



Autor: Denver.

O estudante *Denver* tentou representar, de forma bem similar, o acidente de Césio em Goiânia. O mesmo pontua como se deu o processo de contaminação, o ponto de partida que ocasionou todo o desastre.

Desenho 20



Autora: Ativi.

Por fim, *Ativi* apresenta em sua charge dois indivíduos tentando explicar o motivo de se querer trocar fissão por fusão nuclear em uma usina, e afirmam que é porque a fusão nuclear libera muito mais energia, ou seja seria mais rentável, porém esse é um processo que ainda não é controlado e a ideia futura seria criar uma usina que fosse capaz de controlar essa fusão, visto que estudariam o desenvolvimento científico e tecnológico.

Como os desenhos expressavam o que os estudantes entendiam, agora, por Radioatividade, a categoria *a priori* e *a posteriori* foi a mesma, concepção de radioatividade, e as subcategorias emergiram das interpretações dadas pelos estudantes ou pela pesquisadora acerca dos desenhos. A categoria assim como as subcategorias que emergiram da análise dos desenhos são mostradas no quadro 10 abaixo.

Quadro 10: Categorias e Subcategorias elencadas para os desenhos

Categoria	Desenho	Subcategoria
Concepção de Radioatividade	1, 2, 6, 9, 12, 13, 14,16, 17, 20	Maléfica e Benéfica (Equilibrada)
	3, 4, 5, 10, 11, 18, 19, 8	Maléfica
	7, 15	Benéfica

Fonte: Própria

De acordo com os resultados obtidos é possível inferir que as atividades da SEA, de uma maneira geral, contribuíram muito para que os estudantes repensassem suas concepções iniciais acerca da radioatividade. Dentre os 20 estudantes que produziram os desenhos, se comparadas às respostas iniciais obtidas na SDI adaptada, temos um número de estudantes que se posicionam apontando os benefícios e malefícios da radioatividade, bem maior. Ou seja, a maioria deles passam a apreender um sentido mais holístico do conceito, e começam a assimilar a ideia de que a radioatividade pode ser usada desde que haja um equilíbrio. Segundo Azevedo e Silva (2013), entender os conceitos e processos advindos da química nuclear é essencial para o desenvolvimento de uma visão crítica e reflexiva.

Entretanto, vale destacar que a mudança na concepção sobre radioatividade foi mais perceptível em alguns estudantes do que em outros, visto que vários deles

ainda apontam em seus desenhos problemáticas associadas a uma visão negativa da Radioatividade. Nos desenhos dos estudantes *Gaminha* e *BR-238* é evidente a problemática da destruição de cidades; a estudante *Alface Radioativo* sinaliza a problemática do lixo nuclear; *Alfa 2* e *Hiroshima* associam a energia nuclear a algo prejudicial; *Gamatélio* expressa ainda uma incoerência a respeito dos termos contaminação e irradiação, visto que mostra alimentos irradiados como provedor de mortes; e por fim, *Denver* e *Nobelium* ainda associam radioatividade aos acidentes nucleares. Em vista disso, apreende-se que as significações construídas socialmente sobre a radioatividade imprimem aos indivíduos dificuldades peculiares à desmistificação do conceito e conseqüentemente, esse processo se torna mais compassado. Por esse motivo, o investimento em estratégias didáticas que apresentem a Ciência e a Tecnologia atreladas aos aspectos sociais, deve ser recorrente. Segundo Santos (2004), “é importante desmistificar a ciência e a tecnologia, situando-as no contexto social em que se desenvolvem, mostrando que elas são influenciadas e influenciam os valores, interesses e impactos sociais, o que faz delas atividades humanas” (SANTOS, 2004, p.4).

Em compensação, as relações CTS, estiveram presentes na maioria dos desenhos. No primeiro desenho, da estudante *Núcleo*, por exemplo, conseguimos ver aspectos sociais, o conteúdo químico envolvido e a tecnologia que auxilia no desenvolvimento da ciência. Há uma preocupação em desmistificar a visão linear de ciência como algo produzido pelos cientistas, o que é apontado na figura através do personagem “Hulk”. A estudante, assim como vários outros, retrata um equilíbrio entre os impactos positivos e negativos da radioatividade na sociedade, mostrando os cuidados que devem ser tomados quando se opta por fazer uso da radiação.

A estudante *Pózinho Mágico* também reforça a ideia de equilíbrio da estudante *Núcleo*, ao afirmar que apesar de todo dano [...] devemos comparar a radiação ao sol, que pode ser prejudicial, mas é essencial à vida. O estudante Beta também pontua uma série de vantagens a respeito da radioatividade, e como a tecnologia associada a ela pode gerar benefícios à sociedade, principalmente na medicina. Isso nos garante uma formação em que os estudantes são capazes de avaliar os benefícios e os riscos a que estão expostos e acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados ao uso da radiação/radioatividade (BRASIL, 2002).

Partindo desse pressuposto, reafirmamos a importância em se utilizar os desenhos como instrumentos de pesquisa, visto que esses nos forneceram valiosas informações, contribuindo para desmistificação do conceito de radioatividade e aproximando esse conteúdo, tido como abstrato, do contexto de vida dos estudantes. Segundo Costa et al. (2006), o uso dessa linguagem não-verbal nos processos de ensino e aprendizagem pode contribuir para compreensão de conceitos básicos, concedendo aos estudantes reflexões sobre a realidade social e a diversidade de questões que cercam uma temática em todas as suas dimensões.

Dialogando com Derdyk (1994), o desenho é uma forma de linguagem expressiva, por meio da qual o homem apreende as coisas à sua volta, atribuindo-lhes significados. Para Derdyk (1989) “como pensamento visual, o desenho é estímulo para exploração do universo imaginário. É, também, instrumento de generalização, de abstração e de classificação”. Em outras palavras, o desenho, que é uma forma de representar uma realidade mentalmente construída (COSTA et al. 2007).

De modo geral, pode-se dizer que por meio da perspectiva CTS o ensino da radioatividade se deu de maneira diferenciada, e que estes estudantes que mal sabiam o que o termo radioatividade significava passaram a ter outra conotação a respeito do tema, o que é visto nos desenhos através da presença de vários pontos que foram levantados em sala de aula.

Entretanto esse é apenas um trabalho. É necessário que se invista muito mais em perspectivas dessa natureza, que prezem pela formação científica e tecnológica dos cidadãos, e auxilie o estudante na construção dos seus conhecimentos e valores para tomada de decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade, e, portanto, atuar na solução dessas questões (CRUZ; ZYLBERSZTAJN, 2001; SANTOS; MORTIMER, 2002; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; TEIXEIRA, 2003).

3.2. Análise da SEA, segundo a perspectiva de Méheut

Explorando a SEA de uma maneira geral, envolvendo todas as atividades planejadas e executadas, e considerando os elementos e as dimensões propostas por Méheut (2005), optamos por analisá-la de acordo com as concepções de Silva e Wartha (2018) acerca das relações que são estabelecidas (figura 4).

