



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**

**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE  
NACIONAL (PROFQUI)**

**DISSERTAÇÃO**

**O Papel Esquecido da Radioatividade no Ensino da Estrutura Atômica em Escolas da  
Rede Estadual de Ensino no Rio de Janeiro: Elaboração e Aplicação de uma  
Sequência Didática**

**Diógenes Chaves Lopes**

**2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**

**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE  
NACIONAL (PROFQUI)**

**O PAPEL ESQUECIDO DA RADIOATIVIDADE NO ENSINO DA ESTRUTURA  
ATÔMICA EM ESCOLAS DA REDE ESTADUAL DE ENSINO NO RIO DE  
JANEIRO: Elaboração e Aplicação de uma Sequência Didática**

**DIÓGENES CHAVES LOPES**

*Sob orientação do professor*

**Dr Marcelo Hawrylak Herbst**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Química**, no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) – Área de Concentração em Química.

**Seropédica, RJ  
Dezembro de 2022**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L864p      Lopes, Diógenes Chaves, 1975-  
              O Papel Esquecido da Radioatividade no Ensino da  
              Estrutura Atômica em Escolas da Rede Estadual de  
              Ensino no Rio de Janeiro: Elaboração e Aplicação de uma  
              Sequência Didática / Diógenes Chaves Lopes. - Itaguaí,  
              2022.  
              68 f. : il.

              Orientador: Marcelo Hawrylak Herbst.  
              Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
              do Rio de Janeiro, Programa de Mestrado Profissional  
              em Química em Rede Nacional, 2022.

              1. Ensino de Química. 2. Estrutura Atômica. 3.  
              Radioatividade. 4. Sequência Didática. I. Herbst,  
              Marcelo Hawrylak, 1973-, orient. II Universidade  
              Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Mestrado  
              Profissional em Química em Rede Nacional III. Título.

“Nada na vida é para ser temido,  
e sim entendido. Agora é tempo  
de entendermos mais, para que  
possamos ter menos medo.”

Marie Curie

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE  
NACIONAL**

**DIOGENES CHAVES LOPES**

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Química, no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Área de Concentração em Química

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 02/12/2022

Membros da banca

Marcelo Hawrylak Herbst Dr. UFRRJ  
(Orientador)

Jorge Cardoso Messeder Dr. IFRJ

Marcelo Azevedo Neves. Dr. UFRRJ



*Emitido em 2022*

**TERMO Nº 1239/2022 - PPGQ (12.28.01.00.00.60)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 07/12/2022 20:09 )*

MARCELO AZEVEDO NEVES  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptF (12.28.01.00.00.00.62)  
Matrícula: ###893#0

*(Assinado digitalmente em 06/12/2022 14:26 )*

MARCELO HAWRYLAK HERBST  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DQF (11.39.00.25)  
Matrícula: ###751#1

*(Assinado digitalmente em 06/12/2022 14:08 )*

JORGE CARDOSO MESSEDER  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: ###.###.107-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: **1239**, ano: **2022**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **06/12/2022** e o código de verificação: **ed85faf100**

## AGRADECIMENTOS

*Em primeiro lugar, agradeço a Deus que me sustentou e me deu sabedoria para administrar a falta de tempo no convívio com minha família.*

*Agradeço, em especial, a minha esposa Cristiane e aos meus filhos Renan e Rebeca pela paciência e incentivo incondicional durante todo curso de Mestrado e mais especificamente durante a elaboração desta dissertação.*

*Agradeço à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e ao corpo docente da instituição (André Marques dos Santos, Andressa Esteves de Souza dos Santos, Carlos Maurício Rabello Sant'Anna, Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos, Emerson Guedes Pontes, Marcelo Hawrylak Herbst, Marisa Fernandes Mendes e Roberto Barbosa Castilho) envolvido neste programa de pós-graduação, por compartilhar de forma tão especial seus conhecimentos.*

*Agradecimento especial aos meus amigos Carlos Emanuel França e Andrea Barbalho, por cordialmente compartilharem comigo seus conhecimentos no ajuste final desta dissertação.*

*Registro aqui um agradecimento especial ao meu orientador Dr. Marcelo H. Herbst pela paciência e por cada ensinamento e sugestão durante a elaboração deste trabalho.*

*Agradeço à Coordenação Institucional do Curso, na pessoa do professor Dr. Roberto B. de Castilho pela forma tão eficiente e gentil que realiza seu trabalho.*

*A todos do Colégio Estadual Barão de Tefé, e em especial às diretoras, Márcia, Daniele, à coordenação pedagógica nas pessoas dos amigos Marcos e Pedro e às amigas Alessandra e Patrícia por permitirem a realização deste trabalho e me darem todo o suporte necessário.*

*Um agradecimento especial também aos meus pais, José e Maria, aos meus irmãos Maria das Graças, Lucineide, Luiz e Maria Gorete, que sempre me incentivaram e confiaram em mim.*

*Agradeço também a cada um dos amigos que fiz durante este curso: Aline, Luiza, Luciane, Alba, Carla, Jéssica, Larissa, Wellis, Milton, Agnaldo, Ernesto, Felipe e Aloisio.*

*Aos membros da Banca examinadora pela disponibilidade e contribuições para que este trabalho fosse aperfeiçoado.*

*O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.*

## APRESENTAÇÃO

O presente memorial é composto por recordações, algumas mais vivas outras mais distantes de uma vida profissional diversa e rica de experiências.

