



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

MAYARA MARIA DE LIMA CAVALCANTE

**UTILIZAÇÃO DO IODO-131 NA IODOTERAPIA: Uma proposta de
ensino de Química sobre as aplicações da radioatividade numa
perspectiva CTS**

Recife
2022

MAYARA MARIA DE LIMA CAVALCANTE

UTILIZAÇÃO DO IODO-131 NA IODOTERAPIA: Uma proposta de ensino de Química sobre as aplicações da radioatividade numa perspectiva CTS

Monografia apresentada a coordenação do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral.

Recife

2022

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)

C377u Cavalcante, Mayara Maria de Lima
UTILIZAÇÃO DO IODO-131 NA IODOTERAPIA: Uma proposta de ensino de Química sobre as aplicações da radioatividade numa perspectiva CTS / Mayara Maria de Lima Cavalcante. - 2022.
63 f. : il.

Orientadora: Edenia Maria Ribeiro do Amaral.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Licenciatura em Química, Recife, 2023.

1. Ensino de Química. 2. CTS. 3. Radioatividade. 4. Iodoterapia. I. Amaral, Edenia Maria Ribeiro do,
orient. II. Título

CDD 540

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

MAYARA MARIA DE LIMA CAVALCANTE

**UTILIZAÇÃO DO IODO-131 NA IODOTERAPIA: Uma proposta de
ensino de Química sobre as aplicações da radioatividade numa
perspectiva CTS**

Aprovado em 13 de Outubro de 2022

Banca Examinadora

Edenia Maria Ribeiro do Amaral – Orientadora
UFRPE

Ruth do Nascimento Firme – 1º avaliador a
UFRPE

José Euzebio Simões Neto – 2º avaliador
UFRPE

Dedico este trabalho aos meus pais, Amara e Coutinho, que são vitoriosos e lutam todos os dias contra o câncer. Em especial a Amara, minha mãe, por ter me trazido inspiração para a escolha do tema deste trabalho, mesmo em meio a tantas batalhas enfrentadas pelo câncer da tireoide.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que em um momento tão complexo me fez encontrar forças para continuar.

A minha família pelo apoio e incentivo aos estudos.

Ao meu amado que permanece comigo nesses longos anos, sempre me lembrando que sou capaz.

Agradeço a Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Residência Estudantil, pelo apoio e acolhimento durante todo o curso.

Agradeço a todos os docentes que contribuíram para a minha formação, especialmente minha orientadora, a professora Dra Edenia Maria Ribeiro do Amaral.

Agradeço também aos professores Dr. José Euzebio Simões Neto e Dra Ruth do Nascimento Firme, por ter aceitado o convite para compor a banca examinadora.

Agradeço a minhas colegas de sala, em especial Danielle Santos da Paz e Izabelly Tavares de Lima, que estiveram ao meu lado em todos os períodos, momentos tristes e alegres.

Enfim, a todos os que, por algum motivo, contribuíram para a realização deste sonho.

Educação, em boa síntese, é luz que circula vitoriosa do sentimento ao raciocínio, sustentando o equilíbrio entre o cérebro e o coração. A ideia esclarece. O sentimento cria. A palavra edifica.

(Emmanuel)

RESUMO

Este trabalho teve como finalidade elaborar uma proposta de ensino sobre o conteúdo de radioatividade, focando em suas aplicações na medicina, particularmente a utilização do Iodo-131 na iodoterapia, fazendo uso de uma abordagem CTS. A pesquisa foi desenvolvida com 16 alunos do 3º ano do Ensino Médio que possuía entre 16 e 19 anos, de uma escola localizada no município de Ribeirão-PE. Para a metodologia, foi aplicado uma sequência didática, envolvendo quatro momentos, onde ocorreu debates, estudo de caso e questionários. As perguntas foram pensadas e organizadas de maneira que trouxesse respostas sobre o nível de conhecimento prévio dos alunos, onde esse conhecimento foi adquirido e a evolução do conhecimento do aluno após um estudo de caso. Por meio dessa pesquisa em sala de aula, o resultado mostrou que boa parte dos estudantes tinham um conhecimento insatisfatório sobre os conceitos científicos e um conhecimento moderado sobre as aplicações da radioatividade, este último adquirido fora no âmbito escolar, através da internet, filmes e séries. Com a aplicação da sequência didática os alunos tiveram o primeiro contato mais aprofundado com o conteúdo, passando a conhecer os diversos conceitos, aplicações e relações com a ciência, tecnologia e com a sociedade, mostrando-se mais motivado e interessado na temática.

Palavras-chave: Ensino de Química; CTS; Radioatividade; Iodoterapia.

ABSTRACT

This work aimed to develop a teaching proposal on the content of radioactivity, focusing on its applications in medicine, particularly the use of Iodine-131 in radioiodine therapy, using a CTS approach. The research was developed with 16 students from the 3rd year of high school who were between 16 and 19 years old, from a school located in the city of Ribeirão-PE. For the methodology, a didactic sequence was applied, involving four moments, where debates, case studies and questionnaires took place. The questions were thought and organized in a way that brought answers about the level of previous knowledge of the students, where this knowledge was acquired and the evolution of the student's knowledge after a case study. Through this classroom research, the result showed that a good part of the students had an unsatisfactory knowledge about scientific concepts and a moderate knowledge about the applications of radioactivity, the latter acquired outside the school environment, through the internet, movies and series. With the application of the didactic sequence, the students had the first deeper contact with the content, getting to know the different concepts, applications and relationships with science, technology and society, showing themselves to be more motivated and interested in the theme.

Keywords: Chemistry teaching; CTS; Radioactivity; Iodine-131;

LISTA DE SÍMBOLOS

β – Beta.....	30
γ – Gama.....	30
% – Porcentagem.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Perguntas feitas à roda de conversa.....	32
Quadro 2. Estudo de caso.....	33
Quadro 3. Questionário escrito.....	35
Quadro 4. Categorias de análise.....	39
Quadro 5. Respostas dos alunos 1, 2 e 3, respectivamente.....	43
Quadro 6. Respostas dos alunos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.....	46
Quadro 7. Respostas dos alunos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.....	48
Quadro 8. Respostas dos alunos 1, 2 e 3, respectivamente.....	52
Quadro 9. Respostas dos alunos 1, 2 e 3, respectivamente.....	53
Quadro 10. Respostas dos alunos 1, 2 e 3, respectivamente.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da glândula tireoide.....	35
Figura 2 - Radioactive, filme de 2019.....	37
Figura 3 - A importância da medicina nuclear, Drauzio Varella, YouTube, 2018....	37
Figura 4 - Iodo radioativo é um dos tratamentos contra o Câncer de Tireoide, Bem Estar, Globoplay, 2014.....	37
Figura 5 - Relações complexas entre os termos CTS.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre a diferença entre os isótopos: Iodo (I-127) e o Iodo radioativo (I-131).....	44
Gráfico 2. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre outras aplicações que a radioatividade podem ter, além da medicina nuclear.....	46
Gráfico 3. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre alguns benefícios e malefícios das radiações.....	48
Gráfico 4. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre já ter estudado sobre radioatividade ou tido conhecimento sobre o uso, riscos e benefícios de radiações na escola.....	51
Gráfico 5. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre a diferença entre radioterapia e iodoterapia.....	52
Gráfico 6. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre o que aconteceria com Jon Newman se ele tivesse contato direto com a esposa.....	53
Gráfico 7. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre porque mesmo sendo radiativo o Iodo-131 não prejudica a saúde do paciente.....	54
Gráfico 8. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre a radioatividade ter alguma relação com ciência, tecnologia ou sociedade.....	57

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
1.1 A RADIOATIVIDADE NO ENSINO DE QUÍMICA.....	19
1.2 A PERSPECTIVA CTS (CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE).....	22
1.2.1 A perspectiva CTS e o ensino de química	23
1.2.2 A perspectiva CTS e o ensino da radioatividade	24
1.3 RADIOATIVIDADE.....	25
1.3.1 Um breve histórico.....	25
1.3.2 Aplicações da radioatividade.....	27
1.3.3 Medicina Nuclear.....	28
1.3.4 A utilização do Iodo-131 na terapia medicinal.....	29
CAPÍTULO 2 METODOLOGIA	31
2.1 PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	32
2.1.1 Primeiro momento.....	32
2.1.2 Segundo momento.....	33
2.1.3 Terceiro momento.....	35
2.1.4 Quarto momento.....	36
2.2 ANÁLISE DE DADOS.....	38
CAPÍTULO 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
3.1 CONCEPÇÕES SOBRE OS CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE, RADIAÇÕES E RADIOISÓTOPOS.....	41
3.2 CONCEPÇÕES SOBRE AS APLICAÇÕES DA RADIOATIVIDADE.....	45
3.3 CONCEPÇÕES SOBRE BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS DAS RADIAÇÕES.....	47
3.4 CONCEPÇÕES SOBRE OS MEIOS ONDE ADQUIRIRAM INFORMAÇÕES SOBRE RADIOATIVIDADE.....	49
3.5 CONCEPÇÕES SOBRE TERAPIAS COM RADIOISÓTOPOS.....	51
3.6 CONCEPÇÕES SOBRE RADIOATIVIDADE E CTS.....	55
3.7 ANÁLISE DO TERCEIRO MOMENTO.....	58
3.8 ANÁLISE DO QUARTO MOMENTO.....	58
CAPÍTULO 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	61

INTRODUÇÃO

O desafio de ensinar o conteúdo de radioatividade no ensino médio, há muito tempo, é bastante pertinente, pois existe uma profundidade em volta do conteúdo que exige cautela e disponibilidade de tempo. Por muitas vezes essa temática acaba ficando de lado, sendo outros conteúdos priorizados. Entretanto a sua relevância precisa ser destacada em sala de aula, uma vez que a radioatividade se revela positivamente no âmbito tecnológico e social, trazendo vários benefícios, porém, também tem sido a causa de inúmeros acidentes e mortes. Em geral, os livros didáticos de química, na maioria das vezes abordam esse conteúdo de tal forma, que é considerada apenas uma imagem negativa associada às radiações, principalmente com grande enfoque nos acidentes, riscos das usinas nucleares e dos rejeitos radioativos. Por exemplo, a obra *Química Cidadã* (SANTOS e MÓL, 2010) não apresenta integralmente aplicações benéficas e pontos positivos da radioatividade. Isso é reforçado, na esfera externa da escola, quando se encontra um reforço das mídias sociais e noticiários de TV, com notícias muitas vezes sensacionalistas e pouco cuidadosas quanto ao tema.

As aplicações do conhecimento sobre a radioatividade se apresentam com uma frequência menor quando se trata dos livros didáticos, ainda que elas sejam inúmeras, tais como tecnologias usadas na agricultura, na indústria, na geração de energia, na medicina, entre outras, que são citadas superficialmente. Neste trabalho, as aplicações na medicina vão ser apresentadas com uma atenção especial, diferentemente dos livros, que trazem um foco maior na utilização das energias nucleares. Na medicina, as radiações são usadas, por exemplo, na radioterapia, que usa a radiação gama ou raios-X para o combate de tumores, e, neste trabalho, damos um destaque a tratamentos médicos por iodoterapia, que é a terapia feita com o isótopo I^{131} . A iodoterapia quase não é discutida nos currículos, ainda que tenha uma grande importância para a sociedade, sendo um tratamento indicado para pacientes com Hipertireoidismo ou Câncer da tireoide, considerando que a glândula tireoide por apresentar total capacidade de absorver todo o iodo presente no sangue, consegue absorver o isótopo com facilidade destruindo as células cancerígenas. O câncer da tireoide é o tumor mais frequente da região cabeça e pescoço e o 5º tumor mais

frequente entre as mulheres (INCA, 2021), contudo, por parte da própria sociedade existe uma grande falta de informação, que pode estar relacionada com a defasagem no ensino escolar, em que os conteúdos não são abordados de forma multidisciplinar e têm pouca relação com o cotidiano; e também, parece haver pouca atualização dos conhecimentos a serem ensinados na escola, mesmo que estejamos vivendo em uma era totalmente digital.

Os conceitos e as maneiras de ensinar, vêm se modificando com o tempo e as novas tecnologias, e vão surgindo necessidades de inovar os currículos. Cabe aos sistemas e redes de ensino, assim como às escolas, em suas respectivas esferas de autonomia e competência, incorporar aos currículos e às propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integradora (BNCC, 2018). É de fundamental importância que haja uma pluralidade na hora da abordagem dos conteúdos em sala de aula, o educador deve discutir o assunto, passando por pontos importantes que se referem a questões sociais, ambientais, políticas como parte da realidade vivida pelos alunos, para que o mesmo possa compreender com totalidade os fenômenos e conceitos e não apenas pontos específicos isolados.

Neste trabalho, para uma abordagem sobre radioatividade como tema gerador de discussões em sala de aula, usamos a perspectiva CTS, que surgiu como movimento, nas décadas de 60 e 70, propondo mudanças em vários cenários sociais com relação ao conhecimento científico e tecnológico, em todo o mundo. Esse movimento se ancorou em questionamentos sobre o desenvolvimento científico e tecnológico associado a problemas ambientais, armamentos bélicos e impactos causados na qualidade de vida das pessoas. Segundo Bazzo (2007), a partir desses questionamentos, organizações começaram a tomar corpo em prol de uma educação científica e tecnológica. Devido às circunstâncias em que esses movimentos surgiram, e também seus objetivos para com a sociedade, verificou-se a importância de levá-los para a sala de aula, com o intuito de possibilitar a compreensão da dimensão social da ciência e da tecnologia numa visão crítico-reflexivo.