O quadro 11 abaixo evidencia os elementos que constituíram cada uma das aulas da SEA, assim como os objetivos propostos nessas aulas e possíveis projeções no Losango Didático que cada aula apresenta.

Quadro 11 — Análise da SEA segundo a perspectiva de Méheut (2005)

ATIVIDADES <i>(Elementos do eixo epistêmico)</i>	OBJETIVOS <i>(Aspectos do eixo pedagógico)</i>	Situação em relação aos quadrantes
<p>Aulas 1 e 2</p> <p>(Avaliação diagnóstica)</p> <p>Sequência Didática Interativa</p> <p>Problematizações:</p> <p>“Esquentar comida no microondas provoca câncer?”</p> <p>Notícia 1: “Microondas: é seguro para a saúde? Como utilizar corretamente?”</p> <p>“Quebrei o braço e precisei tirar três Raio-X, vou morrer mais rápido por causa disso?”</p> <p>Notícia 2: “Crianças: exposição à radiação de raio-X ou tomografia computadorizada deve preocupar os pais?”</p> <p>“O celular tem radiação?”</p> <p>Notícia 3: Quão perigosa é a radiação de celulares e como você pode se proteger</p> <p>A batata Ruffles tem radiação?</p> <p>Notícia 4: “Irradiação de alimentos é tema antigo, mas ainda controverso”</p>	<p>Identificar as concepções dos estudantes sobre radioatividade e sua relação com os aspectos científicos, tecnológicos e sociais.</p>	<p>Tendendo ao centro do losango</p>
<p>Aula 3 e 4</p> <p>Aula-filme</p> <p>“Acidente radioativo de Goiânia - Césio 137”</p> <p>Trailer da minissérie “Chernobyl”</p>	<p>Diferenciar os conceitos de Radiação, Radioatividade, Irradiação e Contaminação, e discutir os danos causados pela má utilização dos elementos radioativos.</p>	<p>Na região da circunferência</p>
<p>Aula 5 e 6</p> <p>Aula mediante pesquisa guiada sobre o funcionamento de uma usina nuclear e os resíduos gerados “Geração de Energia x Lixo Nuclear”</p> <p>Vídeo “Energia Nuclear em 2 minutos”</p>	<p>Entender como funciona uma usina nuclear, onde está e como é empregada a tecnologia no processo.</p> <p>Refletir para onde vai todo rejeito descartado, visto que é uma indústria altamente tecnológica.</p>	<p>Tendendo ao centro do losango</p>
	<p>Observar a influência da SEA no</p>	

<p>Aula 7 e 8</p> <p>Culminância final: Produção de desenhos que representem “o que é a radioatividade?”.</p> <p>Socialização e discussão dos desenhos.</p>	<p>processo de ensino e aprendizagem dos estudantes, o que realmente foi incorporado e o que ainda precisa ser melhorado.</p> <p>Avaliar se os estudantes compreenderam a radioatividade no seu sentido global e desmistificaram a ideia inicial de que tudo que envolve radioatividade é prejudicial.</p>	<p>Tangenciando a circunferência tendendo ao quadrante d.</p>
---	--	---

Fonte: Adaptado de Silva e Warta (2018).

Olhando especificamente para os aspectos destacados nos eixos epistêmico e pedagógico, apresentados no quadro 11, temos as aulas 1, 2, 5 e 6, tendendo ao centro da circunferência (figura 4), o que revela um equilíbrio, de acordo com os quatro quadrantes, no que compete às dimensões epistêmica e pedagógica. Segundo Silva e Wartha (2018), esse equilíbrio é fundamental, pois mostra que as aulas planejadas e desenvolvidas lançaram mão de elementos que subsidiaram os estudantes nas discussões e na reflexão sobre a relação Contexto-Conceito, resultando assim numa projeção que ocorre em ambos os eixos, pedagógico e epistêmico.

Tratando das aulas 3 e 4 verifica-se uma projeção na região da circunferência, visto que mesmo trazendo uma abordagem diferenciada e que gera discussões, as aulas tendem a uma exploração mais detida à parte conceitual da SEA. Essa parte conceitual está interligada com as perguntas problematizadoras que foram colocadas após a exibição dos vídeos, o que contribui para promoção de uma interação dialógica entre professor e estudantes.

As aulas 7 e 8, por sua vez, tangenciam a circunferência tendendo ao quadrante “d”, onde se estabelece melhor uma relação estudante-mundo material. Ou seja, leva-se mais em consideração as discussões sobre os conhecimentos cotidianos dos estudantes e suas relações com o conhecimento científico. Entretanto os autores apontam que esse pensamento de caráter empírico, reforça uma aproximação Contexto-Conceito, conforme os estudos CTS sinalizam, pois considerar a problematização das concepções prévias dos estudantes advindas desse mundo material contribui para que o ensino em sala de aula se aproxime do contexto social dos estudantes, além de possibilitar de modo mais intensificado interações cognitivas mais elaboradas (SILVA; WARTHA, 2018).

Mesmo a maioria das aulas tendendo ao centro do losango didático, as aulas em que a situação com relação aos quadrantes destoa, talvez sejam pontos a se repensar no planejamento e desenvolvimento de futuras SEA, de modo a promover um equilíbrio entre os eixos epistêmico e pedagógico, tentando aproximações que reflitam numa possível projeção mais próxima do centro da circunferência no modelo do Losango Didático. Objetivando melhorar a execução das aulas 3 e 4, em especial, pois foi onde houve menor participação dos estudantes, 6 se colocam de um todo de 24 estudantes.

Alguns outros fatores limitantes se deram muito mais na esfera de exequibilidade no âmbito do cronograma e horário de aulas. Normalmente as aulas aconteciam em dois dias e não eram aulas geminadas (aulas seguidas), dessa forma quando não dava tempo de concluir o planejamento dos momentos, esses teriam que ser retomados em outra aula, o que fragmentava as discussões e a concentração dos estudantes. Além de algumas aulas serem sempre as últimas do dia, o que dificultava o trabalho, pois o nível de agitação da turma era maior. A falta de intérprete em alguns momentos das aulas, principalmente no momento de socialização dos desenhos, também se configurou como uma limitação.