Venho de uma família simples da região metropolitana do Rio de Janeiro, mais precisamente de Seropédica, que há época de meu nascimento era 2<sup>o</sup> distrito da cidade vizinha, Itaguaí. Somos 5 irmãos, e eu o quarto da fila. Filho de um pedreiro sem estudo e uma dona de casa, que com pouco estudo, mas muita sabedoria, nos educou valorizando cada dia de aula como o mais importante de todos.

Os primeiros anos de estudo foram na Escola Estadual Municipalizada Olavo Bilac, que ficava a poucos metros de casa, no bairro Parque Jacimar, na altura do Km 42 da antiga Estrada Rio – São Paulo. Para fazer o ginásio (hoje, Ensino Fundamental II) era necessário transferir-se para a Escola Municipal Eulália Cardoso de Figueiredo, situada no bairro vizinho, onde estudei até a metade da 8<sup>a</sup> série. Em julho de 1990, por falta de trabalho no Rio de Janeiro, meus pais foram para Lagoa D'Antas, RN, cidade que há época não contava com saneamento básico e luz elétrica, e as condições de estudo eram precárias. Eu já com 15 anos pedi a tia paterna Terezinha, educadora das redes municipal de Goiânia e Estadual, que me levasse para morar com ela, de modo que pudesse estudar. Ali tive contato com uma realidade completamente distinta da que estava acostumado, pude conviver com professores e sindicalistas do SINTEGO (Sindicato dos Trabalhadores em Educação no Estado de Goiás) do qual tia Terezinha era diretora. Foram apenas 6 meses, mas que mudaram completamente minha visão de mundo e abriram-me os olhos para possibilidades até então inimagináveis.

Em janeiro de 1991, volto para o Rio de Janeiro e vou estudar no Colégio Municipal Senador Teotônio Villela, no centro de Itaguaí. Nesta escola, além de fazer grandes amizades, pude ter a honra de ter aula com professores fantásticos. Lembro-me bem da professora de biologia, hoje Dra. Solange Viana Paschoal, do professor de química, Vanderlei, dos professores de física Manoel (*in memoriam*) e Pitágoras.

No final do ano de 1993, com a proximidade da realização dos vestibulares, o professor Vanderlei indagou-me sobre o vestibular daquele ano e respondi-lhe que não os faria por não me sentir preparado, quando imediatamente me repreendeu. Passados poucos dias foram à escola três professores (Valter de Química, Arnaldo de Biologia e Kafuri de História) que estavam lançando um cursinho pré-vestibular em Itaguaí e fariam um Bolsão com descontos de até 100%. Fiz rapidamente minha inscrição e para minha surpresa obtive uma bolsa integral e vi ali uma oportunidade de enfim ter uma preparação para o vestibular.

Apesar de não ter que efetuar os pagamentos das mensalidades, haviam outros custos que não tinha condições de pagar, e então trabalhava de servente de pedreiro com meu pai e meu tio Neco, embora continuasse procurando uma oportunidade de trabalho com carteira assinada. Durante estas buscas por oportunidades, cheguei a trabalhar como bagagista em um Resort de Luxo e logo em seguida obtive a tão esperada vaga de carteira assinada na empresa de *fast food* Bob`s, onde permaneci até maio de 1995, quando pedi que fosse desligado, pois estava cursando Licenciatura em Química na Universidade Federal do Rio de Janeiro e não vinha conseguindo conciliar o trabalho com o curso na UFRJ.

O início do Curso de Licenciatura em Química da UFRJ foi de muitas descobertas e desafios. Apesar de todo o empenho dos professores do Ensino Médio e de toda a dedicação, a defasagem de conteúdos era enorme e isto ia ficando cada vez mais patente, e ainda tinha como obstáculo o tempo perdido no deslocamento entre Seropédica e o Campus da UFRJ na Ilha do Fundão, que consumia aproximadamente 5 horas do dia. Foi neste contexto que um daqueles amigos (Carlos Shidetaki Fuzyama) que ficam para vida surgiu oferecendo um lugar para ficar na Ilha do Governador a custo zero. Apesar deste início difícil, foi neste momento que fiz meus primeiros amigos desta jornada, Andrea Barbalho, Antônio Carlos de Oliveira Guerra, Cristiano Riger, Eric de Santana Borges e Heber Pires Junior. O segundo semestre de curso começou com algumas novidades que tornaram a vida mais suave naquele momento de adversidades, foi quando vieram a vaga no Alojamento Estudantil da Universidade, com auxílio financeiro, e o convite da professora Dra. Cláudia Moraes Resende para fazer Iniciação Científica no Laboratório de Produtos Naturais do IQ/UFRJ. Foram três anos e meio de bastante aprendizado e descobertas, até o momento do desligamento.

O ano de 1999 começa, e era então o momento de buscar novas oportunidades, foi então que, embora não tivesse qualquer experiência em sala de aula participei do processo seletivo da FIOCRUZ para professor de Química do PAEM (Programa de Apoio ao Ensino Médio), este Programa era voltado a funcionários da Fiocruz que até aquele momento não haviam concluído o Ensino Médio. Neste mesmo momento o Professor Dr Luiz Cláudio dos Santos Ribeiro buscou junto ao tradicional Colégio Santo Inácio um espaço para que nós alunos do Curso de Licenciatura em Química pudéssemos fazer estágio, e assim entrei pela primeira vez em uma escola privada. Foi um choque! Realidade completamente diferente da que eu já havia vivenciado. A organização exemplar, os alunos com comportamento excelente e a professora de química que parecia uma executiva, tamanha elegância. A infraestrutura do colégio era fantástica.