De acordo com a BNCC (2018) para formar esses jovens como sujeitos críticos, criativos, autônomos e responsáveis, cabe às escolas de Ensino Médio propor-

cionar experiências e processos que lhes garantam as aprendizagens necessárias para a leitura da realidade, o enfrentamento dos novos desafios da contemporaneidade (sociais, econômicos e ambientais) e a tomada de decisões éticas e fundamentadas.

A partir dessa perspectiva, entendemos que o conteúdo de radioatividade pode ser estudado por vários campos do conhecimento, é um tema interdisciplinar pelo fato de encontramos aplicações e usos na radiologia, na medicina, na agricultura, na indústria, entre outros, sendo discutido principalmente em cursos de química e física, que proporcionam aos estudantes terem um contato com o conteúdo em sala de aula. Diante disso, essa temática pode ser aplicada de diferentes formas nas salas de aula, usando inúmeras estratégias de ensino e aprendizagem, que podem dar uma importância mais tecnológica e social ao tema, fugindo um pouco da uniformidade dos livros didáticos. Como mencionado anteriormente, uma dessas possibilidades é a abordagem da radioatividade a partir da utilização de tecnologias para tratamentos de saúde, sendo importante enfatizar que uma dessas aplicações, o uso do radioisótopo Iodo-131 na terapia medicinal, será nosso objeto de estudo.

Em contrapartida, os impactos ambientais, seus efeitos na saúde humana, utilização para fins bélicos e outros pontos negativos, não podem passar despercebidos. Destacar as aplicações das radiações como pontos positivos é imprescindível para, mais que desmistificar concepções que emergem no estudo desse tema, mostrar ao aluno um universo de oportunidades, uma esperança para o futuro, para as futuras doenças, e como o mundo pode se tornar melhor, quando o conhecimento científico é empregado de forma benéfica. O conteúdo quando programado dessa maneira pode trazer para o aluno a oportunidade de construir um pensamento crítico, fazer questionamentos, ter uma visão ampla, científica e social do tema, evitando apenas memorização e posterior esquecimento. E é nesse cenário, que este trabalho tem como finalidade salientar como o estudo do tema pode ser mais promissor, e como alunos e professores podem ter um olhar mais crítico para o estudo sobre radioatividade e suas aplicações, como um conteúdo emblemático e pertinente.

Dessa maneira, apresentamos os objetivos deste trabalho.

Objetivo geral

- Desenvolver e analisar uma proposta de ensino sobre o conteúdo de radioatividade, focando em suas aplicações na medicina e fazendo uso de uma abordagem CTS.

Objetivos específicos

- Analisar como os estudantes compreendem radioatividade, nos seus aspectos positivos e negativos, e suas aplicações.
- Elaborar uma proposta de ensino sobre radioatividade na qual o aluno compreenda o lado positivo das radiações, a partir do uso do iodo na terapia medicinal;
- Analisar como uma abordagem CTS pode contribuir para o melhor entendimento da temática, trazendo uma visão mais rica e esclarecedora, entendendo que a mesma pode estar ligada diretamente não só à ciência, mas também à tecnologia, e ao seu meio social.

Para alcançar os objetivos, organizamos o trabalho em 4 capítulos. No capítulo 1, discutimos sobre a radioatividade no ensino da química, a abordagem CTS, e por fim as aplicações da radioatividade e sua relevância na medicina. No capítulo 2, apresentamos a metodologia com uma proposta de uma sequência didática dividida em quatro momentos. No capítulo 3, discutimos os resultados da aplicação da SD, trazendo as concepções dos alunos, atribuídas em seis categorias. Por fim, no capítulo 4, trazemos as considerações finais a respeito desta pesquisa.

CAPÍTULO 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 A RADIOATIVIDADE NO ENSINO DE QUÍMICA

A importância de aprender química na educação básica vai muito além de apenas cumprir o que está determinado em currículos, nessa disciplina o aluno tem o primeiro contato com as transformações químicas existentes no seu dia a dia, que muitas vezes ele não sabe explicar de um ponto de vista químico. Diversos processos químicos que estão presentes na realidade vivida pelos alunos, como uma panela de pressão no fogo, um prego se oxidando, ou até mesmo as chuvas ácidas que corroem estátuas públicas, passam despercebidos e são poucos questionados pelos alunos que ainda não estudam tais fenômenos a partir de conteúdos químicos. A química surge então como uma possibilidade de prover ao aluno explicações e entendimento sobre o mundo em que ele vive, e os conteúdos químicos se bem abordados e discutidos podem desenvolver um pensamento químico que lhes proporciona um novo olhar para esta ciência.

De acordo com as Orientações curriculares para o ensino médio, Volume 2, o ensino de química tem como objetivo:

Possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas (BRASIL, 2006, p. 109).

A disciplina de química geralmente, é considerada pelos estudantes de difícil aprendizagem, os conceitos normalmente exigem um determinado nível de abstração, que os estudantes não estão habituados a lidar. É frequente ouvir falar que a química participa ativamente do cotidiano humano ou que essa está presente em tudo ao redor, porém é raro encontrar estudantes que possam explicar com facilidade os fenômenos que ocorrem na natureza com os conceitos aprendidos durante as aulas de química (ALVES e RIBEIRO, 2020). Seguindo esta mesma concepção temos que:

Aprender química consiste não apenas em conhecer suas teorias e conteúdos, mas também em compreender seus processos e linguagens, assim

como o enfoque e o tratamento empregado por essa área da ciência no estudo dos fenômenos. A química possui uma forma peculiar de ver o mundo, diversa daquela que os estudantes estão habituados a utilizar. (MILARÉ, MARCONDES e REZENDE, 2014, p.1)

A Química está presente em diversos aspectos da vida humana, no consumo constante de produtos químicos, na sua influência no desenvolvimento do país e seus impactos, nas consequências ambientais de suas aplicações tecnológicas, bem como, nas problemáticas relacionadas à qualidade de vida dos indivíduos e nas tomadas de decisões do cidadão, por isso, ela se torna fundamental na formação da cidadania (SANTOS, 2011).

No ensino médio, a química está inserida na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a partir do 2º ano é abordado o conteúdo de radioatividade, mas, é ainda no 9º do ensino fundamental, na unidade temática matéria e energia, que aluno se depara pela primeira vez com as radiações e suas aplicações na saúde. Segundo a BNCC (2018), a habilidade “Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.)” precisa ser cumprida. Esse primeiro contato carrega uma grande responsabilidade, ao apresentar ao aluno, esse mundo invisível, fascinante e complexo. A temática radioatividade é um conteúdo no ensino de Química e Física, de bastante relevância, pois envolve demandas do dia a dia, seja na medicina, na indústria, na agricultura, na obtenção de energia etc., como já foi visto, anteriormente.

Além disso, existem questões sobre malefícios, pois toda utilização gera uma parcela de resíduos e rejeitos, a qual é chamada de lixo nuclear. No Brasil, ocorreu um acidente envolvendo tais lixos nucleares, o do Césio-137, na cidade de Goiânia, no estado de Goiás em 1987. O acidente foi consequência da falta de responsabilidade de um hospital que havia existido no local, por abandonar de forma totalmente inadequada tal rejeito hospitalar contendo radiações, e se agravou mais ainda com a ausência de informação por parte da população. Por falta de conhecimento científico, pessoas espalharam pelas redondezas um pó que ganhava brilho a noite que estava contido no aparelho radioterápico em uma cápsula de Césio-137, encontrada por dois catadores. Os dois rapazes romperam o invólucro de chumbo e perfuraram a placa de lítio que isolava as partículas radioativas do contato com o ambiente, que

dias depois, foi vendido para um ferro velho (VIEIRA, 2013) e, dessa forma, começou toda a disseminação de material radioativo.

Acidentes como esse nos alerta para a importância de se ter uma educação escolar de qualidade em que os conteúdos sejam estudados de forma efetiva, o que pode trazer graves consequências quando não há um conhecimento básico de ciência e tecnologia, como no caso acidente supramencionado. Os livros didáticos, em geral, trazem essa temática de forma sucinta, com algumas poucas aplicações e fica a cargo dos educadores: trazer o conteúdo para a sala de aula de forma mais detalhada, geralmente em tempo reduzido, por se tratar de um conteúdo encontrado nos últimos capítulos; mostrar os vários pontos de vista que existem, os benefícios e os malefícios que as radiações carregam; e fazer com que os alunos possam diferenciá-las, compreendendo quando pode ser um perigo e quando pode ser uma salvação.

Uma das consequências, que a ausência dos radioisótopos para diagnósticos e tratamentos, nos livros didáticos e em salas de aula pode causar é a falta de informações entre adultos e idosos da atualidade, que em sua época escolar não tiveram tanto acesso a informações sobre radiações e sua aplicabilidade.

Em uma pesquisa realizada em maio de 2018, em um hospital público localizado na Região Metropolitana do Recife, foi aplicado um questionário a 9 pacientes que passaram pelo tratamento com o Iodo-131, de ambos os sexos com faixa etária entre 40 e 80 anos, e algumas respostas se mostraram insatisfatórias. Providas de falta de conhecimento sobre o conteúdo, 4 pacientes responderam que acreditam que a radiação utilizada é prejudicial ao organismo, enquanto 3 pacientes não sabiam se prejudicaria ou não. A outra pergunta feita, sobre o uso de medicação radioativa e por quanto tempo ela ficaria no organismo, 2 pacientes responderam que não sabiam se a exposição os tornaria radioativos e 1 paciente afirmou que sim, ele ficaria radioativo após o tratamento (MELO, LIMA e JÚNIOR, 2020).

Com esses resultados podemos ver, que mesmos pacientes que já tiveram contato com alguns termos, como radiações ou radioterapia, ainda desconhecem aspectos científicos sobre o tema, incluindo os benefícios da radioatividade existente na medicina terapêutica e as consequências que esse uso pode trazer ao organismo. Portanto, é imprescindível ter um foco voltado para o ensino da radioativa-

de nas escolas, para que os estudantes quando estiverem em contato com alguma aplicação das radiações, saiba compreender do que se trata, os seus benefícios e seus riscos. Diante disso esta pesquisa teve como finalidade desenvolver uma proposta de ensino que levasse para sala de aula conhecimentos indispensáveis sobre o conteúdo de radioatividade.

1.2 A PERSPECTIVA CTS (CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE)

A ciência foi vista por muito tempo como um conhecimento neutro, descomprometida de valores e influências externas, e a tecnologia, como uma simples aplicação da ciência, como é visto no senso comum, tão presente na nossa sociedade. Existe uma dificuldade por parte desta sociedade em se relacionar com a ciência e com a tecnologia, que vai além de procedimentos e artefatos tecnológicos. A relação existente entre essas três áreas já foi bastante ausente nos currículos escolares, criando cidadãos com uma ótica restrita, sem inserção do mesmo nesse meio, existindo uma grande ausência da transversalidade. Contudo surge nesse cenário o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade, onde segundo Bazzo, Matos e Pinheiro (2007, p. 152):

O movimento CTS teve suas origens nos acontecimentos de 1960 e 1970, os quais causaram profundas mudanças no cenário dos países europeus e da América do Norte, vindo mais tarde, a refletir-se no mundo de forma geral. Esses movimentos, pautaram-se em questionamentos em torno da ciência e da tecnologia, com relação às armas nucleares e químicas, agravamento dos problemas ambientais e seus impactos na vida das pessoas. A partir desses questionamentos, organizações começaram a tomar corpo em prol de uma educação científica e tecnológica.

As abordagens tradicionais deixavam e ainda deixam muito a desejar com relação a abordagem mais ampla de questões científicas e sociais. Com a chegada deste movimento, os educadores estão mudando sua didática, sua forma de transmitir conhecimento, fazendo uso de novas estratégias e novos tipos de comunicações, pois parte desta realidade pode estar atrelada às formações anteriores dos educadores. De acordo com Firme e Amaral (2011), os obstáculos para o desenvolvimento das atividades podem não estar unicamente associados à prática pedagógica desses professores e sim a fatores tais como: a ausência de informações técnicas e científicas relacionadas ao tema em foco; a dificuldade em articular de forma

adequada conceitos científicos relacionados com uma determinada tecnologia implicada a um tema social relevante; e a dificuldade de dispor de material didático que suporte as discussões na sala de aula. As autoras ainda afirmam que alguns caminhos podem ser buscados na tentativa de alcançar mais êxito em uma abordagem CTS para o ensino de ciências, algumas dessas possibilidades seriam: incluir questões referentes a ciência, tecnologia e sociedade nos processos de formação inicial dos professores, promover a formação continuada do professor acerca de conhecimentos científicos e tecnológicos relacionados a problemas sociais relevantes, incentivar a elaboração do material didático pelo professor e buscar realizar um planejamento prévio para as intervenções didáticas (FIRME e AMARAL, 2011).

1.2.1 A perspectiva CTS e o Ensino da Química

Partindo do ponto de vista da química, esta é uma disciplina vista de forma geral, com maus olhos pelos alunos que a estudam, a mesma é abordada de forma pouco atraente em sala de aula, sempre com fórmulas e tabelas para memorização, cálculos repetitivos, e teorias passadas de forma desgastantes e essa ótica, um tanto ultrapassada, ainda perdura nos dias atuais. Segundo as Orientações Curriculares do Ensino Médio, Volume 2:

A extrema complexidade do mundo atual não mais permite que o ensino médio seja apenas preparatório para um exame de seleção, em que o estudante é perito, porque treinado em resolver questões que exigem sempre a mesma resposta padrão. O mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso. Essas são capacidades mentais construídas nas interações sociais vivenciadas na escola, em situações complexas que exigem novas formas de participação. Para isso, não servem componentes curriculares desenvolvidos com base em treinamento para respostas padrão (BRASIL, 2006, p. 106).