No entanto, de modo geral, percebe-se que as dimensões epistêmica e pedagógica orientam diferentes possibilidades para os processos de ensino e aprendizagem de conceitos científicos no contexto da sala de aula e diante dos dados obtidos nas diversas atividades realizadas todas essas projeções se configuraram em ações concretas de sala de aula circunscritas a circunferência do modelo e aos quadrantes propostos por Méheut (2005). Este olhar nos permitiu inferir que as SEA centradas na ação do professor com pouca interação entre os estudantes, em que a relação conceito e contexto não é trabalhada de forma explícita e proposital, não são promotoras de aprendizagens e pouco contribuem para a superação de concepções alternativas sobre a temática em questão, para o desenvolvimento da criticidade e para a formação de estudantes ativos na sociedade (SILVA; WARTHA, 2018). O que não acontece aqui, visto que houve uma preocupação tanto com a elaboração quanto com a aplicação da SEA, a qual esteve pautada em uma perspectiva de ensino que busca uma relação mais acentuada entre conceito e contexto, perspectiva CTS, apresentando estratégias com

diferentes possibilidades de relações mais concretas tanto no eixo epistêmico quanto no eixo pedagógico, visto que ao aproximarem o mundo material (contexto) do conhecimento científico (conceito), também possibilitam que as relações entre professores e estudantes sejam construídas em relações mais dialógicas (SILVA; WARTHA, 2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da pesquisa realizada, acreditamos ter alcançado os objetivos propostos no presente trabalho, visto que foi possível analisar as contribuições e limitações da aplicação de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) pautada na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), no estudo do conceito de radioatividade.

A partir dos resultados obtidos na etapa de avaliação diagnóstica (SDI adaptada), constatamos a presença de visões ainda espontâneas/ingênuas sobre o conceito de radioatividade e a falta de articulação ou conhecimento desse com os aspectos tecnológicos e sociais. Entretanto, ao longo da aplicação da SEA novas ideias vão aparecendo e concepções anteriores são repensadas e reelaboradas. A partir das interações presentes durante os encontros, entre os estudantes e entre professor-estudante, evidencia-se uma mudança na postura dos estudantes e indícios de uma percepção mais ampla em relação à radioatividade vai sendo construída. Vale salientar que as atividades desenvolvidas na SEA contribuíram para que esta aprendizagem não se restringisse apenas ao conhecimento específico, mas envolvesse os aspectos científicos, tecnológicos e sociais, promovendo uma reflexão acerca do que é radioatividade, como esta é vista na sociedade, e como podemos desmistificar essa visão tão negativa atrelada a esse conceito.

No decorrer das aulas, isso foi mais perceptível principalmente nas discussões a respeito da Geração de energia x Lixo nuclear, onde os estudantes discutiram sobre essa problemática apontando o porquê defender a geração de energia em detrimento do lixo radioativo, visto que uma usina nuclear é cerceada de tecnologia. Isto mostra que as atividades planejadas foram capazes de auxiliar os estudantes a desenvolverem uma opinião a respeito do conceito de radioatividade e

assim julgá-lo como malefício ou benefício, ou ainda pensar nos dois lados, perceber a dualidade que a radioatividade apresenta.

De um modo geral, é importante ressaltar que as subdivisões das análises dos resultados facilitaram a visualização das concepções sobre Radioatividade no contexto das relações CTS e das relações estabelecidas pelos estudantes entre esses três eixos. Os estratos das falas dos estudantes nas discussões e, principalmente, as considerações e reflexões elaboradas por eles expressas nos desenhos, culminância final, indicam que uma compreensão mais abrangente do conceito em relação à perspectiva CTS começa a ser estabelecida e uma visão mais tradicional de ensino e aprendizagem pode ser superada. Muitos estudantes compreenderam a radioatividade no seu sentido global e desmistificaram a ideia inicial de que tudo que envolve radioatividade é prejudicial. Isso foi notado quando a maioria dos estudantes, nos desenhos, procuraram mostrar os dois lados da radioatividade, não deram mais ênfase a um deles, mas perceberam que este conhecimento apresenta dualismo.

Neste sentido, trabalhar um conteúdo que manifesta essa dualidade, como radioatividade, pautado no enfoque CTS permite fazer correlações do tema escolhido com assuntos do cotidiano dos estudantes, abordando as consequências positivas e negativas da sua utilização além de fornecer subsídios para que os estudantes disponham de um pensamento mais crítico e reflexivo com relação ao tema contemplado. Além disso, a perspectiva CTS enfatiza uma educação voltada para a formação de cidadãos que assumam responsabilidades e sejam capazes de intervir no entorno em que vivem, refletindo sobre os problemas do mundo e tomando decisões conscientes frente às grandes e pequenas questões que os cercam.

A análise da SEA segundo a perspectiva de Méheut nos revelou como se deram as relações entre os eixos epistêmicos e pedagógicos e a situação entre os quadrantes propostos por Méheut e Psillos (2004). A maioria das aulas apontou uma aproximação com o centro do losango didático, entretanto duas delas tangenciaram a circunferência em direção ao quadrante “d” e outras duas ficaram mais na região da circunferência, o que nos orientou algumas limitações acerca do planejamento e

aplicação das aulas, em termos de priorizar a relação contexto-conceito e propor um equilíbrio entre os quadrantes.

Além disso, algumas outras limitações foram apresentadas com relação ao horário das aulas e cronograma e a ausência da intérprete na sala em alguns momentos, o que dificultava a comunicação com os estudantes surdos, mesmo com a ajuda da turma. E principalmente, no momento de socialização dos desenhos, que poderia ter sido mais próspero com as explicações dos desenhos produzidos por esses estudantes.

No entanto, apesar de não atingir a totalidade, concluímos que a estrutura da SEA, incluindo o seu material didático, bem como a forma com que foi abordada pela professora, possibilitaram uma evolução conceitual tanto nas concepções de Radioatividade quanto nos conceitos que a envolvem (radiação, irradiação, contaminação radioativa, fusão e fissão nuclear, etc.), como podemos observar através das discussões e do comparativo entre os posicionamentos presentes nas respostas dadas no primeiro momento da SDI.

Espera-se com esse trabalho contribuir, ainda que minimamente, com discussões sobre as contribuições da perspectiva CTS no âmbito da sala de aula e na promoção de uma aprendizagem significativa dos estudantes, na qual a ciência/química adquira significado no âmbito dos problemas e das relações humanas, científicas e tecnológicas. Como sugestões para pesquisas futuras, apontamos que há uma necessidade em se pensar em abordagens dessa natureza, que sejam capazes de promover rupturas em concepções que estão impregnadas ainda nas ideias dos estudantes e que se tornam obstáculos na compreensão dos novos conhecimentos.

5. REFERÊNCIAS

AINSWORTH, S.; PRAIN, V.; TYTLER, R. Drawing to learn in Science. **Science Education**, v. 333, p. 1096-1097, 2011.

ALVES, Esdras Garcia. **Um estudo multimodal de textos didáticos sobre o efeito fotoelétrico**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011.

ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processo de ensinagem na universidade: pressupostos para estratégias de trabalho em aula**. 10. ed. Joinville, SC: Univille, 2012.

ANTISKO, Thais Regina. **Sequência Didática para o ensino de Radioatividade com enfoque CTS no ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.

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.; SILVA, K. S. A radioatividade na visão dos alunos do ensino médio. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 5., 2013, Natal. **Anais eletrônicos...** Natal, 2013.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
BAUER, M. W.; GASKELL, G.. **PESQUISA QUALITATIVA COM TEXTO, IMAGEM E SOM: Um manual prático**. 7. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

BAZZO, W. A., PEREIRA, L. T. V., LINSINGEN, I. V. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. 3. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2016.

BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. V, PEREIRA, L. T. V. (Eds). Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). **Cadernos de Ibero-América**, Ed. Organização dos Estados Ibero-americanos para Educação, a Ciências e a Cultura, 2003.

BOCHECO, Otávio. **Parâmetros para a abordagem de evento no enfoque CTS**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação, 2018.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira. Lei nº 9.394/96**, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM)**. v. 2. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2006.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SESu, 1999.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2002. p.87-110. BRASIL.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; PAIXÃO, F.; MARTINS, I. Uma visão sobre o ensino das ciências no pós-mudança conceptual: contributos para a formação de professores. **Inovação**, Lisboa, v. 13, n. 2/3, p. 117-137, 2000.

CARDOSO, H.C.; COSTA, S. Representações Sociais sobre Radioatividade dos Alunos do Ensino Médio, In: Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, 1., 2012, Criciúma. **Revista Técnico Científica (IFSC)**, v. 3, n. 1, p. 401-411, 2012.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CEREZO, José Antônio Lopez. Ciência, tecnologia e sociedade: o estado da arte na Europa e nos Estados Unidos. In: SANTOS, L. W. et al. (Orgs.). **Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, p. 3-39, 2002.

CHASSOT, Attico Inácio. **Catalisando transformações na educação**. 3. ed. Ijuí: UNIJUÍ, 1995.

CISCATO, C. A. M; PEREIRA, L.F. **Planeta Química**. São Paulo: Editora Ática, 2012.

CORTEZ, Jucelino. **O legado de Madame Curie: Uma abordagem CTS para o ensino de Radioatividade**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

COSTA, A. P. B., CORREA, A. L. L.; NASCIMENTO, S. S. A multimodalidade no discurso de divulgação científica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** ABRAPEC: Bauru, 2003.

COSTA, M. A. F. COSTA, M. F. B. LIMA, M. C. A.L. LEITE, S. Q. M. O desenho como estratégia pedagógica no ensino de ciências: o caso da biossegurança. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 1, 2006.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B.; LEITE, S. Q. M.; LIMA, M. C. A. B. A construção da biossegurança através de imagens: contribuições para o ensino de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, 2007.

COSTA, R. C.; PINHEIRO, B. C. S.; MORADILLO, E. F. A radioatividade nos livros didáticos do PNLD 2015: uma análise crítica no PIBID/Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis, 2016.

COUTO, R. R., SANTIAGO, A. J. Radioatividade e Irradiação de Alimentos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.12 , n. 2, 2010.

CRUZ, S. M. S. C.; ZYLBERSZTAJN, A. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de Física: conteúdo e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 171-196.

DAGNINO, R., THOMAS, H., DAVYT, A. El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. **REDES**, v. 3, nº 7, p. 13-51, 1996.

DAGNINO, Renato. A construção do Espaço Ibero-americano do Conhecimento, os estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade e a política científica e tecnológica. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS**, v. 4, nº 12, 2009.

DERDYK, Edith. **Formas de pensar o desenho**. São Paulo: Scipione, 1989.

DERDYK, Edith. **Formas de pensar o desenho: desenvolvimento do grafismo infantil**. São Paulo: Scipione, 1994.

DOLZ, J.; SCHNEUWLY, B. O oral como texto: como construir um objeto de ensino. In: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. **Gêneros orais e escritos na escola**. Tradução e organização de Roxane Rojo e Gláís Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 149-185.

DOMINGUINI, F.; CLEMES, G.; ALLAIN, O. Análise do tema radioatividade nos livros didáticos do PNLDEM à luz da teoria da aprendizagem significativa e dos pressupostos C, T&S. In: Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, 1., 2012, Criciúma. **Revista Técnico Científica (IFSC)**, v. 3, n. 1, p.455-46, 2012.

FERREIRA, P. F.M. JUSTI, R. S. Modelagem e o "Fazer Ciência". **Química Nova na Escola**, n. 28, 2008.

FLORENTINO, Adilson. **Fundamentos da educação 1**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2008.

FONSECA, Vitor. **Introdução às Dificuldades de Aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 1995.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 30, 2008.

FRANCO, Maria Laura Puglisi Barbosa. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Brasília: Líber Livro, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 33ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**, 43. ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2005.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GONÇALVES, F. P.; HOMRICH, A. M.; RUPPENTHAL, N. Abordagens de temáticas locais e globais no ensino: uma pesquisa com licenciandos em Química. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18., 2016, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis, 2016.

LOPES, Cerezo. Ibero-american Perspectives. In: MITCHAM, C. (Ed.) **Encyclopedia of Science, Technology and Ethics**. Michigan: Thomson Gale, 2005.

MACHADO, Andréa Horta. **Aula de química: discurso e conhecimento**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1999.

MALDANER, Otávio Aloisio. **A formação inicial e continuada de professores de química: professores/pesquisadores**. 2. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

MARTINS, Gisela Garcia. **COMPREENENDO OS FENÔMENOS NUCLEARES, SUAS APLICAÇÕES E IMPLICAÇÕES ATRAVÉS DE UMA ATIVIDADE LÚDICA**. 2010. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, London, v. 26, n. 5, p. 515-535, 2004.

MÉHEUT, Martine. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K. et al. (Ed.). **Research and quality of science education**. Dordrecht: Springer, p. 195-207, 2005.

MENDONÇA, Paula Cristina Cardoso. **INFLUÊNCIA DE ATIVIDADES DE MODELAGEM NA QUALIDADE DOS ARGUMENTOS DE ESTUDANTES DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO**. 2011. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa Social**. Teoria, método e criatividade. 21 ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Los conceptos estructurantes de la investigación cualitativa. **Salud colectiva**, Lanús, v. 6, n. 3, p. 251-261, dic. 2010.

MIRANDA, D. G. P; COSTA, N. S. **Professor de Química: Formação, competências/ habilidades e posturas.** 2007.

MOREIRA, Marco Antonio. **Metodologias de Pesquisa em Ensino.** São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MORTIMER, Eduardo Fleury. CONSTRUTIVISMO, MUDANÇA CONCEITUAL E ENSINO DE CIÊNCIAS: PARA ONDE VAMOS? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, p.20-39, 1996.

MOZZER, Nilmara Braga. O entendimento conceitual do processo de dissolução sob a perspectiva da teoria dos campos conceituais. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

OKUNO, E; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OKUNO, Emico. **RADIAÇÃO: EFEITOS, RISCOS E BENEFÍCIOS.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como Fazer Projetos, Relatórios, Monografias, Dissertações e Teses.** Recife: Edições Bagaço, 2003. Cap. 3, p. 53-74.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Sequência Didática Interativa no processo de formação de professores.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

OLIVEIRA, Vera Barros de. **Jogos de regras e resoluções de problemas.** 2. ed. Vozes, 2004.