Assim chegamos ao ano de 2000, o estágio no Colégio Santo Inácio havia acabado, a balsa na Fiocruz continuava, mas desejava entrar no mercado de trabalho como professor de química, embora ainda não tivesse colado grau.

O coordenador do curso era o Professor Msc João Augusto de Mello Gouveia Matos, e vinha orientando alguns alunos sobre a inserção da química em Centros e Museus de Ciências e perguntou-me se gostaria de fazer no meu TCC um levantamento sobre a Inserção da Química em Centros e Museus de Ciências do Brasil inteiro, aceitei a proposta, porém não tinha noção do quão trabalhoso aquilo seria, pois, a comunicação na época era basicamente por telefone ou e-mail, que ainda estava começando. Este trabalho só foi concluído em 2001, e por conta dele participei de minha primeira Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) e participei da Semana da Química na Universidade Federal Fluminense (UFF).

Ainda em março de 2000, com aquele desejo de entrar no mercado, soube pelo Professor João Augusto que a Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro estava contratando professores de Química, mesmo antes da colação de Grau, tamanha era a carência de professores. Assim comecei minha saga na Rede Estadual de Educação, mais precisamente na Escola Estadual de Ensino Supletivo Pestalozzi, que ocupa até hoje, no

turno da noite, as instalações de uma escola municipal no bairro de Santa Cruz, Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro, onde permaneci por 4 anos.

Em 2001 tive a oportunidade de começar a trabalhar no Colégio Paula Barros, onde lecionava química em um projeto que visava dar espaço a alunos da classe alta do Rio de Janeiro que não se encaixavam nas escolas tradicionais do Rio de Janeiro. Também em 2001 tive oportunidade de trabalhar no Colégio Apollo XII, experiência esta que durou apenas 1 ano e onde realmente tive contato com os desafios da carreira docente.

O ano de 2002 foi muito especial, pois foi aos seis dias do mês de fevereiro daquele ano que tomei posse como professor efetivo da Rede Estadual de Educação do Rio de Janeiro, sendo lotado no Colégio Estadual Professor Fernando Antônio Raja Gabaglia, uma escola grande com 54 turmas das três séries do ensino Médio, localizada no Bairro de Campo Grande, Zona Oeste da Capital do Estado. Por ser uma escola geograficamente bem localizada, recebe alunos do próprio bairro e de cidades vizinhas, como Itaguaí, Seropédica e principalmente Nova Iguaçu.

Em 2006 veio a oportunidade de assumir a segunda matrícula na Rede Estadual, quando fui lotado no Colégio Estadual Barão de Tefé. Escola pequena, localizada em Seropédica, as margens da Antiga Estrada Rio – São Paulo, bem perto de onde nasci e me criei.

Os anos se passaram, as experiências profissionais foram se acumulando e o desgaste de uma carga de trabalho extenuante e toda falta de infraestrutura e valorização salarial já tornava o cotidiano profissional quase insuportável.

Até que em dezembro de 2012 a diretora do Colégio Estadual Barão de Tefé me chamou para dizer que uma professora da Universidade Rural (Professora Caioco) gostaria de implementar na escola um trabalho que ela realizava com alunos da Rural, tratava-se do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência). Não sabia exatamente do que se tratava, mas aceitei o desafio e fomos implantando o trabalho. Aos poucos fui tomando gosto pela proposta e pude perceber como aquelas atividades eram importantes no processo de formação do professor de química.

Em 2018 foi criada a Residência Pedagógica, e assim os licenciandos foram divididos em dois grupos. Desta forma passei a trabalhar com os alunos de Residência Pedagógica e assim foi feito até o final daquele edital.

No final de 2019 obtive aprovação para o Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFRRJ), que por conta da pandemia da COVID-19 só pode ser iniciado em agosto de 2020 e teve o encerramento de suas aulas em julho de 2022.

## RESUMO

LOPES, Diógenes Chaves. **O papel esquecido da radioatividade no ensino da estrutura atômica em escolas da rede estadual de ensino no Rio de Janeiro: Elaboração e aplicação de uma Sequência Didática**, 68p. Dissertação (Programa e Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI). Instituto de Química. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

A presente dissertação fez uma análise crítica da abordagem dada à temática da radioatividade no estudo da estrutura atômica, pesquisou as alterações do currículo de química das escolas estaduais do Rio de Janeiro nas últimas duas décadas e propõe uma sequência didática como possibilidade para o ensino da radioatividade. A revisão bibliográfica foi feita nas bases de dados do Google Acadêmico e SciELO usando como palavras-chave Radioatividade, Ensino de Química e Estrutura Atômica. Foram priorizados trabalhos divulgados entre os anos de 2000 e 2020 em língua portuguesa. Na análise dos currículos implementados pela Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro foram considerados os currículos do período de 2000 até 2012, levando-se em consideração as alterações feitas neste período para adequação aos sistemas externos de avaliação. Apesar das tentativas de aperfeiçoar o currículo do ensino médio, inclusive o currículo de química, não consegui observar nenhuma melhora significativa. Identifiquei, nesta revisão bibliográfica, que há sim um esforço da comunidade do ensino de química em aproximar a radioatividade do estudo da evolução dos modelos atômicos, porém ainda consideramos tímidas tais iniciativas. Verifiquei também a busca de alternativas em diferentes estados da federação para o ensino da radioatividade, sem, no entanto, poder concluir que haja uma melhora na aceitação/ compreensão da radioatividade com impacto positivo na sociedade. Elaborei e apliquei uma sequência didática (SD) sustentada nos pressupostos da Natureza da Ciência (NdC) e dividida em três momentos, quais sejam, um formulário, a leitura de um artigo científico e um vídeo, que associados a duas rodas de conversa mostrou como é possível ensinar radioatividade concomitante ao estudo da estrutura atômica e que desta forma o aluno pode ter uma compreensão do contexto social e do momento histórico em que ocorreu a “descoberta científica” estudada.