Pode-se notar que nas orientações curriculares, está presente uma forma de ensino bastante pertinente nos estudos e pesquisas atuais, porém não tão presente na prática. A química é uma ciência complexa que precisa urgentemente dessa atenção e de ser reformulada nas salas de aula, existindo uma necessidade de ser relacionada com cotidiano dos alunos, fazendo-os enxergar que a química e suas reações estão presentes em tudo.

1.2.2 A perspectiva CTS e o Ensino da radioatividade

Diante dos problemas já relatados em momentos anteriores no ensino do conteúdo de radioatividade, direcionado aos alunos do ensino médio, a perspectiva CTS vem como uma sugestão de aperfeiçoamento na transmissão da temática em sala de aula, tornando uma aprendizagem mais concreta com alunos mais interativos e ativos. Para que essa interação ocorra de forma efetiva, é necessário formar cidadãos cientificamente alfabetizados e que consigam enxergar no conteúdo trabalhado em sala de aula para a sua realidade. (OLIVEIRA et al, 2014).

A perspectiva CTS contribui para que o conteúdo seja transmitido de maneira científica, contudo, deve ser pensado com uma inserção no meio social, levando para o dia a dia dos educandos. As radiações eletromagnéticas estão presente em todas as partes, seja ionizantes ou não, as ionizantes, tem a capacidade de remover elétrons presentes nas moléculas, estas que são estudadas dentro do conteúdo e estão presente nos alimentos, nos exames de diagnósticos, na geração de energia elétrica, e nem sempre o aluno tem essa conscientização, de que o mesmo também está inserido nesse contexto social.

A necessidade do enfoque CTS nas aulas, é vista também ao término do ensino médio quando o aluno se ver diante de provas e vestibulares, que vão os dar a oportunidade de ingressar no ensino superior, um desses meios, o exame nacional do ensino médio (ENEM), traz em suas questões, conteúdos de química com bastante interdisciplinaridade. As características das questões sobre a radioatividade, presentes nas edições do ENEM 2000 até 2015, analisadas por Fernandes e Campos (2016) reiteram a importância de um ensino que contemple metodologias diferenciadas em sala de aula, pautadas nos dois pilares já preconizados nos Parâmetros Curriculares Nacionais, a saber, a contextualização e a interdisciplinaridade. Também apontam para a importância da compreensão dos conceitos na resolução de problemas em diferentes contextos, ambiental, tecnológico, cotidiano, etc. Levar até o educando um pensamento mais crítico e observador fazendo-o perceber o seu dia a dia, faz parte do movimento CTS, e existem inúmeras possibilidades do educador efetivar tal ideia. A radioatividade não é só boa ou má, existem diferentes utilidades, e não é culpa das radiações ou dos avanços tecnológicos, e sim de quem os

utilizam. E esse discernimento deve ser claro na concepção e na vida dos alunos que o estudam.

1.3 RADIOATIVIDADE

1.3.1 Um breve histórico

A radioatividade pode ser compreendida como a capacidade que certos núcleos atômicos possuem, de emitir radiação, ou seja, partículas e/ou fótons para reduzir sua energia (COUTO e SANTIAGO, 2010) e alcançar estabilidade, pois provém de núcleos instáveis. No século passado, muitos estudos sobre essas radiações já faziam parte do dia a dia de diversos cientistas, em sua maioria, físicos, mas os próprios desconheciam sua natureza, como também se fascinavam com ela. Em 1895, Wilhelm Conrad Roentgen constatou uma fluorescência vindo de sais de bário, quando estes eram aproximados a tubos de raios catódicos, raios estes descobertos pelo inglês William Crookes (1832-1919) alguns anos antes.

Sabe-se que Roentgen observou os ossos de sua própria mão, enquanto segurava materiais próximos a tela (MARTINS, 2005). Por desconhecer a natureza dos intrigantes raios, os chamou de raios X. Em 1895, com o anúncio da descoberta dos raios X, Henri Becquerel (1852-1908), físico francês refletiu que poderia haver uma relação entre a experiência de Roentgen e as suas investigações em fosforescência. Becquerel perguntou-se se a produção de raios X poderia ser sempre associada à luminescência, para testar esta hipótese, Becquerel embrulhou chapas fotográficas em camadas de papel preto e colocou um material luminescente por cima, quando em contato com a radiação solar, as chapas fotográficas foram expostas. Becquerel concluiu que a radiação solar fez com que o material (um sal de urânio) produzisse raios-X. O físico guardou o seu material de trabalho numa gaveta escura, e cerca de dias depois, verificou que tinha havido exposição na placa. Concluiu então que um outro tipo de radiação, proveniente dos sais de urânio, tinha provocado esses resultados, a radioatividade havia sido então descoberta (RIBEIRO, 2014).

Após as descobertas de Becquerel, surge nesse cenário, o casal Pierre Curie (1859-1906) e Marie Curie (1867-1934). A descoberta de 1896 da radioatividade por Henri Becquerel inspirou o casal a continuar investigando este fenômeno. Eles descobriram que o mineral pechblenda era mais radioativo do que o urânio e concluíram que ele deve conter outras substâncias radioativas. Dele conseguiram extrair dois elementos até então desconhecidos, o polônio e o rádio, ambos mais radioativos que o urânio. Demonstrando intenso interesse nos raios, Marie Curie, junto ao esposo, entraram em um mundo totalmente novo e desconhecido, e foram aprofundando as descobertas e conquistando vários prêmios, inclusive o prêmio Nobel.

Há cerca de 15 anos a radiação de urânio foi descoberta por Henri Becquerel, e dois anos depois o estudo desse fenômeno foi estendido a outras substâncias, primeiro por mim, depois por Pierre Curie e eu. Este estudo, levou-nos rapidamente à descoberta de novos elementos, cuja radiação, embora sendo análoga à do urânio, era muito mais intensa. Todos os elementos que emitem tal radiação eu denominei de radioativos, e a nova propriedade da matéria revelada nesta emissão recebeu o nome de radioatividade. (MARIE CURIE, 1911, *Nobel Lectures*)

Nesses momentos finais do século, vários físicos estavam interessados na radioatividade, concomitantemente, cada um estudavam suas experiências, um desses destaques foi Ernest Rutherford (1871-1937), que ao lado do químico inglês Frederick Soddy (1877-1956), trabalharam profundamente. Em pouco tempo, a dupla apresentou resultados surpreendentes sobre a radioatividade. Um deles, era que a emissão de radiação fazia com que um elemento químico se transformasse em outro, ganhando o nome de transmutação nuclear. No início do século, sua fama ultrapassava a de Henri Becquerel e do casal Curie, que nesse momento já haviam descoberto dois novos elementos radioativos, e o trio haviam recebido o Nobel de Física em 1903, em contrapartida, os resultados de Rutherford lhe renderam o Nobel de Química em 1908 (VIEIRA E VIDEIRA, 2019). Rutherford e Soddy, ainda contribuíram, mostrando que a radiação emitida pelas substâncias radioativas era, na realidade, composta por três tipos distintos de radiação, radiação alfa, a radiação beta, e a radiação gama. Anos depois, Soddy descobriu isótopos não estáveis resultantes do decaimento radioativo. Demonstrou que elementos radioativos podem ter diferentes massas atômicas, mas apresentarem propriedades químicas idênticas, levando a que cada posição na tabela periódica fosse ocupada por múltiplas entidades (FERNANDES, 2014). Na radioatividade artificial, tiveram destaque, o ca-

sal Frédéric Joliot (1900-1958) e Irène Curie (1897-1956), filha de Pierre e Marie Curie. O casal levaria o Nobel de Química de 1935 pela obtenção dos primeiros elementos químicos radioativos artificiais (VIEIRA E VIDEIRA, 2019).

1.3.2 Aplicações da radioatividade

Existem diversas aplicações dos inúmeros radioisótopos existentes. Logo após a descoberta do elemento rádio em 1898, começaram a surgir interesses pelo tão fantástico elemento, antes o fascínio era com os raios-X, mas a fama do rádio fazia todos o quererem em seus produtos. Alguns exemplos desses produtos são: águas radioativas, produtos de beleza, produtos médicos farmacêuticos, e até mesmo na intenção de atrair consumidores, produtos fraudulentos (LIMA, PIMENTEL, AFONSO, 2011). Algum tempo depois, as consequências começaram a aparecer, devido à falta de conhecimento a respeito dos malefícios e do perigo da radioatividade, diferentemente dos dias atuais onde cada aplicação é feita sob precisas medidas. FERNANDES, (2014, p.1) deixa claro algumas das aplicações das radiações:

São utilizados como marcadores para estudar os processos químicos e biológicos nas plantas, em detetores de fumo (Amerício-241), ou na esterilização de alimentos, destruindo germes e bactérias através da irradiação por raios gama.

Na área da medicina, os radioisótopos são empregues em técnicas complementares de diagnóstico, permitindo imagens com mais detalhes dos órgãos internos do que as obtidas convencionalmente através de raios-X, sendo o tecnécio-99 o radioisótopo mais usado. Na terapia de algumas doenças também se utilizam radioisótopos, como por exemplo, o iodo-131 no tratamento do cancro da tiroide. Uma outra aplicação importante dos radioisótopos é a datação através de carbono-14 (W. N. A., 2021).

Sua aplicação estende-se também ao campo da produção de energia, e produção de armas nucleares. A produção de energia é um dos maiores usos, e aproveitamento, porém os riscos de acidentes em suas usinas, existem, e se ocorrem, são irreparáveis, como por exemplo a explosão da usina nuclear de Chernobyl, no norte da Ucrânia em 1986, devido ao superaquecimento de um de seus reatores. Pode

ser obtida através da fusão e fissão nuclear. A energia nuclear é uma energia limpa, e é a segunda maior fonte de eletricidade de baixo carbono hoje, com 452 reatores em operação em 2018 (IEA, 2021). Na produção de armas e bombas nucleares, temos marcados na história, o maior desastre atômico, nas cidades de Hiroshima e Nagasaki, onde houve grandes consequências, como a alta crise financeira, imensa área devastada, sobreviventes expostos, números elevados de mortos e feridos, e doenças terminais. Todas as consequências apresentadas foram vividas pelos japoneses que habitavam Hiroshima, e posteriormente em Nagasaki, 1945, no período da segunda guerra mundial, que foi o cenário para a primeira explosão nuclear.

1.3.3 Medicina nuclear

A medicina nuclear usa radiação para fornecer informações sobre o funcionamento de órgãos específicos de uma pessoa ou para tratar doenças. Na maioria dos casos, as informações são utilizadas pelos médicos para fazer um diagnóstico rápido da doença do paciente. A tireoide, os ossos, o coração, o fígado e muitos outros órgãos podem ser facilmente visualizados, e distúrbios em suas funções podem ser revelados, em alguns casos, a radiação pode ser usada para tratar órgãos doentes ou tumores (W.N.A. 2021). Os procedimentos mais utilizados são as utilizações de radiofármacos pra diagnósticos, radiofármacos terapêuticos, imagem nuclear, esterilização, entre outros. Radioisótopos médicos são feitos de materiais bombardeados por nêutrons em um reator ou por prótons em um acelerador chamado ciclotron. Os radioisótopos são uma parte essencial dos radiofármacos. Um radiofármaco é uma molécula que consiste em um marcador de radioisótopo ligado a um produto farmacêutico. Depois de entrar no corpo, o medicamento radiomarcador se acumula em um órgão específico ou tecido tumoral. O radioisótopo ligado ao fármaco alvo sofrerá decomposição e produzirá quantidades específicas de radiação que podem ser usadas para diagnosticar ou tratar doenças e ferimentos humanos (ANSTO, 2021).

A imagem nuclear, também muito utilizada, é uma técnica de diagnóstico que usa radioisótopos que emitem raios gama dentro do corpo, alguns exemplos são: TC (tomografia computadorizada), ressonância magnética (imagem por ressonância magnética) ou raios-X, outros tipos mais avançados são: Varreduras de tomografia por emissão de pósitrons (PET) e Varreduras de tomografia computadorizada (TC).

A aplicação da esterilização por radiação tem vários benefícios, é mais seguro e barato porque pode se feito após o produto ser embalado, além de seringas, os produtos médicos esterilizados por radiação incluem algodão, curativos para queimaduras, luvas cirúrgicas, válvulas cardíacas, ataduras, plástico e instrumentos cirúrgicos (W.N.A. 2021). Cinco, dos grandes ganhadores do Prêmio Nobel estiveram intimamente envolvidos com o uso de traçadores radioativos na medicina.

1.3.4 Utilização do Iodo-131 na terapia medicinal

O Iodo-131 é um radionuclídeo empregado na medicina nuclear, e seu uso mais frequente é no tratamento das patologias da tireoide, como o hipertireoidismo e o câncer da tireoide. O câncer da tireoide é o mais comum da região da cabeça e pescoço e afeta três vezes mais as mulheres do que os homens. Os carcinomas diferenciados são os tipos mais frequentes, dentre eles estão o papilífero, o folicular e o de células de Hürthle (INCA).