PAREDES, G. G. O.; GUIMARÃES, O. M. Compreensões e Significados sobre o PIBID para a Melhoria da Formação de Professores de Biologia, Física e Química. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 4, 2012.

PELICHIO, Alécio Fachim. Irradiando Conhecimento: uma abordagem da radioatividade para o Ensino Médio. In: CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 1., 2009, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina, 2009.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada no ensino de Ciências. **Revista Ciência e Educação, Bauru**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PERRENOUD, Philippe. **Dez Novas competências para ensinar**. Porto Alegre, ARTMED, 2000.

PINHEIRO, N. A. M. **Educação Crítico-Reflexiva para um Ensino Médio Científico-Tecnológico**: a contribuição do enfoque CTS para o ensino-aprendizagem do conhecimento matemático. 2005. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PINHEIRO, N. A. M.; BAZZO, W. A; SILVEIRA, R. M. C. F. 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.

PINTO, G.T.; MARQUES, D.M. Uma proposta didática na utilização da história da ciência para a primeira série do ensino médio: radioatividade no cotidiano. **História da ciência e ensino: construindo interfaces**, v.1, p.27-57, 2010.

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: Encontro Nacional de Ensino de Química, 14., 2008 Curitiba,. Anais eletrônicos...Curitiba, 2008.

ROCHA, J. A; ALVES, T. C. G; LIMA, J. P. M. Oficina Temática “Radiação e suas Aplicações”: Um Instrumento para o Ensino de Radiação. In: **Ação, Pesquisa e Reflexão nas atividades do PIBID/Química da Universidade Federal de Sergipe campus de São Cristóvão**. São Paulo: Pedro e João Editora, 2017.

ROCHA, Jennyfer Alves. **A Compreensão da Natureza da Ciência a partir do estudo de Radioatividade**: Contribuições de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

RODRIGUES JR., Ary de Araújo. O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer? **Física na Escola**, v.8, n. 2, 2007.

RUSSELL, John B. **Química Geral**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill/Makron Books. v.2. 2000.

SANTANA, Eliane Moraes de. A Influência de atividades lúdicas na aprendizagem de conceitos químicos. In: Seminário Nacional de Educação Profissional e Tecnológica, 2008, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Belo Horizonte, 2008.

SANTOS, Leonor Werneck dos (Org.). **Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação**. 2. ed. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2004.

SANTOS, P. M.; PAIXÃO, M. F. M. O DESENHO COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DAS CONCEPÇÕES E PERSPECTIVAS DOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO. **Revista da Universidade Estadual de Feira de Santana (SITIENTIBUS)**, Feira de Santana, n. 52, p. 1-6, 2015.

SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Orgs.). Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa** (Org.). Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 21-47, 2011.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**. Vol. 7, n. 1, 2001.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

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

SANTOS, W.L.P. Contextualização no Ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência&Ensino**, v.1, p.12, 2007.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Escrita e Desenho: Análise de registros elaborados por alunos do Ensino Fundamental em aulas de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 2, 2010.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. A pesquisa em Ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, supl. 1, p. 14-24, 2002.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, E. L., WARTHA, E. J. Estabelecendo relações entre as dimensões pedagógica e epistemológica no Ensino de Ciências. **Ciênc. Educ., Bauru**, v. 24, n. 2, p. 337-354, 2018.

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, Bauru**, v. 21, n. 1, p. 65-83, 2015.

SILVA, F. R.; NEVES M. C. D. A educação científica CTS no contexto do ensino integrado. **Revista Retratos da Escola**, v. 12, n. 22, p. 101-114, Brasília, 2018.

SILVA, H.C.; ZIMMERMANN, E.; CARNEIRO, M.H.S.; GASTAL, M.L.; CASSIANO, W.S. Cautela ao usar imagens em aulas de ciências. **Ciência e Educação**, v.12, p. 219-233., 2006.

SILVA, Luciana da Cruz Machado da. **Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência– Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SILVA, M. N., MENDANHA, J. F. A importância da ferramenta tecnológica no contexto social e educacional. **Revista Científica do ITPAC**, Araguaína, v.7, n.1, 2014.

SILVEIRA, T. A., GOMES, J. L. A. M. C., SILVA, I. M., JÓFILLI, Z., CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. Concepções do conceito de mol trabalhadas com aplicação da Sequência Didática Interativa no Ensino Superior. In: OLIVEIRA, Maria Marly de. **Experiências exitosas com sequências didáticas interativas**, ed. 1, Editora Universitária da UFRPE, p.267-292, 2017.

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

TEIXEIRA, Paulo Marcelo 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.

TEKIN, B. B.; NAKIBOGLU, C. Identifying student"s misconceptions about nuclear chemistry. A study of Turkish high school students. **Journal of Chemical Education**, 83, n. 11 p. 1712, 2006.

TOLEDO, Paulo de Almeida. O método Científico e a História das Radiações (Roentgen e Mme Curie). **Revista de Medicina**, 1941.

TONETTO, Sonia Regina. A História da Radioatividade nos livros didáticos. **História da Ciência e Ensino (Construindo interfaces)**. v. 1. p. 23-26, 2010.

VACCAREZZA, L. S. Ciência, tecnologia e sociedade: o estado da arte na América Latina. In: SANTOS, L. W., ICHIKAWA, E. Y., SENDIN, P. V., CARGANO, D. F. (Orgs.). **Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, p. 43-77, 2002.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B.; PINHEIRO, N. A. M. O surgimento da ciência, tecnologia e sociedade (CTS) na educação: uma revisão. In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 1., 2009, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba, 2009.

VELHO, E. M. H.; LARA, I. C. M. O Saber Matemático na Vida Cotidiana: um enfoque etnomatemático. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.4, n.2, p. 3-30, nov. 2011.

VICTORA, C. G.; KNAUTH, D. R.; HASSEN, M. N. A. **PESQUISA QUALITATIVA EM SAÚDE: Uma introdução ao tema**. São Paulo: Tomo Editorial, 2000.

VYGOTSKY, L. S. Aprendizagem e desenvolvimento na Idade Escolar. In:

VYGOSTKY, L. LURIA, A. LEONTIEV, A.N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 11. ed. São Paulo: Ícone, p. 103-116, 2010.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, nº 2, p. 84-91, 2013.

APÊNDICE 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
 PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Eu, **Maria Daiane da Silva Monteiro**, mestranda em Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, desde 2018.1, estou desenvolvendo a pesquisa intitulada “ANALISANDO UMA SEA PARA O ENSINO DE QUÍMICA SOBRE RADIOATIVIDADE PAUTADA NA PERSPECTIVA CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS)”, sob a orientação da Prof^a Dra. Suely Alves da Silva. O objetivo deste estudo é analisar as contribuições e limitações da aplicação de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem pautada na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), no estudo do conceito de radioatividade. Assim, solicito a sua colaboração ativa nesta pesquisa, ressaltando que: (1) a participação é voluntária; (2) as interações e discussões desenvolvidas durante a investigação serão registradas por áudio e/ou vídeo, preservando-se a identidade dos participantes; (3) outros momentos de entrevista e/ou esclarecimentos podem ser solicitados de acordo com a necessidade e disponibilidade do participante.