**Palavras-chave:** Ensino de Química, Estrutura Atômica, Radioatividade.

## ABSTRACT

LOPES, Diógenes Chaves. **The forgotten role of radioactivity in the teaching of atomic structure in schools of the state school system in Rio de Janeiro: Elaboration and application of a Didactic Sequence**, 68p. Dissertation (PROFQUI - Program and Professional Master in Chemistry in National Network Chemistry). Instituto de Química. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

The present dissertation made a critical analysis of the approach given to the theme of radioactivity in the study of atomic structure, researched changes in the chemistry curriculum of state schools in Rio de Janeiro in the last two decades and proposes a didactic sequence as a possibility for teaching radioactivity. The bibliographic review was carried out in the Google Scholar and SciELO databases using the keywords Radioactivity, Chemistry Teaching and Atomic Structure. Work published between 2000 and 2020 in Portuguese was prioritized. In the analysis of the curricula implemented by the State Department of Education of Rio de Janeiro, the curricula from 2000 to 2012 were considered, taking into account the changes made in this period to adapt to external evaluation systems. Despite attempts to improve the high school curriculum, including the chemistry curriculum, I have not been able to observe any significant improvement. I identified, in this bibliographic review, that there is indeed an effort by the chemistry teaching community to bring radioactivity closer to the study of the evolution of atomic models, but we still consider such initiatives timid. I also verified the search for alternatives in different states of the federation for the teaching of radioactivity, without, however, being able to conclude that there is an improvement in the acceptance/understanding of radioactivity with a positive impact on society. I developed and applied a didactic sequence (SD) based on the assumptions of the Nature of Science (NdC) and divided into three moments, namely, a form, the reading of a scientific article and a video, which associated with two conversation circles showed how it is possible to teach radioactivity concomitantly with the study of atomic structure and in this way the student can have an understanding of the social context and the historical moment in which the studied “scientific discovery” took place.

Key words: Chemistry Teaching, Structure Atomic, Radioactivity

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Logótipo da Revista de Química Pura e Aplicada (Bragança Gil; Serra e Viegas., 2010).....	6
<b>Figura 2:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 1: “Você já ouviu falar em Radioatividade?” .....	24
<b>Figura 3:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 3: “Você consegue definir Radioatividade?” .....	24
<b>Figura 4</b> – Gráfico com a resposta à segunda parte da pergunta 3: “ Em caso positivo, defina Radioatividade abaixo:” .....	25
<b>Figura 5:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 2: “Se você respondeu sim a pergunta 1, onde ouviu falar?” .....	25
<b>Figura 6:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 4: “Você conhece algum cientista que tenha sido importante para descoberta da Radioatividade?” “Quem?” .....	26
<b>Figura 7:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 5: “Você consegue identificar qual dos símbolos abaixo é usado para identificar substâncias radioativas?” .....	26
<b>Figura 8:</b> Gráfico em números absolutos das respostas à pergunta 6: “Quando você ouviu falar de Radioatividade, seu primeiro sentimento é:” .....	27
<b>Figura 9:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 7: “Você sabe dizer quais efeitos que a Radioatividade pode causar no ser humano?” .....	27
<b>Figura 10</b> – Figura com a resposta à segunda parte da pergunta 7: “Para os que responderam sim, escreva sobre os efeitos. ” .....	28
<b>Figura 11:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 8: “Você já ouviu falar em elementos químicos radioativos?” .....	28
<b>Figura 12:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 9: “Se você respondeu SIM, marque a(s) opção(ões) que melhor define(m) elementos químicos radioativos.....	29
<b>Figura 13:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 10: “Você já ouviu falar de Energia Nuclear?” .....	29
<b>Figura 14:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 11: “Se você respondeu SIM, onde você ouviu falar?” .....	30
<b>Figura 15:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 12: “Você já ouviu falar nas Usinas Nucleares de Angra 1 e Angra 2?” .....	30
<b>Figura 16:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 13: “Você acha que elas colocam a vida de quem mora em Seropédica em risco? .....	31
<b>Figura 17:</b> Gráfico em percentagem das respostas à pergunta 13: “Por que?” .....	31

<b>Figura 18:</b> Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 14: “Você já ouviu falar de algum acidente nuclear?” .....	32
<b>Figura 19:</b> Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 14: “Se sim, Qual?” .....	32
<b>Figura 20:</b> Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 15: “Você comeria um alimento sabendo que ele foi esterilizado com radiação?” .....	33
<b>Figura 21:</b> Gráfico em números absolutos das respostas à pergunta 15: “Por quê?” .....	33