A terapia com o radioiodo é uma terapia complementar, muitas vezes sendo a cirurgia a primeira etapa deste tratamento. Após a remoção parcial ou total da tireoide, entra em cena a iodoterapia. Doses terapêuticas de I-131 são administradas por via oral na forma líquida ou cápsula, sendo que a forma líquida requer maior cuidado no manuseio (THOMPSON, 2001). As vantagens do radioisótopo incluem fácil administração, eficácia, baixo custo e ausência de dor, quando administrado por via oral em solução de iodeto de sódio, o iodo é rapidamente absorvido, concentrado e incorporado pela tireoide nos folículos de armazenamento, com meia-vida efetiva de cinco dias (ARAÚJO, et al.,2007). A dose ministrada no tratamento de câncer de tireoide varia de 100 mCi, para tecidos remanescentes depois da cirurgia, até 250 mCi ou mais, para tratamento de metástases. O iodeto ou I-131 é poderoso no combate ao câncer e metástases por emitir partículas beta (β) e radiação gama (γ) (SILVA e SANTOS, 2015). Após o tratamento, o paciente liberará a radiação pelo suor, urina e saliva, permanecendo este em um isolamento. Em 24 horas da administração terapêutica do I-131, 35% a 75% são eliminados, estes podem contaminar o ambiente em que o paciente se encontra. Em consequência, tornam-se necessários a utilização de equipamentos de proteção individual e comuns para os profissionais que trabalham diretamente com esse paciente, além de que todos os objetos utiliza-

dos no período de internação, vestimentas pessoais, roupas de cama, roupas de banho, copo, prato, talheres, restos alimentares, são considerados como contaminados, devendo ser tratados como rejeitos radioativos (THOMPSON, 2001).

O tempo necessário, pode variar, normalmente se dá após 34 horas, junto com algumas instruções após a liberação que podem durar de 5 a 7 dias. Todos os pertences devem ser verificados com um contador Geyger-Muller, antes do descarte ou reutilização para garantir que não haja vestígios de radiação. A importância desta terapia na sociedade tem um enorme valor, visto que possui altas chances de cura, a utilização dessas radiações vem como uma esperança, não só para esta, como também para outras áreas.

É por meio dessa discussão, que este trabalho visa analisar como a perspectiva CTS, pode colaborar numa aprendizagem mais eficaz sobre as aplicações da radioatividade e como os alunos a compreendem, tanto nos aspectos positivos e negativos. Contribuiu também para elaborar uma sequência voltada para a aplicação na medicina, através da utilização do Iodo radioativo, e a possibilidade de reflexão dos alunos para os aspectos positivos desta aplicação, fazendo uma importante relação com a ciência, a tecnologia e a sociedade.

CAPÍTULO 2 METODOLOGIA

Tendo como compromisso o alcance dos objetivos gerais e específicos presentes neste projeto, surge a importância de desenvolver uma metodologia que possibilite uma inserção no campo de forma a possibilitar a investigação de algumas ideias e concepções vistas anteriormente. Para isso, o método investigativo desta pesquisa é qualitativo, que englobam um conjunto heterogêneo de perspectivas, de métodos, de técnicas e análises, compreendendo desde estudos dos tipos etnográficos, pesquisa participante, estudos de casos, entre outros (ANDRÉ, 2001), uma vez que ao analisar uma proposta de sequência didática, como um recurso que buscou trazer respostas e validar os resultados do trabalho, estamos imbuídas de um

exercício de interpretação em ambiente natural. A análise deve ser densa, fundamentada, trazendo as evidências ou as provas das afirmações e conclusões (ANDRÉ, 2001). Conforme foi anunciado, a sequência didática utilizou o enfoque CTS para o ensino, que segundo BAZZO, MATOS E PINHEIRO (2007, p. 155):

Nesse encaminhamento, o ensino-aprendizagem passará a ser entendido como a possibilidade de despertar no aluno a curiosidade, o espírito investigador, questionador e transformador da realidade. Emerge daí a necessidade de buscar elementos para a resolução de problemas que fazem parte do cotidiano do aluno, ampliando o conhecimento para utilizá-lo nas soluções dos problemas coletivos de sua comunidade e da sociedade.

Seguindo essa percepção, a sequência didática (SD) visou envolver o aluno com o seu meio social e tecnológico. Ela foi realizada em uma escola do ensino médio, com uma turma de 3º ano, com a participação de 16 alunos, entre 16 e 19 anos. O tempo utilizado para cada momento proposto na SD foi de 20 a 30 minutos, o tempo total foi 1 hora e 40 minutos, equivalente a duas aulas. As respostas vieram de forma oralizadas e escritas. Os registros ocorreram observando quais respostas eles estavam apresentando na roda de conversa, e posteriormente através de um questionário impresso. A seguir apresentamos o planejamento da SD.

2.1 PROPOSTA DE UM SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Uma sequência didática é um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito (DOLZ, NOVARRAZ, SCHNEUWLY, 2004). A elaboração de uma sequência didática bem construída pode contribuir para trabalhar as dificuldades dos alunos, visto que inúmeras são as estratégias passíveis de se ser usadas para facilitar a compreensão dos conceitos trabalhados. Nesta sequência utilizou-se um estudo de caso, roda de debates, atividades em equipes e conteúdo audiovisual. Com um total de quatro momentos, consideramos que será possível atingir os objetivos iniciais de forma primordial.

2.1.1 Primeiro momento

O objetivo principal deste primeiro momento foi iniciar uma investigação a respeito do nível de conhecimento dos alunos sobre o conteúdo radioatividade, de forma geral e ampla. Usando como estratégia a realização de uma roda de conversa, para debater os conhecimentos prévios dos alunos. Nesse primeiro momento da SD, também foi feita uma tempestade de ideias, em que a ideia era conhecer alguns pensamentos rápidos e criativos sobre os conceitos de radioatividade no geral, um momento mais descontraído, em que eles puderam expor suas ideias sem julgamentos ou correções, trazendo cada conceito para dentro do conteúdo a fim de deixá-los mais próximos ou familiarizados com o assunto. Foi possível também mapear algumas concepções alternativas e algumas perguntas foram feitas de forma oral à turma, com a finalidade de medir com mais precisão a dimensão desses conhecimentos e de gerar um debate mais participativo, incentivando-os ao questionamento. A seguir no quadro¹, as perguntas feitas e discutidas no momento da roda de conversa.

Quadro 1. Perguntas feitas à roda de conversa

1. O que é radioatividade?
2. O que são radiações?
3. Quais os tipos de radiações que existem?
4. As radiações fazem parte do nosso cotidiano?
5. Onde podemos usar a radioatividade?
6. Você teria coragem de fazer uso de radiações?
7. Você já estudou sobre radioatividade ou teve conhecimento sobre o uso, riscos e benefícios de radiações?
8. Afinal, a radioatividade é uma coisa boa ou ruim?
9. Você acha que a radioatividade tem relação com a ciência, tecnologia ou sociedade?

2.1.2 Segundo momento

O objetivo desse segundo momento foi verificar o conhecimento dos alunos, sobre assuntos mais específicos da radioatividade, como a aplicação das radiações na medicina, em especial a aplicação de radioisótopos, aqui usaremos o Iodo-131. Através de um estudo de caso, e um questionário, foi possível coletar esses dados na forma escrita. De forma individual, todos leram o texto base e responderam o questionário usando os conhecimentos adquiridos no momento anterior. Respostas incorretas também tiveram sua importância, pois pode-se partir delas para constatar quais concepções alternativas os alunos têm a respeito da temática. A seguir no quadro 2, o estudo de caso utilizado.

Quadro 2. Estudo de caso

Em foto tocante, marido cuida da mulher com câncer de tireoide

Sua filha compartilhou o registro em rede social e emocionou milhares de internautas *(Por Luísa Costa Atualizado em 30 jul 2020, 20h56 - Publicado em 25 abr 2017, 14h34, Revista Veja)*



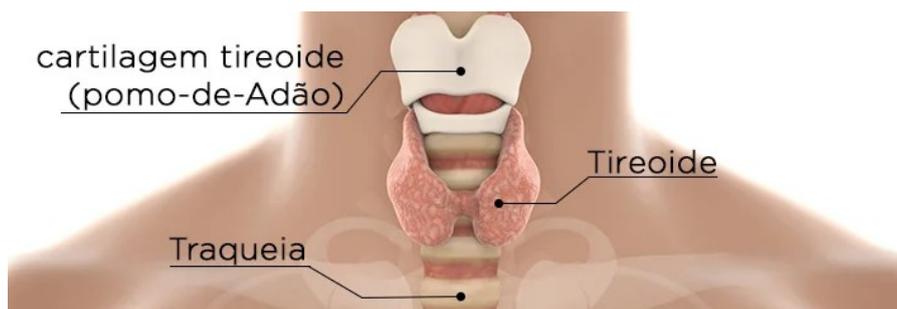
“Dizem que nenhuma pessoa é uma ilha, mas o que acontece quando, por motivo de força maior, ela se torna uma? E pior: em uma situação delicada, como o tratamento de um câncer?”

O americano Jon Newman encontrou uma solução simples para manter-se próximo à mulher quando ela teve que enfrentar o isolamento, foi tão emocionante que o registro viralizou na internet. Sua filha, Mackenna Newman, compartilhou em seu Twitter a imagem do pai com sua mesa de trabalho, poltrona e café a postos em frente ao quarto de Marci, com a porta entreaberta, “para fazer companhia”.

Marci, que teve câncer de tireoide diagnosticado em outubro do ano passado, está na fase do tratamento chamada iodoterapia. Nela, o paciente ingere iodo radioativo e precisa ficar isolado, pois quaisquer resíduos que possa expelir (como urina) se tornam radioativos e podem ser prejudiciais a quem está por perto. O período pode variar de 3 dias a uma semana, que foi o caso de Marci.”

No texto acima, publicado pela Revista Veja, temos um caso, em que a paciente em questão fez uso de uma terapia usando o Iodo radioativo, para tratar um câncer na tireoide, o Iodo-131 é o mais comum entre eles. A tireoide é uma glândula endócrina situada na base do pescoço (como mostra a imagem abaixo), responsável pela produção de hormônios. No nosso corpo a tireoide é o órgão com maior captação de iodo, isso justifica, a escolha do isótopo. O Iodo-131 possui uma meia-vida em torno de 8 dias, sugerindo que o isolamento do paciente dure próximo a este tempo.

Figura 1. Localização da glândula tireoide.



Fonte: <https://www.mdsaude.com/endocrinologia/sintomas-da-tireoide/>

Quadro 3. Questionário escrito

De acordo como os seus conhecimentos e tendo o texto como base, responda as seguintes questões:

1. Existe diferença entre radioterapia e iodoterapia? Justifique!
2. Qual a diferença entre os isótopos: Iodo (I-127) e o Iodo radioativo (I-131)?
3. O que aconteceria com Jon Newman se ele tivesse contato direto com a esposa?
4. Porque mesmo sendo radiativo o Iodo-131 não prejudica a saúde do paciente?
5. Quais outras aplicações a radioatividade podem ter, além da medicina nuclear?
6. Cite alguns benefícios e malefícios das radiações.

2.1.3 Terceiro momento

Nesse terceiro momento, o objetivo foi promover a interação entre alunos, e entre aluno e professor. Ocorreu aqui uma troca e construção de saberes, com atividades para serem feitas em grupo de 4 a 8 pessoas. Cada equipe ficou responsável por uma categoria que foi elaborada anteriormente, onde deram suas explicações baseadas na roda de diálogo e nas respostas que cada um tinha dado ao questionário escrito. Os alunos debateram entre si suas respostas, durante um tempo específico, e apresentou para a turma de forma bem breve, explicando mais apropriada que encontraram em consenso. Em seguida os integrantes do grupo foram até o quadro branco e colaram plaquinhas confeccionadas por eles mesmos, contendo palavras chaves relacionando perguntas e respostas, criando um mapa conceitual, uma vez que a utilização dos mapas conceituais ajuda os alunos a apresentarem uma boa capacidade de síntese, estimulando a partir disso diversas áreas do cérebro, estando associado com a capacidade de absorver, processar e produzir conhecimento, melhorando a produtividade dos alunos (SILVA, 2019). A atividade deixou o aluno mais em evidência, o tirando do papel de passivo e ajudando na tomada de decisões. Trabalhar em grupo dá flexibilidade ao pensamento do aluno, auxiliando-o no desenvolvimento da autoconfiança necessária para se engajar numa dada ativi-

dade, na aceitação do outro, na divisão de trabalho e responsabilidades, e na comunicação com os colegas. Fazer parte de uma equipe exercita a autodisciplina e o desenvolvimento de autonomia, e o automonitoramento. (BRASIL, 2006).

2.1.4 Quarto momento

O objetivo do quarto momento foi a de sugestão de filmes, vídeos ou documentários. A intenção de utilizar essas estratégias, é inserir o aluno em um contexto mais digital e tecnológico, já que nos últimos tempos, esses artefatos, em decorrência da pandemia do Novo Coronavírus, esteve tão presente no cotidiano de todos. O foco será na radioatividade como um todo, e/ou algumas aplicações na medicina nuclear. A linguagem audiovisual transmitida através dos filmes, apresenta-se como um recurso facilitador na construção de conhecimentos, porque possibilita desenvolver nos alunos a sensibilidade e a percepção do universo, a imagem mostra-se mais eficaz que a palavra na hora de provocar emoções. Portanto, o produto audiovisual pode ser utilizado como motivador da aprendizagem e organizador do ensino na sala de aula (ARROIO e GIORDAN, 2006).

Materiais audiovisuais sugeridos no quarto momento.

- Radioactive, filme de 2019.
- A importância da medicina nuclear, Drauzio Varella, YouTube, 2018.
- Iodo radioativo é um dos tratamentos contra o Câncer de Tireoide, Bem Estar, Globoplay, 2014



Figura 2 - Radioactive, filme de 2019.



A importância da medicina nuclear

Figura 3 - A importância da medicina nuclear, Drauzio Varella, YouTube, 2018.