Posteriormente, o pesquisador retornará à instituição com os resultados da sua pesquisa, no sentido de possibilitar a mesma, condições plenas de autoavaliar-se em função dos dados obtidos nesta pesquisa.

Informo que as gravações ficarão à disposição dos participantes ou responsáveis. A qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento e sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a Universidade. Você receberá uma cópia deste termo onde constam os telefones e os correios eletrônicos da pesquisadora, podendo esclarecer suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Solicito a devolução deste documento assinado.

=====
 Dados da Pesquisadora: Maria Daiane da Silva Monteiro. Fone: (81) 9-95254337. Email: dayanemonteiro08@gmail.com.

=====
 Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na presente pesquisa e concordo em participar.

Recife, _____.

 Nome completo do Participante

 Assinatura

Endereço, Telefone e Email do Participante:

APÊNDICE 2: Termo de Anuência**TERMO DE ANUÊNCIA**

O Instituto Helena Lubienska Sociedade Educacional está de acordo com a execução do projeto “**ANALISANDO UMA SEA PARA O ENSINO DE QUÍMICA SOBRE RADIOATIVIDADE PAUTADA NA PERSPECTIVA CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS)**”, coordenado pelo pesquisador **Dr^a Suely Alves da Silva**, desenvolvido em conjunto com a **Maria Daiane da Silva Monteiro** da **Universidade Federal Rural de Pernambuco**, e assume o compromisso de apoiar o desenvolvimento da referida pesquisa nesta Instituição durante a realização da mesma.

Declaramos conhecer e cumprir as Resoluções Éticas Brasileiras, em especial a Resolução 466/2012 do CNS. Esta instituição está ciente de suas corresponsabilidades como instituição coparticipante do presente projeto de pesquisa, e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar.

Recife, _____ de _____ de _____.

Nome do responsável institucional ou setorial

Cargo do Responsável pelo consentimento

Carimbo com identificação ou CNPJ

ANEXO: Notícias de jornais e revistas sobre radioatividade.

Notícia 1: Microondas: é seguro para a saúde? Como utilizar corretamente?

Manuel Reis Enfermeiro

Segundo a OMS, a utilização do microondas para aquecer alimentos não traz qualquer risco para a saúde, mesmo durante a gravidez, porque a radiação é refletida pelo material metálico do aparelho e fica contida no seu interior, não se espalhando. Além disso, a radiação também não fica nos alimentos, pois o aquecimento acontece pelo movimento das partículas de água e não pela absorção dos raios e, por isso, qualquer tipo de alimento, como pipocas ou papinha de bebê, podem ser preparados no microondas sem qualquer perigo para a saúde.



Como as microondas podem afetar a saúde

As microondas são um tipo de radiação que é utilizada em vários aparelhos do dia a dia, permitindo o funcionamento da televisão e do radar, assim como a comunicação entre vários sistemas de navegação atuais. Dessa forma, são um tipo

de frequência que já é estudada há vários anos, para garantir que é completamente segura para a saúde.

No entanto, para que seja segura, a radiação microondas deve ser mantida abaixo de certos níveis, determinados por várias normas internacionais e, dessa forma, cada equipamento, que utiliza microondas, deve ser testado antes de sair para o público. Caso a radiação microondas fosse liberada em altos níveis, poderia causar aquecimento dos tecidos do corpo humano e até dificultar a circulação de sangue em locais mais sensíveis como os olhos ou os testículos, por exemplo. Mesmo assim, a pessoa necessitaria ficar exposta por muito tempo seguido.

Como o microondas protege contra a radiação

O design do microondas garante que a radiação não consegue escapar para o seu exterior, pois é construído com material metálico que reflete eficazmente as microondas, mantendo-as no interior do aparelho e evitando que consigam passar para o exterior. Além disso, como o vidro permite a passagem das microondas, também é colocada uma rede metálica de proteção.

Os únicos locais do microondas que, por vezes, podem liberar alguma radiação são as finas aberturas em volta da porta e, mesmo assim, os níveis de radiação liberada são muito inferiores a qualquer norma internacional, sendo seguros para a saúde.



Rede adesiva da porta

Como garantir que o microondas não afeta a saúde

Embora o microondas seja seguro quando sai da fábrica, com o tempo, o material pode ir se degradando e permitir a passagem de alguma radiação.

Assim, para garantir que o microondas não faz mal à saúde é importante ter alguns cuidados, como:

- **Garantir que a porta está fechando** de forma adequada;
- **Verificar se a rede adesivada da porta não está danificada** com rachaduras, ferrugem ou outros sinais de degradação;
- **Informar qualquer dano no interior ou exterior do microondas** para o fabricante ou um técnico;
- **Manter o micro-ondas limpo**, sem restos de comida seca, especialmente na porta;
- **Utilizar recipientes próprios para microondas**, que contenham símbolos que indicam que são próprios.

Caso o microondas se encontre danificado, é importante evitar utilizá-lo, até que seja reparado por um técnico qualificado.

Notícia 2: Crianças: exposição à radiação de raio-X ou tomografia computadorizada deve preocupar os pais?

Por Redação Click Guarulhos - 7 de agosto de 2016



Quando uma criança sofre um acidente e bate a cabeça, ou ainda quando sente uma dor de estômago forte e persistente, é muito comum os médicos recomendarem uma tomografia computadorizada para investigar as causas e o ‘tamanho’ do problema. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), esse tipo de exame de imagem está se tornando cada vez mais acessível no mundo todo – principalmente para avaliar ossos, órgãos, vasos sanguíneos e outros tecidos moles – oferecendo resultados rápidos e detalhados. Mas será que tem alguma repercussão negativa para as crianças?

De acordo com Donald Frush, diretor do Duke Medical Radiation Center (Estados Unidos), é importante que os pais busquem mais informações sobre cada exame e, principalmente, se há riscos em longo prazo por conta da exposição à radiação. Para Frush, da mesma forma com que as pessoas estão preocupadas com a exposição à radiação de telefones celulares e fornos de micro-ondas, também deveriam saber mais sobre a radiação ionizante presente nos raios-X, por exemplo. “Em doses muito altas, esse tipo de radiação pode ter efeitos como queda de cabelo e vermelhidão na pele”.

Na opinião do pediatra Filipe Maia, gestor da clínica de diagnóstico por imagem São Judas Tadeu, em Minas Gerais, exames que expõem a criança à radiação têm que ser usados de forma comedida, para que o risco compense o benefício. “O exame clínico é fundamental e, na maioria das vezes, é suficiente para definir o diagnóstico do paciente. Se, depois de um bom exame clínico, o médico julgar necessário solicitar um exame de imagem para concluir o diagnóstico, ele fará isso de forma coerente. Isso vale para pacientes adultos e pediátricos”.