## LISTA DE ABREVIACÕES

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

DCE – Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

Gepeq– USP – Grupo de Pesquisa em Educação Química da Universidade de São Paulo

HQs – Histórias em Quadrinhos

INB – Indústrias Nucleares do Brasil

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

NdC – Natureza da Ciência

PAEM/Fiocruz – Programa de Apoio ao Ensino Médio

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ – Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PISA – Programme for International Student Assessment

PNLD – Programa Nacional do Livro e do material Didático

PROFQUI – Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional

RP – Programa de Residência Pedagógica

SAEB – Sistema de Avaliação do Ensino Básico

SBQ – Sociedade Brasileira de Química

SEEDUC-RJ – Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro

UFF – Universidade Federal Fluminense

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

USP – Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo Geral.....	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	2
3.1 O contexto do ensino médio de química no Estado do Rio de Janeiro.....	2
3.2 O estudo da Radioatividade em Portugal.....	6
3.3 Propostas de abordagem da temática Radioatividade no ensino médio.....	8
4 A NATUREZA DA CIÊNCIA.....	17
4.1 O que é Natureza da Ciência.....	17
4.2 A Natureza da Ciência e o Ensino de Química.....	19
5 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA RADIOATIVIDADE.....	20
5.1 METODOLOGIA.....	20
5.1.1 Questionário com formulário <i>Google</i> .....	21
5.1.2 Leitura do artigo científico.....	22
5.1.3 Apresentação do vídeo: O QUE É RADIOATIVIDADE?.....	22
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	23
6.1 Rodas de conversa.....	33
6.2 Discussão dos resultados.....	37
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
7.1 Perspectivas.....	40
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
9 APÊNDICE.....	47
9.1 Apêndice 1: Questionário <i>Google</i> .....	47
9.2 Apêndice 2: Capítulo do Livro: O Papel Esquecido da Radioatividade no Ensino da Estrutura Atômica em Escolas da Rede Estadual de Ensino no Rio de Janeiro.....	52

## 1. INTRODUÇÃO

Depois de mais de duas décadas ensinando química para alunos do 9<sup>o</sup> ano do Ensino Fundamental, Ensino Médio e turmas preparatórias para o ENEM e outros vestibulares, sempre sentia um incômodo com a ordem com que alguns conteúdos eram dispostos nos livros didáticos e planejamentos curriculares propostos pelas autoridades educacionais, em especial os conteúdos de *evolução dos modelos atômicos e radioatividade*. Fazendo um levantamento na literatura científica brasileira no período que vai do ano 2000 ao ano de 2020 (Lopes e Herbst, 2022), foi encontrado, relativamente, pouco material a respeito, dada a importância do tema, em especial sobre a realidade das escolas estaduais do Rio de Janeiro.

Com estes dados em mãos, não me restou dúvidas quanto a necessidade de fazer uma revisão bibliográfica pormenorizada sobre o que fora realizado neste período nos mais diferentes estados da Federação, de maneira que pudesse fomentar uma reflexão a respeito das constantes reformas curriculares que, apesar de terem sido efetivamente implementadas, pouco contribuíram para o melhor ordenamento dos conteúdos a serem estudados nas escolas brasileiras e também não têm colaborado para o aumento do interesse dos jovens por temas diretamente relacionados ao seu cotidiano, como a radioatividade.

Após a constatação do papel esquecido da radioatividade no ensino da estrutura atômica em escolas da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro, busquei alternativas que pudessem proporcionar um aprendizado mais significativo e global, propondo uma sequência didática que permitisse aos discentes um contato mais completo com o tema radioatividade e que os fornecesse subsídios para reflexões críticas a respeito do assunto estudado. A sequência didática foi construída em três momentos (formulário *Google*, leitura de artigo científico e vídeo - O QUE É RADIOATIVIDADE?) e realizei duas rodas de conversa, uma após a leitura do artigo e outra após assistir ao vídeo.

Importante ressaltar que defendo o ensino de radioatividade em consonância com o estudo da estrutura atômica, uma vez que se trata de fenômeno nuclear, o que implica posicionar tais conteúdos no planejamento do segundo bimestre da primeira série do ensino médio.

Em meu entendimento, o Rio de Janeiro, a única unidade da Federação que possui duas centrais nucleares em funcionamento, sede das Indústrias Nucleares do Brasil (INB), não pode deixar de ter o estudo da radioatividade como tema central e contextualizador nos conteúdos da 1<sup>a</sup> Série do Ensino Médio.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Discutir a importância do estudo da radioatividade dentro do contexto do estudo da estrutura atômica em especial nas escolas da Rede Estadual do Rio de Janeiro.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Destacar a importância do estudo da radioatividade no estado do Rio de Janeiro onde temos instaladas duas Usinas Nucleares
- Discutir a construção do currículo mínimo de Química e buscar respostas para “O papel esquecido da Radioatividade no Ensino da Estrutura Atômica em Escolas da Rede Estadual de Ensino no Rio de Janeiro”
- Estimular o pensamento crítico dos discentes acerca da Radioatividade e sua importância no cotidiano
- Elaborar e aplicar uma sequência didática para o estudo da radioatividade em escola da Rede Estadual do Rio de Janeiro

## **3 REVISÃO DA LITERATURA**

### **3.1 O contexto do ensino médio de química no Estado do Rio de Janeiro**

Revisitando a história recente da educação no Estado do Rio de Janeiro, encontrei um importante divisor de águas, com a criação, pelo Decreto 25.959 de 12 de Janeiro de 2000, (RIO DE JANEIRO, 2000) do Programa Estadual de Reestruturação da Educação Pública – Programa Nova Escola, que segundo Rodrigues (2014), buscava diminuir um quadro de precarização financeira da carreira docente, bem como resolver o problema da carência crônica de professores em disciplinas como física, química e matemática.