Figura 4 - Iodo radioativo é um dos tratamentos contra o Câncer de Tireoide, Bem Estar, Globoplay, 2014

Uma sequência didática apresenta também desafios cada vez maiores aos alunos, permitindo a construção do conhecimento e traz maneiras diferentes de ensinar o conteúdo. Tais conteúdos, se trabalhados em sala de aula contribuem para a formação de cidadãos conscientes, informados e capazes de transformar a sociedade. A sequência didática permite a interdisciplinaridade (OLIVEIRA, et al., 2014), em função disso, com a abordagem CTS, é trazido um tema que permite o estudante

compreender a ciência, com os conceitos químicos sobre radioatividade, a tecnologia, que utiliza as radiações na medicina nuclear, com a técnica da iodoterapia, e a função da sociedade, que se beneficia desta técnica terapêutica. Desta maneira, pretendeu-se que o aluno tenha se apropriado do conhecimento científico e suas aplicações de forma a relacionar com o cotidiano e entender as ligações e implicações da Ciência e da Tecnologia na Sociedade.

2.2 ANÁLISE DE DADOS

A princípio, no primeiro momento uma análise foi feita através da roda de conversa, da tempestade de ideias e dos conhecimentos prévios, possibilitando entender se os alunos possuem boa percepção e clareza do conteúdo. Foi feito um relato de memória das principais ideias que circularam na roda de conversa e na tempestade de ideias. No segundo momento a aplicação de um questionário ajudou a entender se o aluno possui domínio de escrita e interpretação de texto, se as concepções e respostas são fundamentadas ou se há confusão na hora de expor as diferenças questionadas, esperou-se que além de conceituar definição o aluno tenha propriedade de fazer distinção entre um objeto e outro, mostrando as características de cada um. No terceiro momento analisou-se as equipes, como interagiram, como ocorreu a troca de informações na hora de definirem as explicações a partir das respostas corretas. Na apresentação, pode ser visto se as explicações condiziam com as respostas dadas ao questionário escrito, e a construção do mapa conceitual permitiu ver essas respostas sintetizadas, e se os alunos focaram nos pontos mais importantes na hora de elaborar cada palavra-chave.

Para uma análise mais aperfeiçoada e resultados mais concretos, foram estabelecidas 6 categorias de análise, baseadas nas perguntas iniciais na roda de conversa e nas perguntas presentes no questionário escrito. As categorias tiveram relações com o questionário inicial, com o questionário escrito, ou com ambos. A seguir é mostrado todas as categorias no quadro 5.

Quadro 4. Categorias de análise

CATEGORIAS DE ANÁLISE	QUESTIONÁRIO INICIAL	QUESTIONÁRIO ESCRITO
Concepções sobre radioatividade, radiações e radioisótopos	X	X
Concepções sobre as aplicações da radioatividade	X	X
Concepções sobre benefícios e malefícios das radiações	X	X
Concepções sobre os meios onde adquiriram informações sobre a radioatividade	X	
Concepções sobre radioatividade e CTS	X	
Concepções sobre terapias com radioisótopos		X

As respostas obtidas nas seis categorias foram classificadas como satisfatória, pouco satisfatória ou insatisfatória. As satisfatórias, são aquelas que estão coerentes, e que tem alguma base científica, provavelmente aprendida em algum momento escolar. Respostas pouco satisfatórias, são respostas próximas do correto, mas que foram rasas ou diretas demais. E as insatisfatórias, que foram respostas totalmente erradas, em branco ou fora do contexto, fugindo à temática. Cada momento da sequência didática, buscou estar de acordo com a abordagem CTS, no primeiro momento, a discussão oral, permitiu que o aluno mostrasse suas ideias, seus questionamentos, e pensasse refletindo sobre o conteúdo.

No segundo momento, o estudo de caso, conseguiu direcionar a sequência didática com uma discussão oral e escrita, onde seria avaliado a capacidade de argumentação, segundo Bazzo, Matos e Pinheiro (2007) o estudo de caso é uma me-

metodologia que contempla o foco desejado. O terceiro momento, para a análise, será importante avaliar de forma geral a discussão oral, reflexão em grupo, apresentação de ideias reformuladas, e se esses sofreram uma progressão. O quarto momento, os recursos midiáticos, como documentários, filmes, entrevistas, notícias, entram em evidência, aparece como uma sugestão e incentivo para complemento e melhoramento das concepções. Através destes recursos, os estudantes poderão perceber a radioatividade no cotidiano, relações tecnológicas, e o elo que existe com a sociedade.

CAPÍTULO 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da sequência didática e das respostas dos estudantes foi organizada a partir das seis categorias já referidas anteriormente, envolvendo todas as situações dos momentos da SD, que estão relacionadas com a questão vinculada a categoria específica. Este método proporcionou observar e interligar as concepções dos alunos antes, durante e após os debates, questionários realizados e apresentações. Para a análise do questionário na roda de conversa, apresentado no primeiro momento da SD com o objetivo de investigar os conhecimentos prévios dos alunos, os 16 alunos participantes foram identificados de acordo com a ordem de obtenção das respostas, *Aluno 1*, para o primeiro aluno que se pôs a responder, *Aluno 2*, para a segunda resposta ouvida, e assim por diante. O segundo questionário entregue aos alunos para coletarem suas respostas escritas, após o estudo de caso, no segundo momento da SD, também terá como identificação, *Aluno 1, Aluno 2...*, de acordo com as respostas escolhidas e expostas nesta pesquisa. As respostas apresentadas neste trabalho foram selecionadas de acordo com a relevância.. Perguntas com respostas incompletas, repetidas, gramática duvidosa ou ilegível, e em branco não foram inclusas. Foram levados em consideração, respostas coerentes, completas, escrita a caneta e que mesmo incorreta não fugia à temática. Foram escolhidas, de três a cinco respostas usando esses critérios para ser um representativo de todas as respostas obtidas. Após a análise de todas as categorias, segue a análise do terceiro momento, os grupos foram identificados de acordo com a ordem de apresentação e categoria escolhida através de um sorteio. Para o quarto momento, houve apenas sugestões, devido ao tempo disponível.

3.1 CONCEPÇÕES SOBRE OS CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE, RADIAÇÕES E RADIOISÓTOPOS

Aos serem questionados na roda de conversa, no primeiro momento dessa SD sobre *“O que é radioatividade?”*, *“O que são radiações?”*, *“Quais os tipos de radiações que existem?”* e no questionário escrito, presente no segundo momento, *“Qual a diferença entre os isótopos: Iodo (I-127) e o Iodo radioativo (I-131)?”*, os alu-

nos apresentaram as mais variadas respostas, tais perguntas possuem uma relação com conceitos químicos que deveriam ter sido vistos em sala de aula, a qual se situa dentro da ciência emblemática. A seguir perguntas e respostas obtidas:

O que é radioatividade?

Aluno 1: *São aqueles “objetos” que emitem radiação.* Quando questionado sobre o que seria exatamente esse “objeto” ele reformulou a resposta e trocou pela palavra elemento químico.

Aluno 2: *É o estudo das radiações.*

Aluno 3: *Acho que é aquilo que “usa” as radiações.*

Para essa pergunta inicial da nossa conversa, as respostas não foram muito satisfatórias, as concepções prévias não possuíam base alguma do conteúdo e os alunos usaram termos bastante inadequados. Era esperado que os alunos nesse momento, respondessem que a radioatividade é a ocorrência de emissões de radiações vinda de elementos químicos radioativos. Esperava-se também que os alunos relacionassem a radioatividade à Marie Curie, devido ao seu grande sucesso na área e importância. Visto que, a radioatividade é um fenômeno natural ou artificial, pelo qual, algumas substâncias ou elementos químicos chamados radioativos são capazes de emitir radiações (CHAVES, et al, 2021) e o termo radioatividade foi proposto por Madame Curie, por volta de 1897 para denominar o fenômeno de emissão de “raios de Becquerel”. Estes “raios” eram, na realidade, partículas e radiação emitidas espontaneamente pelos átomos de sais de urânio estudados por Becquerel (SILVA, PESSANHA E BOUHID, 2011).

O que são radiações?

Aluno 1: *São raios que fazem mal à pele.*

Aluno 2: *Vem dos elementos químicos radioativos.*

Aluno 3: *Aquele brilho que sai das “misturas” radioativas.*

Quais os tipos de radiações que existem?

Aluno 1: São várias, mas não sei quais. Tem umas que são mais fortes que outra.

Aluno 2: Se já estudei eu não lembro.

Aluno 3: Acho que são aquelas partículas beta e gama.

Aqui os alunos possuem dificuldades de utilizar os termos corretos, como por exemplo, usar a palavra “mistura” quando o mais apropriado seria “átomos, elementos químicos, ou substâncias”. É cometido um outro erro, quando o *aluno 3* chama os raios gama de partículas. Para essas duas perguntas iniciais, era esperado que os alunos respondessem de modo geral que as radiações são energias que liberam partículas, e que existem também as radiações eletromagnéticas, são elas ionizantes, como os raios gama, raios-x, ultravioleta, e as não-ionizantes como por exemplo o infravermelho e as ondas de rádio e TV. Ou respondessem de forma mais específica, focando apenas nas partículas emitidas pelos elementos químicos radioativos, a partícula alfa, beta e raios gama. Já que segundo Chaves et al (2021, p. 70):

Do ponto de vista científico, as radiações se caracterizam pela propagação de energia por meio de emissão de partículas, radiação corpuscular, ou por meio de ondas eletromagnéticas, radiação eletromagnética. As radiações podem ser ionizantes ou não ionizantes. As radiações emitidas pelas substâncias radioativas são: partículas alfa, partículas beta e raios gama.

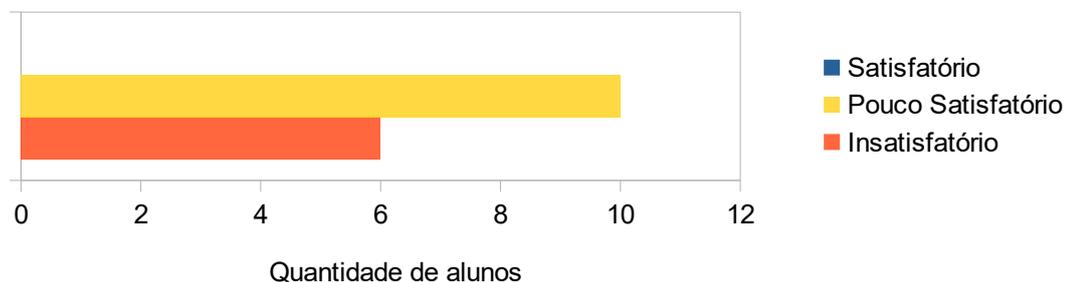
Qual a diferença entre os isótopos: Iodo ($I-127$) e o Iodo radioativo ($I-131$)?

Quadro 5. Respostas dos alunos 1, 2 e 3, respectivamente:

<p>2- O Iodo normal não é radioativo, mas o ($I-131$) contém radiação.</p>
<p>2- O Iodo radioativo tem radiação já o Iodo ($I-127$) não é radioativo como o ($I-131$).</p>
<p>2- O Iodo ($I-127$) não traz malefícios para a saúde, e o Iodo radioativo traz malefícios mas também traz benefícios.</p>

Fonte: Dados do pesquisa.

Gráfico 1. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre a diferença entre os isótopos: Iodo ($I-127$) e o Iodo radioativo ($I-131$)



A maioria dos alunos, de forma bem repetitiva, responderam que “*um era radioativo e o outro não*”, e que “*um faz mal para a saúde e o outro não*”, o que não é uma inverdade, porém é uma resposta rasa e sem aprofundamento. Tivemos duas abstinências, e para os que responderam era esperado que os alunos respondessem sobre sua instabilidade, outra possível resposta seria a diferença na massa molar e no número de nêutrons do elemento. Dentre todos os isótopos existentes do Iodo, apenas o Iodo-127 possui estabilidade. De acordo com Gonçalves e Almeida, (2005, p. 27):

Cada elemento pode ter quantidades diferentes de nêutrons. Os núcleos com mesmo número de prótons, mas que diferem no número de nêutrons, são denominados isótopos de um mesmo elemento. Para determinadas combinações de nêutrons e prótons, o núcleo é estável – nesse caso, são denominados isótopos estáveis. Para outras combinações, o núcleo é instável (isótopos radioativos ou radioisótopos) e emitirá energia na forma de ondas eletromagnéticas ou de partículas, até atingir a estabilidade.

Para esta última pergunta, presente no questionário escrito, fica visível que as respostas obtidas não foram satisfatórias, pois, respostas muito diretas, sem aprofundamentos não demonstram que o estudante possui pouco domínio do conteúdo. Com o andamento da sequência didática, algumas respostas dadas às perguntas, foram melhorando, embora, muitas outras respostas continuaram bastante incorretas.

3.2 CONCEPÇÕES SOBRE AS APLICAÇÕES DA RADIOATIVIDADE

Aos serem questionados na roda de conversa sobre “*As radiações fazem parte do nosso cotidiano?*”, “*Onde podemos usar a radioatividade?*” e no questionário escrito, presente no segundo momento, “*Quais outras aplicações a radioatividade podem ter, além da medicina nuclear?*”, os alunos apresentaram respostas bastante distintas um dos outros, diferente das respostas presentes na primeira categoria, que seguia a mesma linha de raciocínio. A seguir perguntas e respostas obtidas:

As radiações fazem parte do nosso cotidiano?

Aluno 1: *Sim, estão em toda parte.*

Aluno 2: *Sim, para matar doenças.*

Aluno 3: *Sim, só não podemos ver.*

Onde podemos usar a radioatividade?