O médico reconhece que um exame de imagem bem-detalhado pode salvar a vida de uma pessoa, provendo informações que permitirão uma rápida tomada de decisão por uma linha de tratamento. Por outro lado, como as crianças estão em desenvolvimento, elas tendem a ser mais vulneráveis aos efeitos da radiação. Por isso, todo exame pediátrico de imagem deve ser muito bem indicado. “Os pais devem se sentir sempre à vontade para perguntar ao médico solicitante tudo o que quiserem saber sobre a escolha de determinado procedimento, como a dose de radiação que será ajustada, eventuais riscos de curto e médio prazo, especificidades

de cada exame que a criança terá de fazer, bem como a forma ideal de preparo em cada etapa. Vale lembrar, que a dose usada no exame de uma criança de cinco anos é bem diferente daquela usada num bebê de colo”.

Filipe Maia afirma que a dose de radiação nos exames de raio-X (realizados eventualmente) não deve preocupar tanto os pais, mas é fundamental que o médico que acompanha determinada criança em tratamento registre sempre os exames a que ela foi submetida, em que espaço de tempo, quais doses de radiação foram empregadas etc. – principalmente em relação à tomografia computadorizada. “Só assim será possível controlar melhor o nível de radiação a que a criança foi exposta e dimensionar seus possíveis efeitos”.

Dados da OMS indicam que a média anual da exposição da população à radiação vem aumentando nos últimos 40 anos, principalmente através dos procedimentos médicos. Outras fontes de radiação permaneceram semelhantes. Nos Estados Unidos, 11% dos exames de tomografia computadorizada são realizados em crianças. No Brasil, ainda que faltem dados estatísticos, toda população vem tendo mais acesso a exames de imagem nos últimos anos, tanto pela proliferação do serviço, quanto pelo acesso a planos de saúde que cobrem os custos dos exames.

Notícia 3: Quão perigosa é a radiação de celulares e como você pode se proteger

15/11/2016 19h45 - Atualizado em 15/11/2016 19h45

Os resultados de estudos ainda têm se mostrado ambíguos, mas especialistas na área revelam o que se sabe de concreto até agora.



Nós acordamos com ele, nos comunicamos por meio dele e trabalhamos com ele. Às vezes, acordamos no meio da noite para consultá-lo. E se o perdemos ficamos sem saber o que fazer.

O mundo de hoje é inimaginável sem o telefone celular. Tanto é que muitos ficam obcecados pelo aparelho.

Mas, nos últimos anos, com o aumento dos casos de câncer - uma das principais causas de morte em todo o mundo - vêm crescendo as preocupações sobre as possíveis ligações entre os celulares e o risco de desenvolver tumores malignos.

"Nas últimas décadas foi realizado um grande número de pesquisas para analisar se as ondas de rádio frequência (RF) colocam em risco a nossa saúde", disse à BBC Emilie van Deventer, diretora do Programa de Radiação do Departamento de Saúde Pública, Meio Ambiente e Determinantes da Saúde da Organização Mundial da Saúde (OMS).

"À medida que mais ondas de RF têm aparecido em nossas vidas, a questão a ser resolvida é se existem efeitos adversos por parte de celulares, torres de telefonia ou conexões wi-fi a níveis de exposição ambiental."

Van Deventer diz que as pesquisas também tentam analisar problemas de fertilidade e hipersensibilidade.

Mas até agora, a resposta tem sido ambígua.

'Riscos Potenciais'

As ondas de RF dos celulares são "uma forma de energia eletromagnética que está entre ondas de rádio FM e as microondas. E é uma forma de radiação não-ionizante", explica em seu site a Sociedade Americana Contra o Câncer (ACS, na sigla em inglês).

De acordo com a organização, essas ondas "não são fortes o suficiente para causar câncer", porque, ao contrário dos tipos mais potentes de radiação (ionizantes), não podem quebrar ligações químicas no DNA.

Isso só aconteceria, eles explicam, em níveis "muito altos", tais como em fornos de microondas.

No entanto, a questão está sendo revista. Emilie van Deventer - autora de cerca de 50 publicações científicas sobre radiações não-ionizantes - diz que a OMS está investigando o tema novamente.

Embora faltem provas, é certo que há "potenciais riscos a longo prazo", especialmente relacionados a tumores na cabeça e pescoço, diz a especialista.

A ACS também aborda esta questão: "Quanto mais próximo estiver a antena (do celular) da cabeça, espera-se que maior seja a exposição da pessoa à energia de RF", adverte.

Taxa de absorção específica e outros sinais

Quando os tecidos do nosso organismo podem absorver essa energia, os especialistas chamam isso de "taxa de absorção específica" (ou SAR, na sigla em inglês).

Cada celular tem seu nível SAR que, em geral, pode ser encontrado no site do fabricante. Nos Estados Unidos, o nível máximo permitido é de 1,6 watts por quilograma (W/kg).

No entanto, a Comissão Federal de Comunicações (FCC) dos EUA, adverte que "comparar valores de SAR entre telefones pode causar confusão", porque essa informação é baseada no funcionamento do aparelho em sua potência mais elevada, e não o nível de exposição em uso normal..

Mas também há pesquisas que associam o uso do telefone celular com câncer de pele e câncer de testículo.

Para fazer essas análises, os pesquisadores usam dois tipos de estudos: de laboratório (com animais) e em pessoas (comparando as taxas de câncer).

O problema, explica Van Deventer, é que "muitos cânceres não são detectáveis até muitos anos após as interações que causaram o tumor, e como o uso de celular não foi popularizado até os anos 1990, estudos epidemiológicos só podem avaliar os cânceres que se fizeram evidentes em períodos de tempo mais curtos".

Até agora, o maior estudo já realizado é o Interphone, uma investigação em grande escala que foi coordenado pela OMS por meio de sua Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer (IARC, na sigla em inglês), na qual os dados de 13 países, incluindo Reino Unido, Austrália, Japão e Canadá foram analisados.

O estudo analisou o uso de celular em mais de 5.000 pessoas com tumores cerebrais e em um grupo similar de pessoas sem tumores.

"Nenhuma ligação foi encontrada entre o desenvolvimento de gliomas e meningiomas (tumores cerebrais) e o uso de telefones celulares por mais de 10 anos", diz Van Deventer.

"Mas há indicações de um possível risco de gliomas entre os 10% das pessoas que disseram ter usado seus telefones com mais frequência, embora os pesquisadores concluíssem que erros retiraram força destes resultados", acrescentou o especialista.

No final, IARC classificou as radiofrequências eletromagnéticas como "possíveis cancerígenos para os seres humanos", uma categoria "utilizada quando a relação causal é considerada confiável, mas as oportunidades, distorções ou confusões não podem ser razoavelmente geridos", diz Van Deventer.