A ideia de uma base curricular única para a Educação Básica de todo Brasil está preconizada na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) que data de 1996, porém a apresentação das primeiras versões do documento, que posteriormente seria a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), gerou muitas discussões e levou naturalmente a reflexões que

puddessem trazer o aperfeiçoamento da proposta. O desejo de unificar o currículo, sem deixar de oportunizar a inserção de características regionais passou a ganhar força com a realização do Exame Nacional do Ensino Médio iniciado em 1998 e que mostrou uma discrepância grande entre os resultados das escolas das diferentes regiões do Brasil (ABREU; LOPES, 2006, p. 178).

Em consonância ao que já era indicado na LDB (BRASIL, 1996) e que passou a influenciar, embora sofrendo muitas críticas, na construção das propostas curriculares nos últimos 20 anos foram os Parâmetros Curriculares Nacionais. Nesse contexto que se aprofundam as ideias de que o ensino das Ciências da Natureza na Educação Básica precisa passar a ter um caráter de alfabetização científica em seu sentido mais amplo, e nós, em particular, entendemos que isso pode ser construído segundo os pressupostos da Natureza da Ciência (NdC), em especial o conteúdo de radioatividade que continuamente vem sendo negligenciado seja no ensino Básico, seja no ensino Superior.

Apesar de termos, em especial no Rio de Janeiro, no início dos anos 2000 um momento de grande discussão do tema Currículo, apenas em 2006 Abreu e Lopes (2006) sistematizaram a discussão no artigo “Políticas de Currículo para o Ensino Médio no Rio de Janeiro: o Caso da Disciplina Química”, porém o artigo não trata especificamente do ordenamento dos conteúdos, mas uma análise mais geral do processo de construção do currículo.

Conforme as autoras, este tipo de política foi uma tentativa de reverter o quadro caótico que se apresentava naquela ocasião:

A reforma da educação básica é apresentada à sociedade como um projeto para superar os atuais quadros negativos de aproveitamento nas avaliações centralizadas, como o Saeb (Sistema de Avaliação do Ensino Básico), o Enem (Exame Nacional do Ensino Médio), o projeto Nova Escola, e o PISA (Programme for International Student Assessment); os altos índices de evasão escolar e de repetência, bem como de ampliar a escolarização líquida brasileira entre 15 e 17 anos. (ABREU; LOPES, 2006, p. 176)

Apesar desse importante esforço, os resultados não corresponderam às expectativas, e o Governo do Estado do Rio de Janeiro começou em 2004 a organizar uma nova proposta de currículo, e implementou então a REORIENTAÇÃO CURRICULAR PARA A REDE ESTADUAL DE ENSINO DO RIO DE JANEIRO (SEEDUC-RJ/RJ, 2006) que fora elaborada por profissionais da UFRJ (no Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - CCMN) em conjunto com docentes da Rede Estadual. Neste documento a Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ) reordenou o currículo de Química, partindo do macroscópico para o microscópico. Embora aquela proposta curricular tenha sido elaborada em parceria com muitos professores da Rede Estadual, o documento final implementado ainda causava dissensão

entre os docentes da Rede, uma vez que a Rede Estadual possui escolas com realidades muito distintas, e o sentimento era de que havia prevalecido o cotidiano de escolas urbanas.

Quanto à execução da proposta e o cumprimento dos seus conteúdos, a SEEDUC-RJ defendia-se no próprio documento, onde lê-se:

O que dá essa garantia é o comprometimento dos professores em adequá-los à sua realidade, aplicá-los e avaliar seus resultados e repercussões, com postura crítica e investigativa, revendo-os e adaptando-os permanentemente. ... A inter-relação entre esta proposta e a prática, o dia a dia do professor, é que definirá o grau de sucesso e aplicabilidade, como em qualquer proposta curricular. (SEEDUC-RJ/UFRJ, 2006, p. 18)

Posso destacar a importância desta proposta, no entanto, havia o objetivo claro de evitar o aprofundamento em conteúdo que porventura exigissem um maior conhecimento da matemática, em especial nos assuntos de Equilíbrio Químico e Cinética Química (SEEDUC-RJ/UFRJ, 2006, p. 194).

E mesmo nas situações em que a Matemática venha a mostrar-se um instrumento relevante para a compreensão ou a caracterização de fenômenos, pretendemos evitar que o estudo privilegie a utilização de cálculos, adotando-os apenas na medida necessária à apreensão de conceitos e à interpretação de fatos. A abordagem deverá ser preferentemente conceitual... (SEEDUC-RJ/UFRJ, 2006, p. 182)

Ainda na análise da distribuição dos conteúdos em suas respectivas séries, destacamos uma aproximação que nos parece muito pertinente, que é o estudo da radioatividade em conjunto com o estudo da Estrutura Atômica, embora lamentemos a forma superficial e descolada da realidade do estudante fluminense sugerida para a abordagem de tão importante conteúdo (SEEDUC-RJ/UFRJ, 2006, p. 188). Vale salientar que estamos nos referindo aos discentes do único estado da federação que possui duas centrais nucleares em pleno funcionamento e uma terceira em construção. Não podemos esquecer que a contextualização pode ser um facilitador da aprendizagem se dada ênfase a conteúdos que se relacionam diretamente com a vida cotidiana discente da Rede Estadual de Ensino.