Aluno 1: *Nas indústrias, nos hospitais, na energia.*

Aluno 2: *Pra matar doenças.*

Aluno 3: *Em muitas coisas, boas e ruins.*

Aluno 4: *Para fazer bombas e armas.*

As concepções prévias dos alunos indicaram uma fragilidade nas respostas, decorrente da ausência do conteúdo em sala de aula. Houve também uma escassa relação entre as duas perguntas, visto que as respostas referentes ao cotidiano são rasas e generalizadas e os lugares respondidos onde poderia se usar a radioatividade foram mais específicos e diretos. Isso mostra que os alunos não conseguem inserir tais lugares citados ao seu cotidiano por ainda não terem tido uma convivência com eles.

Entretanto Veroneze (2013) afirma que o conceito de cotidiano está relacionado àquilo que é vivido e à vida social dos indivíduos sociais. Um e outro se relaci-

onomam entre si. O cotidiano (ou a cotidianidade) se distingue da rotina da vida exposta no dia a dia.

Quais outras aplicações a radioatividade podem ter, além da medicina nuclear?

Quadro 6. Respostas dos alunos 1, 2, 3 e 4, respectivamente:

5- na luz, no celular, no wifi, entre outros

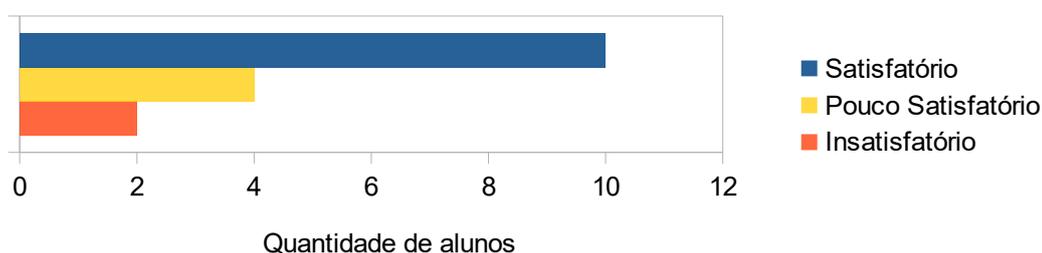
55 Em armas nucleares, na geração de energia também.

5. Nas guerras, bombas, energia, etc.

5- indústria e agricultura, alimentos, meios de transporte.

Fonte: Dados da pesquisa.

Gráfico 2. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre outras aplicações que a radioatividade podem ter, além da medicina nuclear.



Pode-se notar aqui com este último questionamento, que o estudo de caso trouxe aprendizado e maior reflexão para os alunos. As respostas foram bem mais satisfatórias do que no questionário inicial, embora um aluno tenha respondido “na luz, no celular, no wifi, entre outros”, o que está incorreto seguindo o contexto do questionário, que se referia as radiações liberadas por elementos químicos instá-

veis. Onde segundo Chaves et al (2021) sua aplicação estende-se ao campo da medicina, agricultura, indústria, produção de energia, radioterapia, raios-x e também na produção de armas nucleares.

3.3 CONCEPÇÕES SOBRE BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS DAS RADIAÇÕES

Aos serem questionados na roda de conversa sobre “*Você teria coragem de fazer uso de radiações?*”, “*Você considera a radioatividade uma coisa boa ou ruim?*” e no questionário escrito, presente no segundo momento “*Cite alguns benefícios e malefícios das radiações*”, o objetivo era sondar se a imagem da radioatividade estava mais atreladas a coisas ruins ou boas. Segundo Resquetti (2013) as discussões a respeito dos riscos e benefícios são fundamentais, no sentido de contribuir para a melhoria da segurança nas diversas áreas de aplicação e da qualidade de vida do ser humano. A seguir perguntas e respostas obtidas:

Você teria coragem de fazer uso de radiações?

Aluno 1: *Acho que sim.*

Aluno 2: *Sim, mas só se não me prejudicar.*

Aluno 3: *Sim, se eu estivesse doente sim.*

Você considera a radioatividade uma coisa boa ou ruim?

Aluno 1: *Boa, porém depende.*

Aluno 2: *Depende!*

Aluno 3: *É boa, mas também pode ser ruim.*

Aluno 4: *Ruim porque pode matar e boa porque pode curar.*

Para essas duas perguntas desta categoria de benefícios e malefícios, os estudantes não foram muito específicos, não souberam citar exemplos reais, mostran-

do uma grande dificuldade, resultado dos poucos ensinamentos da radioatividade de maneira superficial.

Cite alguns benefícios e malefícios das radiações.

Quadro 7. Respostas dos alunos 1, 2, 3 e 4, respectivamente:

6- tem benefícios na medicina, geração de energia, indústria, o lado ruim são os acidentes que podem matar.

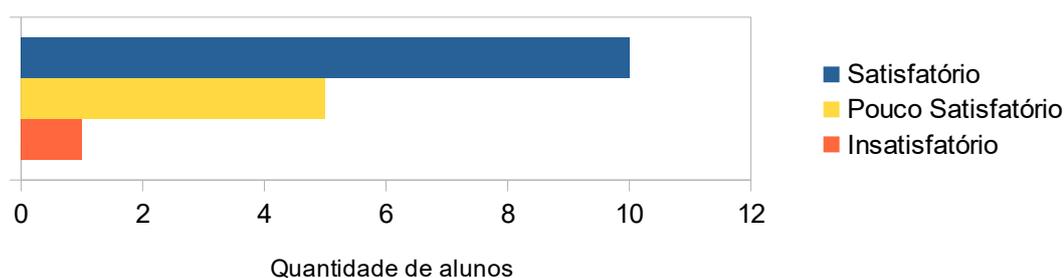
6- Benefícios: tratamentos de doenças como a terapia com iodo, energia nuclear, agricultura, etc.
Malefícios: contaminação, destruição com bombas.

6ª Serve para tratamentos como o câncer na tireoide por exemplo, além de outros vários benefícios, porém ela traz várias consequências, como perda de cabelo, perda de imunidade entre outros

6- Ajuda no tratamento de vários tipos de câncer, mas também pode causar alguns problemas para a saúde se usada de forma incorreta

Fonte: Dados da pesquisa.

Gráfico 3. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre alguns benefícios e malefícios das radiações.



A maioria das respostas se apresentaram satisfatórias ou poucas satisfatórias. São oriundas da conversação e da discussão durante o estudo de caso. O ensino dessa temática se explorado da forma correta e ética, pode propiciar o desenvolvimento da criticidade e cidadania do aluno mediante a análise dos benefícios e malefícios conhecidos na comunidade científica, mas que precisa ser mais bem divulgado na sociedade (SILVA, 2021). Desde a descoberta da radioatividade os cientistas constataram inúmeros benefícios em sua aplicação na medicina, na indústria, na agricultura, em pesquisas científicas e no ambiente (RESQUETTI, 2013). Por outro lado as bombas atômicas são um exemplo de que um avanço tecnológico pode afetar de maneira direta o bem-estar social, causando como neste caso, mortes e destruição no meio social (ANTISZKO, 2016). Alguns malefícios como lixo radioativo e acidentes nucleares foram pouco citados, sendo os acidentes citados apenas por um estudante. Diante da problemática envolvendo medicina nuclear, os alunos se limitaram a expandir suas respostas no questionário escrito, mostrando que outras áreas da radioatividade precisam também de atenção e serem levadas mais para a sala de aula.

3.4 CONCEPÇÕES SOBRE OS MEIOS ONDE ADQUIRIRAM INFORMAÇÕES SOBRE A RADIOATIVIDADE

Ao serem perguntados na roda de conversa *“Você já estudou sobre radioatividade ou teve conhecimento sobre o uso, riscos e benefícios de radiações, na escola?”* e *“Você já ouviu falar sobre radioatividade em outro lugar fora da escola?”*, os alunos responderam rapidamente, sem dificuldades, de forma negativa para a primeira pergunta. Para a segunda pergunta apresentaram também suas respostas instantaneamente, agora de forma mais positiva. A esses dois questionamentos, pode-se perceber que responderam sem muita reflexão, como quem pensa num conceito científico, por exemplo, situação que aconteceu nas perguntas anteriores. As mídias de comunicações, TV, internet, tem bastante presença quando se trata de meios alternativos para a aprendizagem da radioatividade, visto o devido número de filmes, documentários e notícias em jornais que abordam a temática, as vezes de forma sensacionalista e sem o objetivo de passar um conteúdo. A seguir, perguntas e respostas obtidas:

Você já estudou sobre radioatividade ou teve conhecimento sobre o uso, riscos e benefícios de radiações na escola?

Aluno 1: Não!

Aluno 2: Bem superficialmente.

Aluno 3: Se, não lembro de nada.

Aluno 4: Eu vi na minha outra escola, mas muito pouco.

De acordo com Chaves et al (2021) é papel da escola fazer a transposição didática dos conhecimentos científicos proporcionando assim a democratização e o acesso aos mesmos. Está presente nas unidades temáticas do PCN+, avaliar os riscos e benefícios dos diferentes usos da energia nuclear (BRASIL, 2006), esse é um dos pontos que deveria ser abordado e contextualizado em sala de aula a fim de trazer ensinamentos sobre os malefícios e benefícios das radiações.

Você já ouviu falar sobre radioatividade em outro lugar fora da escola?

Aluno 1: Sim, nos filmes e séries.

Aluno 2: Sim, nas séries, na TV, na internet.

Aluno 3: Sim, em filmes, jornais, na TV.

Aluno 4: Sim, no repórter, filmes e séries.

Aluno 5: Sim, tem até documentários, como o do Césio.

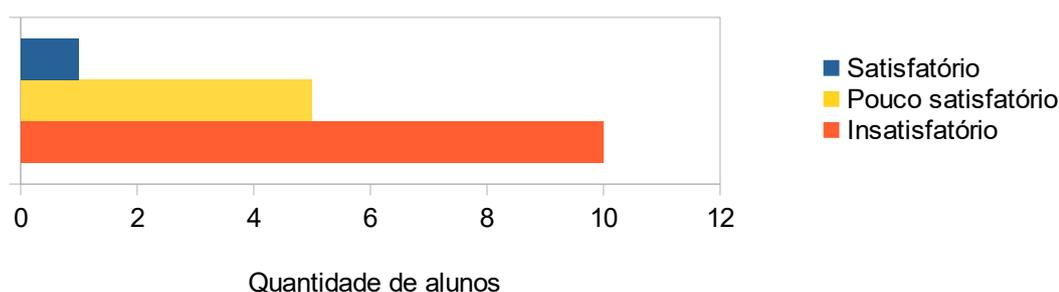
Aqui, percebe-se que as informações chegaram principalmente através dos meios de comunicações, TV e internet, além de outros meios diferentes do ambiente escolar, que acabam fazendo de maneira não segura a função da escola, que é oferecer conteúdo científico de qualidade. De acordo com Silva, (2021, p. 11):

Vivemos em um meio social que é constantemente bombardeado por informações advindas de diversas fontes e veículos, sendo as transmissões televisivas e da internet as mais presentes na sociedade, dentre estas fontes o vídeo é uma mídia popular, estando presente nas diferentes classes sociais.

Sendo assim, explorar as potencialidades do recurso de vídeo no ensino das Ciências pode proporcionar aos estudantes uma maior reflexão sobre o meio em que vivem, além de viabilizar um maior acesso da população a cultura científica, visto que estamos lidando com pessoas e realidades diferentes, que compreendem essas informações de formas distintas mediante a sua formação.

Para esta categoria não houve respostas escritas. Entretanto, levaremos em consideração a pergunta “*Você já estudou sobre radioatividade ou teve conhecimento sobre o uso, riscos e benefícios de radiações na escola?*” para fazer uma análise gráfica de satisfação. Já que a escola deveria ter o ambiente adequado para adquirir, antes de tudo os conceitos científicos.

Gráfico 4. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre já ter estudado sobre radioatividade ou tido conhecimento sobre o uso, riscos e benefícios de radiações na escola

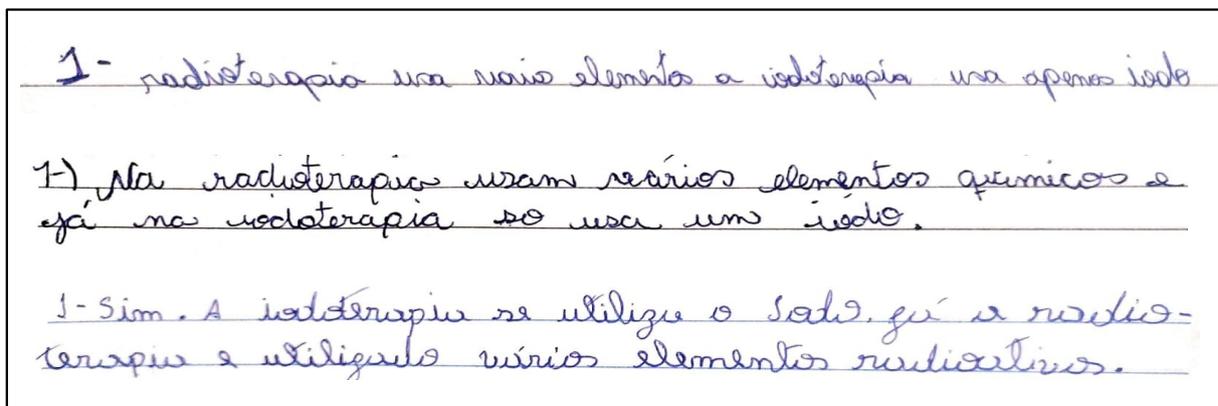


3.5 CONCEPÇÕES SOBRE TERAPIAS COM RADIOISÓTOPOS

Aos serem questionados no questionário escrito, presente no segundo momento sobre “*Existe diferença entre radioterapia e iodoterapia? Justifique!*”, “*O que aconteceria com Jon Newman se ele tivesse contato direto com a esposa?*” e, “*Porque mesmo sendo radiativo o iodo-131 não prejudica a saúde do paciente?*”, os alunos apresentaram respostas bastante semelhantes, visto que nesse momento todos se basearam no que foi exposto no estudo de caso. As respostas foram mais satisfatórias do que insatisfatórias, mostrando que houve uma evolução nas concepções, e que ocorreu aprendizado durante toda a SD. A seguir perguntas e respostas obtidas:

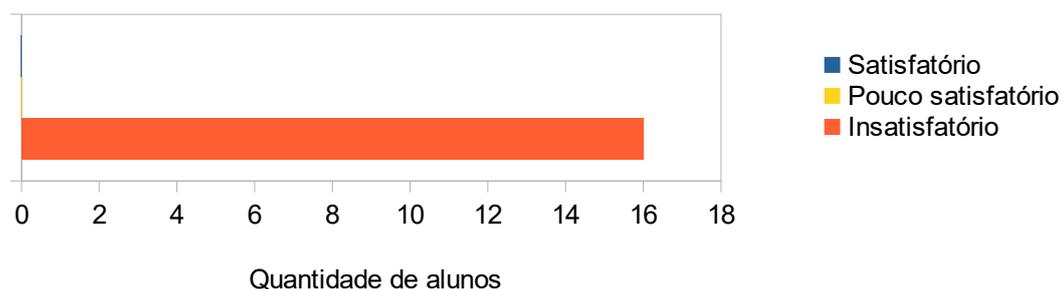
Existe diferença entre radioterapia e iodoterapia? Justifique!