Essas limitações têm a ver com a nossa dificuldade em lembrar quantas vezes usamos o telefone durante uma década e também com a mudança de uso do celular ao longo do tempo, e as complicações no estudo de cânceres cerebrais.

Mas a questão permanece sobre a mesa (e no laboratório) de cientistas de todo o mundo.

A OMS espera publicar, até ao final de 2017, uma "avaliação de risco formal" sobre esta questão, conta Van Deventer.

Também é preocupante a vulnerabilidade especial das crianças, porque seus sistemas nervosos ainda estão em formação.

Já se realizou um estudo em grande escala sobre o assunto e há outro em curso na Austrália, cujos resultados serão publicados em breve.

Medidas de prevenção

Enquanto isso, alguns dizem que é melhor prevenir do que remediar.

Nesse sentido, Van Deventer recomenda o seguinte:

- Usar fones de ouvido ou deixar o celular no viva-voz, para mantê-lo longe de sua cabeça
- Limitar o número e a duração das chamadas
- Usar o telefone em áreas de boa recepção, pois isso faz com que o celular transmita com uma potência de saída reduzida

A Sociedade Americana do Câncer recomenda enviar mais mensagens do que ligar e limitar o uso do celular. Outra opção é escolher um telefone com um valor de SAR reduzido (menos níveis de ondas de RF).

Mas nem todas as prevenções são bem-vindas pela ciência.

"O uso de protetores de celular para absorver a energia de radiofrequência não se justifica e a eficácia de muitos dispositivos comercializados para reduzir a exposição não foi comprovada", diz Van Deventer.

Notícia 4: Irradiação de alimentos é tema antigo, mas ainda controverso

quarta-feira 31 de maio de 2006.

O físico Alexandre Soares Leal, do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), aponta benefícios da irradiação dos alimentos e atribui o receio que a população tem de consumir esses alimentos à constituição de um "imaginário negativo" ligado à questão nuclear. Já a ONG Public Citizen Brasil enumera vários perigos e problemas e questiona os benefícios da ampliação do uso dessa tecnologia no país.

A irradiação de alimentos é um tema controverso. O físico Alexandre Soares Leal, do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), aponta vários benefícios dessa tecnologia e atribui o receio que a população tem de consumir alimentos irradiados à constituição de um "imaginário negativo" ligado à questão nuclear. Já os membros

da ONG Public Citizen Brasil alertam para os possíveis perigos decorrentes do uso da radiação nos alimentos e questionam os benefícios da ampliação do uso dessa tecnologia no país.

"Se você perguntar 'você comeria alimentos irradiados?', a resposta invariavelmente será 'não'", diz o físico Alexandre Soares Leal. A não aceitação por parte das pessoas decorre, entre outros fatores, da relação que se faz entre irradiação e radioatividade. Segundo ele, a contaminação radioativa pressupõe o contato físico com uma fonte radioativa, enquanto a irradiação é a energia emitida de uma fonte de radiação. Desta forma, os alimentos irradiados não se tornam radioativos, pois não contêm a fonte de radiação (apenas recebem a energia).

"Além do preconceito generalizado e da terminologia confusa - na França, por exemplo, a irradiação é chamada de ionização, para não ser confundida com radioatividade -, existem outros fatores que atrapalham a aceitação dos alimentos irradiados. Um deles é a ausência de informações sobre energia nuclear no Ensino Básico e Fundamental, ou mesmo no superior", diz Leal, completando que, mesmo nos cursos universitários em que se pressupõe certo conhecimento do assunto (como os que usam técnicas de raio-X, por exemplo), os conceitos são frágeis e a diferenciação entre os termos, precária. "Outro problema é que a mídia, quanto trata o assunto, busca apenas o sensacional", afirma.

O processo de irradiação consiste em submeter os alimentos, já embalados ou a granel, a uma quantidade controlada de radiações ionizantes (alfa, beta, gama, raios X e nêutrons), por um tempo prefixado. "É importante conhecer bem a dose e o tempo de exposição à radiação, os quais variam de acordo com o tipo de alimento", ressalta a agrônoma Lucimeire Pilon, que faz doutorado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) sob orientação de professores do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). Consegue-se, desta forma, retardar a maturação de frutas e legumes, inibir o brotamento de bulbos e tubérculos, eliminar ou reduzir a presença de parasitas, fungos, bactérias e leveduras, aumentando a vida útil dos alimentos e auxiliando na sua distribuição e comercialização.

Como nos demais métodos de conservação de alimentos (pasteurização, congelamento, etc), a irradiação ocasiona perdas de macro e micronutrientes, bem como variações na cor, sabor, textura e odor. Mas as alterações químicas provocadas nos alimentos são mínimas e nenhuma delas nociva ou perigosa, segundo o Cena/USP.

Já a organização não-governamental Public Citizen Brasil se posiciona como uma das críticas desta tecnologia e enumera vários problemas que podem decorrer da irradiação: desde a perda de vitaminas, que se intensificaria com o maior tempo de estocagem; passando pela possibilidade de serem produzidos novos compostos nos alimentos, associados entre outras coisas a câncer e a alterações genéticas em células humanas e de ratos; até o questionamento das instalações utilizadas devido ao risco de ocorrerem vazamentos e acidentes radioativos. A ONG afirma ainda que a tecnologia de irradiação beneficiará apenas os grandes agricultores de exportação, dificultando ainda mais a entrada dos pequenos agricultores no mercado externo.

Produtos no dia-a-dia sem rotulagem

Vários produtos irradiados, sobretudo especiarias, estão presentes no nosso dia-a-dia. Segundo Lucimeire Pilon, um exemplo são as especiarias usadas nos salgadinhos industrializados, tipo fandangos e batatinha frita. Contudo, poucas empresas informam no rótulo o uso desse procedimento.

Alexandre Soares Leal concorda: “No Brasil, é mais provável que existam ingredientes irradiados do que o alimento irradiado em si”. Para ele, as especiarias apresentam grande potencial de contaminação por microorganismos, sendo que muitas indústrias utilizam especiarias irradiadas sem identifica-las na embalagem. “Quem usa ingredientes irradiados faz isso porque acredita ser a melhor opção, mas não divulga porque teme a reação do mercado”, opina.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) exige que, na rotulagem dos alimentos irradiados, conste no painel principal a inscrição "alimento tratado por processo de irradiação". Quando um produto irradiado é utilizado como ingrediente em outro alimento, esta informação deve ser apresentada na lista de ingredientes. A Anvisa estabelece que, no Brasil, os alimentos podem ser tratados por radiação

desde que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima seja inferior à que comprometeria as propriedades funcionais e os atributos sensoriais do alimento. Organismos internacionais como a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Organização para Agricultura e Alimentação das Nações Unidas (FAO) também são favoráveis à técnica de irradiação de alimentos, autorizada em diversos países do mundo.