Mas, partindo do pressuposto de que o currículo não é algo pronto e definitivo, entendemos que sempre há espaço e tempo para reformulações e correções de rumo, que as rupturas fazem parte deste processo de construção contínua do currículo, e que este processo deve ser influenciado pelos aspectos histórico-sociais da equipe elaboradora da proposta curricular. Como destacado por Abreu e Lopes (2006) a proposta curricular de 2004 foi diretamente influenciada pelo Grupo de Pesquisa em Educação Química (Gepeq) do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP), talvez por isso não tenha sido construída valorizando aspectos regionais do Estado do Rio de Janeiro (ABREU; LOPES, 2006, p. 196).

Mesmo com todo o esforço e recursos dedicados, os resultados esperados não foram alcançados, e então a SEEDUC-RJ, já sob outra gestão, resolveu lançar mão de uma nova proposta, o CURRÍCULO MÍNIMO (CURRÍCULO MÍNIMO, 2012, Química). O currículo mínimo de química foi lançado em 2012, e a partir deste momento todas as escolas da Rede Estadual deveriam cumpri-lo a cada bimestre. O novo documento apresentava algumas semelhanças com a proposta anteriormente abordada, como a fuga de conteúdos que usam a matemática, mas nesse caso, isto é explicitado no próprio documento.

Buscamos formar um aluno com uma visão que privilegie a compreensão dos fenômenos envolvidos e suas relações, atenuando a necessidade de execução de cálculos por vezes desnecessários e desconectados de sua realidade. (CURRÍCULO MÍNIMO, 2012, Química, p. 3)

Nessa proposta havia algumas inovações quanto à abordagem dos conteúdos, mas por outro lado alguns retrocessos eram significativos, como diminuir ainda mais a proximidade do estudo da radioatividade do estudo da estrutura atômica e de sua evolução histórica, que é feito no primeiro bimestre (CURRÍCULO MÍNIMO, 2012, Química, p.6), quando a radioatividade é apenas mencionada, sem o devido aprofundamento. Dentro deste novo currículo a radioatividade é um conteúdo estudado durante todo o quarto bimestre da 2ª série na disciplina de física (CURRÍCULO MÍNIMO, 2012, Física, p.8), colapsando aqui o argumento dos organizadores do documento que alegavam haver total consonância entre os conteúdos de química, física e biologia.

Adiantamos dois argumentos para manter essa proposta: primeiro, este currículo foi costurado de forma que as habilidades da Física e da Biologia venham caminhar pari passu ou de forma complementar em algumas partes de seus trajetos. Nesse sentido, não será necessário, por exemplo, ensinar os princípios da radioatividade ou da termodinâmica para os alunos; eles já trarão isso da Física ou será complementado por ela. (CURRÍCULO MÍNIMO, 2012, Química, p.3)

De acordo com Pereira, Filho e Neves (2009), apesar da radioatividade constar no CURRÍCULO MÍNIMO de física, 87% dos alunos da Baixada Fluminense, no Rio de Janeiro, nunca obtiveram qualquer informação sobre o tema e dos 13 % que afirmaram ter tido algum contato formal com o assunto, 7,1 % não se recordaram o que fora estudado. E, 1,7% só lembraram dos aspectos negativos da radioatividade.

Quando Pereira, Filho e Neves (2009) buscam saber dos docentes de física da região qual ou quais motivos os levam a não abordar o tema ou a fazer apenas citações, as justificativas são as mais variadas, que vão do desconhecimento da presença do tema, passa pela falta de percepção do conteúdo e chega a justificativa mais comum entre os docentes de física que alegam falta de tempo para ensinar radioatividade.

Apesar disso, todos, segundo Pereira, Filho e Neves (2009), disseram acreditar ser importante discutir o assunto com os discentes, mas, no entanto, não o fazem.

Em resumo, após mais de uma década e três reformas curriculares, o Ensino de Química nas escolas públicas do Estado do Rio de Janeiro foi paulatinamente relegando o tema da radioatividade ao segundo plano, no entanto, perseveramos no propósito de mostrar a íntima relação entre a evolução dos modelos atômicos e a radioatividade, considerando inclusive, como indissociáveis. Certos da importância disso, já participamos de visitas técnicas a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto<sup>1</sup> com alunos da Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID/UFRRJ), do Programa de Residência Pedagógica (RP/UFRRJ) e alunos da 3ª série do ensino médio do Colégio Estadual Barão de Tefé. Vale registrar que só quatro alunos do ensino médio puderam participar, pois a visita à área restrita da Central Nuclear (gerador de vapor e sala de controle) só é permitida a maiores de 18 anos, e estes discentes voltaram encantados com tudo que vivenciaram e perguntaram por que o tema radioatividade praticamente não foi citado durante todo o ensino médio deles.

### 3.2 O estudo da Radioatividade em Portugal

Buscando ampliar a abrangência da pesquisa, e entender como o tema era tratado em outros países, verificamos que a literatura traz registros de que as dificuldades e problemas relacionados ao ensino da radioatividade não é exclusividade das escolas públicas brasileiras. De acordo com Bragança Gil, Serra e Viegas (2010) o termo radioatividade chegou a Portugal ainda em 1896 através da revista *O Instituto*, e foi pelas mãos de João de Magalhães que foi feita a introdução da radioatividade no território português.