Quadro 8. Respostas dos alunos 1, 2 e 3, respectivamente:



Fonte: Dados do pesquisa.

Gráfico 5. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre a diferença entre radioterapia e iodoterapia.



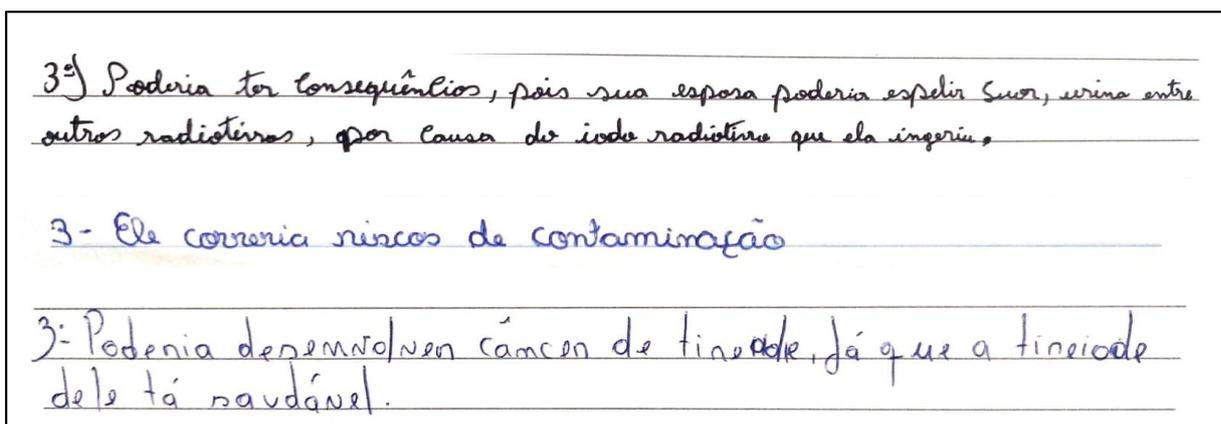
Segundo o INCA a radioterapia é um tratamento no qual se utilizam radiações ionizantes (raios-x, por exemplo), que são um tipo de energia para destruir as células do tumor ou impedir que elas se multipliquem. Essas radiações não são vistas durante a aplicação e o paciente não sente nada durante a aplicação. A iodoterapia é uma terapia complementar aplicada em sequência ao procedimento cirúrgico da retirada da tireoide que utiliza os isótopos radioativos do I-123 e I-131 (SILVA e SANTOS, 2015).

Ainda segundo os autores, a dose ministrada no tratamento de câncer de tireoide varia de 100 mCi - para tecidos remanescentes depois da cirurgia - até 250 mCi ou mais - para tratamento de metástases. Aqui nesse momento não era espe-

rado dos alunos respostas tão específicas, pois é um assunto não muito falado, nem mesmo pelos meios de comunicações. O pouco tempo durante a SD não foi capaz de passar informações tão precisas a esse ponto. As respostas para essa pergunta foram todas insatisfatórias, pois esperava-se que os alunos pelo menos citasse que o na iodoterapia o paciente ingeria o radioisótopo de forma oral, coisa que não acontece na radioterapia.

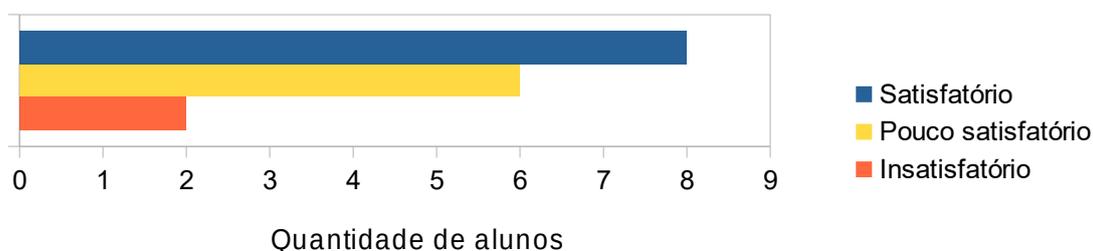
O que aconteceria com Jon Newman se ele tivesse contato direto com a esposa?

Quadro 9. Respostas dos alunos 1, 2 e 3, respectivamente:



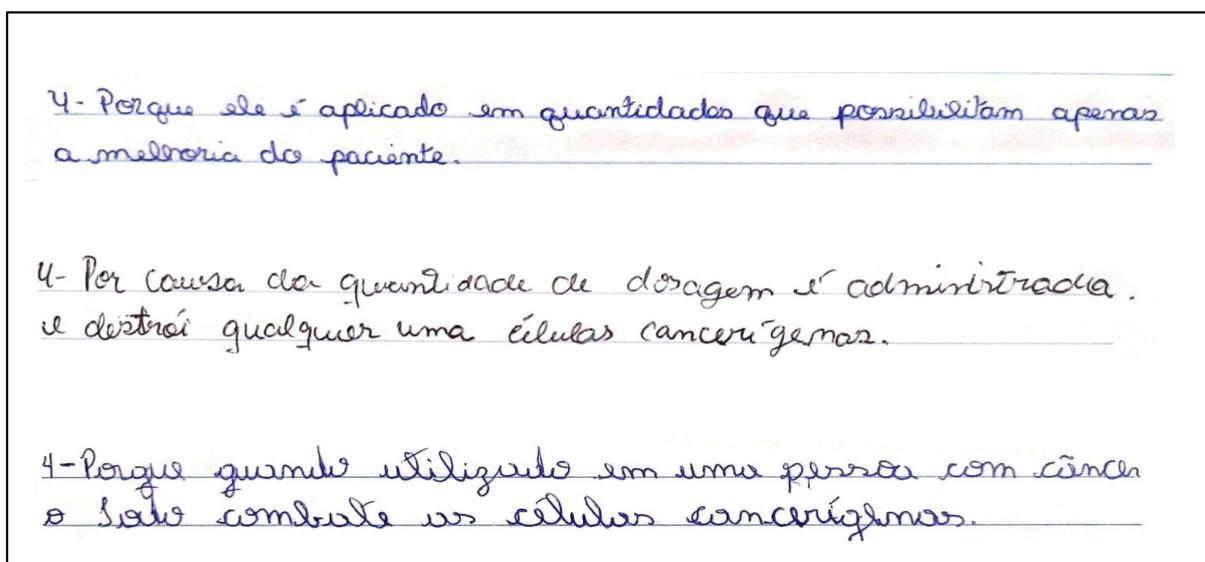
Fonte: Dados do pesquisa.

Gráfico 6. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre o que aconteceria com Jon Newman se ele tivesse contato direto com a esposa.



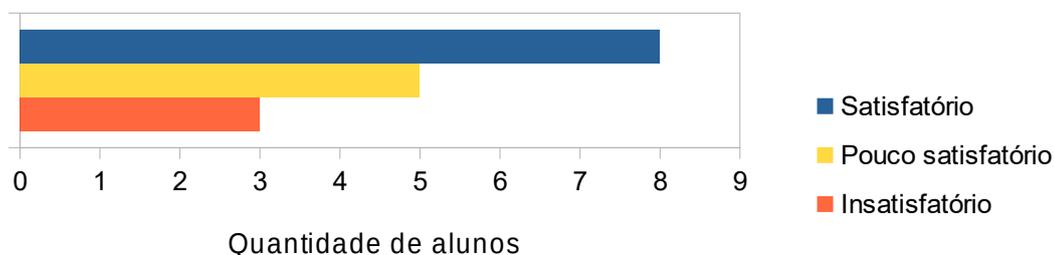
Porque mesmo sendo radiativo o iodo-131 não prejudica a saúde do paciente?

Quadro 10. Respostas dos alunos 1, 2 e 3, respectivamente:



Fonte: Dados do pesquisa.

Gráfico 7. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre porque mesmo sendo radiativo o iodo-131 não prejudica a saúde do paciente.



É através dessa perspectiva que esse trabalho traz por meio de uma sequência didática a importância do contexto histórico, dos problemas causados e sua aplicação no cotidiano, para que o aluno possa refletir criticamente e se posicionar quanto os benefícios e malefícios dessa área, compreendendo e analisando suas potencialidades.

3.6 CONCEPÇÕES SOBRE RADIOATIVIDADE E CTS

A radioatividade, bem pouco estudada nas escolas, é sempre passada de forma muito teórica, com muitos conceitos, com contextualizações fora do convívio dos alunos, como, por exemplo as bombas utilizadas nas guerras e geração de energia, limitando a alguns alunos pensarem que não é possível lidar e conviver com a radioatividade no cotidiano, nas mais diversas situações, situações essas que já foram apresentadas nas categorias anteriores. É envolvido aqui relações entre a ciência, tecnologia e sociedade, tão pouco abordada nas salas de aulas e no ensino de química. Segundo Bazzo, Matos e Pinheiro (2007), é necessário ultrapassar a meta de uma aprendizagem apenas de conceitos e de teorias, relacionadas com conteúdos abstratos e neutros, para um ensino mais cultural que proporcione uma melhor compreensão, apreciação e aplicação da ciência e da tecnologia, levando-se em conta as questões sociais e, entendendo, que tanto a ciência, quanto a tecnologia são resultados do saber humano e que, portanto, estarão sempre presentes na nossa vida. Para as perguntas “*As radiações fazem parte do nosso cotidiano?*” e “*Para você a radioatividade tem alguma relação com ciência, tecnologia ou sociedade?*”, feitas na roda de diálogo, do primeiro momento, foram obtidas algumas respostas, mostradas a seguir.

As radiações fazem parte do nosso cotidiano?

Aluno 1: *Sim, estão em toda parte.*

Aluno 2: *Sim, nas indústrias, nos hospitais, na energia.*

Aluno 3: *Sim, só não podemos ver.*

Para você a radioatividade tem alguma relação com ciência, tecnologia ou sociedade?

Aluno 1: *Acho que sim, afinal tudo é ciência.*

Aluno 2: Com certeza deve ter, não iria ter tratamento de doenças sem a tecnologia.

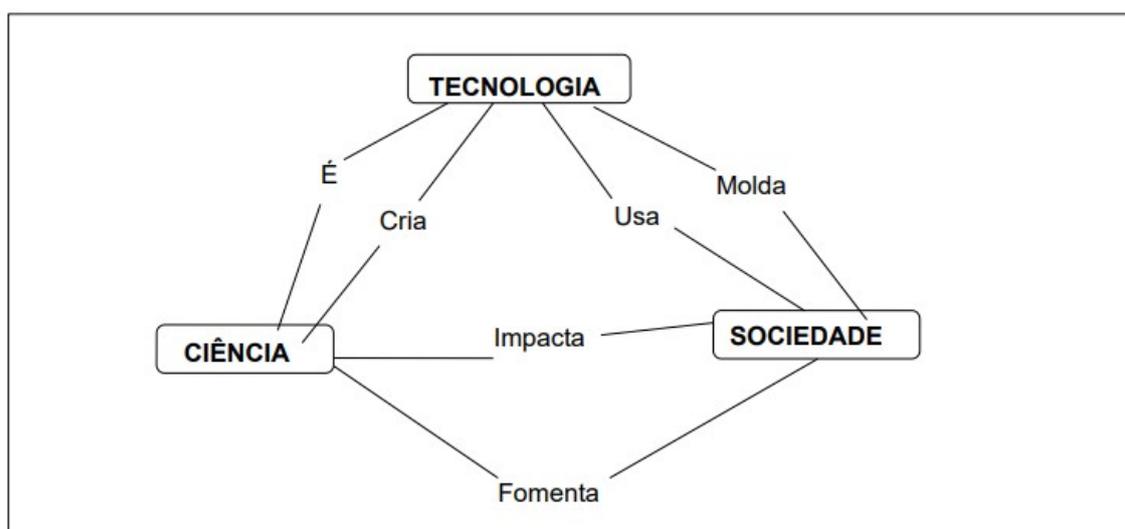
Aluno 3: Sim, a sociedade usa as radiações e escolhe se vai ser pra algo bom ou ruim.

Aluno 4: Acho que sim, acho que tem uma pouquinho de relação com as três coisas.

Aluno 5: Deve ter, a gente precisa de ciência e tecnologia pra tudo hoje em dia.

Na ausência de uma educação CTS nas escolas, os alunos ficam propícios a concepções equivocadas e imprecisas. Um dos grandes problemas enfrentados por CTS é a concepção das inter-relações entre os termos Ciência, Tecnologia e Sociedade, que podem ser percebidas de diversas maneiras Macêdo et al, (2021), a seguir umas das maneiras seriam as relações complexas entre os termos.

Figura 5 – Relações complexas entre os termos CTS.



Fonte: Macêdo et al, 2021.

Era esperado que o aluno citasse pelo menos umas das muitas relações que existem entre CTS e radioatividade, as respostas foram satisfatórias em uns pontos e insatisfatórias em outros. Quando o aluno 3 afirma que “*a sociedade usa as radiações*”, mesmo sem saber, ele deixa implícito que as radiações nesse caso seria um artefato tecnológico, que vai de encontro com umas das relações complexas esquematizadas por Macêdo et al, (2021), onde os autores também afirmam que é comum dizer que vivemos em uma sociedade permeada por ciência e por tecnologia (C&T). Essa perspectiva foi intensificada ao longo do Século XX na qual percebemos a ciência imbricada nas várias realidades que compõe a sociedade, se estabelecendo como uma espécie de mito social, uma crença de que C&T resolverão todos os problemas da humanidade. Disso, temos que o conhecimento científico-tecnológico ao longo dos anos vem ajudando a transformar nossa sociedade, daí a importância deste conhecimento para os dias atuais e para o futuro.

Um reflexo de tal pensamento é mostrado nas respostas dos demais alunos, que não conseguem compreender a importância da sociedade, deixando mais em evidência a ciência e a tecnologia. Sem as ações da sociedade seria difícil afirmar a existência da ciência e tecnologia atual, onde a mesma tem função de moldar, fomentar, usar e impactar a Ciência e Tecnologia e vice-versa, sendo um caminho de funcionamento duplo.

Para esta categoria também não houve respostas escritas. No entanto, levaremos em consideração a pergunta “*Para você a radioatividade tem alguma relação com ciência, tecnologia ou sociedade?*” para fazer uma análise gráfica de satisfação, mostrada a seguir.

Gráfico 8. Grau de satisfação das respostas obtidas sobre a radioatividade ter alguma relação com ciência, tecnologia ou sociedade



3.7 ANÁLISE DO TERCEIRO MOMENTO

No terceiro momento, foram formadas equipes, cada grupo ficou responsável por uma das categorias anteriores. Os alunos explicaram suas concepções, e pode-se notar uma evolução nas definições apresentadas. As respostas insatisfatórias deram lugar dessa vez a respostas mais corretas e coerentes, a conversação, o estudo de caso, e a troca de informações no momento em grupo, foram fundamentais para o progresso nas concepções. As respostas com as explicações não foram inseridas individualmente na análise dos resultados e discussões, pois pretendeu-se nesse momento apenas observar como o aluno trabalhava em equipe, e se a interação e comunicação entre eles causariam mudanças ou algum grau de evolução nas respostas.

3.8 ANÁLISE DO QUARTO MOMENTO

Neste quarto momento ocorreu apenas uma sugestão de materiais audiovisuais, foram expostos um filme, uma reportagem e um vídeo do YouTube. Pode-se notar que os alunos se empolgaram, reconheceram a importância de complementar a aprendizagem e afirmaram que seria muito interessante assistir em outro momento. Por fim, os objetivos foram atingidos com êxito, trabalhar esta temática colaborou para o aluno mudar a sua visão sobre os aspectos positivos e negativos do uso da radioatividade. A proposta elaborada possibilitou trabalhar os conceitos científicos de radioatividade e radiações, a técnica terapêutica envolvida na utilização do iodo-131 através da tecnologia e a relação da sociedade que usufrui desse benefício.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos por meio desta pesquisa, pode-se perceber que existe uma deficiência significativa sobre o conteúdo de radioatividade, fato preocupante para turmas que estão na etapa final do ensino médio. A fragilidade maior se apresentou principalmente nos conceitos científicos, como foi mostrado logo no início dos resultados, com a análise da primeira categoria através de algumas respostas e gráficos. Os conceitos sobre a radioatividade, radiações e radioisótopos, foram os mais prejudicados com a ausência de aulas voltadas para esta temática na escola. As categorias que envolveram os malefícios, benefícios e mente relacionado aos diversos tipos de meios de comunicações existentes, como por exemplo a TV com os telejornais, e a Internet com os filmes e séries. Sobre a iodoterapia, temática abordada pelo estudo de caso, houve uma boa assimilação do que foi visto, os estudantes responderam de forma satisfatória sobre as possíveis contaminação de quem tivesse contato com o indivíduo que ingeriu a radioisótopo, e sobre a segurança que a dosagem apresenta. Contudo ao perguntar sobre a diferença entre uma radioterapia convencional e a iodoterapia, os alunos apresentaram respostas muito rasas, mostrando mais uma vez a dificuldade nos conceitos mais científicos.

A abordagem CTS, inserida no momento inicial na roda de diálogo, causou uma certa confusão nas ideias que os alunos possuíam sobre ciência, tecnologia e sociedade. A ligação entre os termos, não ficou muito clara nas respostas dos alunos, já que estes estão mais acostumados com conceitos isolados e fragmentados. Após a discussão em sala que envolvia a notícia utilizada no estudo de caso no segundo momento, os alunos começaram entender de forma geral que os conceitos científicos da radioatividade, tinham relação direta, com a tecnologia, no caso das mais diversas aplicações e com a sociedade, que faz uso e se beneficia ou se prejudica, já existem vários riscos e malefícios. Durante a apresentação, o grupo responsável pela categoria que envolvia as concepções sobre CTS, relataram ter tido uma melhora no entendimento, e que a ciência, tecnologia e a sociedade possuíam uma grande relação.

Segundo as Orientações curriculares para o ensino médio (2006) o diálogo entre as disciplinas é favorecido quando os professores dos diferentes componentes curriculares focam, como objeto de estudo, o contexto real – as situações de vivên-

cia dos alunos, os fenômenos naturais e artificiais, e as aplicações tecnológicas. A complexidade desses objetos exige análises multidimensionais, com a significação de conceitos de diferentes sistemas conceituais, traduzidas nas disciplinas escolares. Levar a utilização do iodo com este fim terapêutico, através de uma sequência didática, para a sala de aula, foi bastante positivo e proveitoso. A SD deu oportunidade aos estudantes da construção do conhecimento, uma melhora na argumentação, e a compreensão das relações que das relações existentes entre CTS.

REFERÊNCIAS

- ALVES, H. R.; RIBEIRO, M. T. D. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de soluções**. REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 302-322, 2020.
- ANDRÉ, M., **Pesquisa em educação: Buscando rigor e qualidade**. Caderno de pesquisas, n. 113, p. 51-64, Julho/2001.
- ANSTO, **Nuclear Facts, What are radioisotopes?**, Australia Nuclear Science and Technology Organization, 2021.
- ANTISZKO, T. R., **Sequência didática para o ensino de radioatividade com enfoque CTS no ensino médio**. PONTA GROSSA, 2016.
- ARAUJO F.; MELO, R. C.; REBELO, A. M. O.; DANTAS, B. M.; DANTAS, A. L. A.; LUCENA, E. A. **Proposta de metodologia para tratamento individualizado com iodo-131 em pacientes portadores de hipertireoidismo da doença de Graves**, Radiologia Brasileira 2007; 40(6): 389–395.
- ARROIO, A.; GIORDAN, M.; **O vídeo educativo: Aspectos da organização do ensino**, Química Nova na Escola, N° 24, 2006.
- BAZZO, W. A.; MATOS A. S. A.; PINHEIRO, N. A. M. **Refletindo acerca da ciência, tecnologia e sociedade: Enfocando o ensino médio**, Revista Iberoamericana de Educación. N° 44 (2007), pp. 147-165, 2007.
- BRASIL, **Ministério da Educação, Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRASIL, **Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica**, Orientações curriculares para o ensino médio, Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias, volume 2, 135 p., 2006.
- CHAVES, T. V., GIMENEZ, A. P., VALLE, D. A., SILVEIRA, L. M., Um estudo sobre o imaginário e as concepções acerca dos conceitos de radiação e radioatividade**. Revista Vivências | Erechim | v. 17 | n. 32 | p. 69-83 | jan./jun. 2021.
- COUTO, R.R.; SANTIAGO, A.J., **Radioatividade e Irradiação de Alimentos**. Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol.12, N° 2, 2010.
- Doenças, problemas e sintomas da tireoide**. MD.Saúde, Disponível em: <https://www.mdsaude.com/endocrinologia/sintomas-da-tireoide/>, Acesso em: 20 de Maio de 2021.
- DOLZ, J., NOVERRAZ, M., SCHNEUWLYB., **Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento**. Coleção de livros didáticos, Expressir-se em francês, 2001.

Em foto tocante, marido cuida da mulher com câncer de tireoide, Revista Veja, Publicado em 25 abr 2017, 14h34, Disponível em: <https://veja.abril.com.br/coluna/viral-em-foto-tocante-marido-cuida-da-mulher-com-cancer-de-tireoide/>, Acesso em: 17 de Maio de 2021.

FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R., **Analisando a implementação de uma abordagem CTS em sala de aula de química**, Ciência & Educação (Bauru), Vol 17, Número: 2, 2011.

FERNADES, L. D. S.; CAMPOS, A. F., **Análise das questões sobre radioatividade no Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM**, Amazônia, Revista de Educação em Ciências e Matemática, vol.13 (25) 2016. p.62-74.

FERNANDES, R. F., **Isótopo**, Revista Ciência Elementar, Vol.2(01):124, 2014.

GONÇALVES, O. D., ALMEIDA, I. P. S., **Comissão Nacional de Energia Nuclear (RJ) A energia nuclear e seus usos na sociedade**. CIÊNCIA HOJE • vol. 37 • nº 220

IEA, **International Energy Agency**, 2021.

INCA, **Instituto Nacional de Câncer**, 2021.

LIMA, I. H. S., MELO, G. T. P., JÚNIOR, C. E. O. C., **Mitos e verdades empregados à medicina nuclear através da percepção dos pacientes**. Ciências Biológicas e de Saúde Unit | Aracaju | v. 6 | n. 1 | p. 121-130 | Março 2020 | periodicos.-set.edu.br

LIMA, R. S.; PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C., **O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX**, Química Nova na escola, Vol. 33, Nº 2, 2011.

MACÊDO, L. C. A., NEVES, M. C. D., NUNES, A. O., TAVEIRA, D. A., **O ensino de ciências, a abordagem CTS e a complexidade: Desafios e possibilidades**. Educação ambiental em ação, 2021.

MARTINS, W. D., **História Wilhelm Conrad Roentgen e a descoberta dos raios-X**. Rev. de Clín. Pesq. Odontol., v.1, Nº 3, 2005.

MILARÉ, T., MARCONDES, M. E. R., REZENDE, D. B., **Discutindo a Química do Ensino Fundamental Através da Análise de um Caderno Escolar de Ciências do Nono Ano**. Química Nova na Escola, São Paulo-SP, BR, 2014.

NOBEL PRIZE, **Marie Curie – Biographical**. Nobel Lectures, Chemistry, 1901-1921. Elsevier Publishing Company, Amsterdã, 1966.

OLIVEIRA, C. F.; DIJ KINGA, E. A.; SAUER, E.; NEVES, M. C. D.; SIVEIRA, R. M. C. F., **Sequência didática: Radioatividade no ensino de química com enfoque CTS**, IV SINECT, 2014.

RESQUETTI, S. O., **Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento CTS**. MARINGÁ, 2013.

RIBEIRO, D. **Antoine Becquerel**, Rev. Ciência Elementar., Vol.2(02):040. 2014.
SANTOS, W. L. P., **A Química e a formação para a cidadania**, Educ. quím., 22(4), 300-305, Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.

SANTOS, W. L. P., MÓL, G. S., **Química Cidadã: Reações químicas, seus aspectos dinâmicos e energéticos; água e energia**, Volume 2, ensino médio. Coleção química para a nova geração, 2010.

SILVA, A. R. M.; SANTOS, H. C., **Gerenciamento de rejeitos radioativos da iodo-terapia**, Brazilian Journal Of Radiation Sciences 03-02 (2015) 01-X07.

SILVA, E. S., **O uso dos mapas mentais no ensino de biologia: relato de experiência na residência pedagógica**. IV CONAPESC, 2019.

SILVA, F. L., PESSANHA, P. R., BOUHID, R., **Abordagem do tema controverso Radioatividade/Energia Nuclear em sala de aula no Ensino Médio – Um Estudo de Caso**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRJ), Instituto de Educação Carmela Dutra (IECD- SEEDUC), 2011.

SILVA, H. C. M., **O uso do vídeo como recurso didático para o ensino-aprendizagem da radioatividade no ensino de química**. Caruaru, 2021.

THOMPSON, M.A. **Radiation Safety Precautions in the Management of the Hospitalized ¹³¹I Therapy Patient**, Journal of Nuclear Medicine Technology, junho de 2001, 29 (2) 61- 66.

VERONEZE, R. T., **Agnes Heller: cotidiano e individualidade – uma experiência em sala de aula**. Textos & Contextos (Porto Alegre), v. 12, n. 1, p. 162 - 172, jan./jun. 2013

VIEIRA, C. L.; VIDEIRA, A. A. P. **História da física, Artigos, ensaios e resenhas**, CBPF, 2º Edição, RJ, 2019.

VIEIRA, S. A. **Césio-137, um drama recontado**. Revista Estudos Avançados, São Paulo, vol. 27, N° 77, Jan. 2013.

W.N.A, **Radioisotopes in medicine**, World Nuclear Association, 2021.