Mas foi na Revista de Química Pura e Aplicada (figura 1), que teve seu primeiro número ainda em 1905, que foi publicado aquele que é tido como primeiro curso de radioatividade em terras portuguesas, com o título de Notas das Lições de Radioatividade, que fora realizado no Instituto Superior Técnico de Lisboa.



Figura 1 - Logótipo da Revista de Química Pura e Aplicada (Bragança Gil, Serra e Viegas, 2010).

<sup>1</sup> A Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto fica localizada na cidade de Angra do Reis, RJ. Site: <https://www.eletronuclear.gov.br/Paginas/default.aspx>

Ainda segundo Bragança Gil, Serra e Viegas (2010), outros periódicos contribuíram para divulgação da radioatividade, publicando trabalhos e artigos, porém, foi a *Gazeta de Física*, que tem sua fundação datada de 1946 que mais promoveu o assunto.

Somado a isso, temos, segundo Heliodoro (2012), a criação em 1928 da Junta de Educação Nacional (JEN) que passou a financiar os estudos de jovens licenciados em instituições de pesquisa em países que possuíam a ciência mais desenvolvida. Foi com a bolsa da JEN que a Química Branca Edmée Marques passou quatro anos em Paris, no Laboratório Curie onde, sob orientação de Marie Curie, conclui seu doutoramento. Ao final de seu curso de doutorado Dra. Branca retorna a Portugal e instala o laboratório de radioquímica, o primeiro do país.

Apesar do pioneirismo de Dra. Branca no estudo da radioatividade, no período de 1940 até o início dos anos 2000, pouco foi feito no que diz respeito ao ensino de radioatividade nas escolas do Ensino Básico e Secundário de Portugal, segundo afirma Rêgo (2004) em sua dissertação de mestrado, onde diz “existe assim uma grande lacuna no ensino que embora esteja a sofrer reformas sucessivas não tem sido colmatada”.

Ainda que de forma insipiente, destaca Oliveira (2006) em sua dissertação de mestrado, o ensino de radioatividade foi incluído no programa curricular pela Reforma do Ensino Secundário que começou a ser implementada durante os anos letivos de 2003/2004. Vale salientar aqui que durante os dois primeiros anos do ensino secundário a Química e a Física são ensinadas em um único componente curricular e apenas no último ano a Física apresenta o que para Lobato e Greca (2005) seriam *rudimentos da estabilidade nuclear e Radioatividade* e curiosamente, também no 12<sup>o</sup> ano é que a Química trás no seu currículo o ensino de Radioatividade fazendo relação com a tecnologia e o ambiente.

Em sua dissertação de mestrado Martins (2014) faz uma análise da forma como o ensino da radioatividade tem ocorrido nas escolas em Portugal, chamando a atenção para lacunas conceituais que tem perdurado até a vida adulta destes estudantes, em especial, no contexto sócio cultural.

A autora destaca que o tema radioatividade é parte fundamental no contexto Ciência – Tecnologia - Sociedade – Ambiente, preconizado na legislação daquele país, e ainda assim vem sendo renegado.

No capítulo “Pertinência da Abordagem da Radioatividade no Ensino Básico e Secundário em Portugal” Martins (2014) apresenta sua preocupação com o desconhecimento

que os alunos de ambos os níveis de ensino (Ensino Básico e Secundário) possuem sobre conteúdo radioatividade.

Constata-se ainda que este profundo desconhecimento tem repercussões em contexto não escolar, sendo transversal em vários setores da sociedade, nomeadamente na comunicação social. Com efeito, atribui-se frequentemente à Radioatividade uma conotação social perturbadora, normalmente negativa, bastando para isso, rememorar os acidentes em centrais nucleares, como o de Chernobyl, Ucrânia, em abril de 1986 e mais recentemente, em março de 2011, o de Fukushima, no Japão. (Martins, 2014)

Apesar de tamanha rejeição ao assunto, Martins (2014) pontua que o tema radioatividade é estudado em Portugal, no entanto, com uma conotação negativa, onde destaca-se mais as desvantagens do que os benefícios, sem nem mesmo propor uma reflexão sobre o tema. Parece-me, então, que temos uma situação muito próxima ao que temos aqui no Rio de Janeiro, e por que não dizer, no Brasil.

### **3.3 Propostas de abordagem da temática Radioatividade no ensino médio**

Lopes e Herbst (2022) mostraram em pesquisa feita por artigos entre 2000 e 2020, que os primeiros trabalhos que apresentam propostas alternativas para abordagem dos temas Evolução dos Modelos Atômicos e Radioatividade datam do final da primeira década deste século. Neste contexto o artigo “Uma Proposta Alternativa Contextualizada para o Ensino de Radioatividade” de Broietti, Cela e Souza (2009) apresenta o trabalho realizado em quatro escolas da cidade de Arapongas no estado do Paraná, com quatrocentos alunos de quatro escolas, três públicas e uma privada. Embora façam importantes apontamentos da necessidade e relevância da radioatividade no cotidiano, não fazem relação com o estudo da estrutura atômica.

Sabemos hoje, contudo, que a radioatividade é um fenômeno proveniente de núcleos instáveis, que emitem radiações na busca de estabilidade. Trabalhar com o tema radioatividade no Ensino Médio, requer um grande desafio por parte do professor, uma vez que, além da necessidade por parte do mesmo de dominar o conteúdo, há ainda a importância, pode-se dizer uma quase necessidade, de correlacioná-lo com fatos do dia a dia e a momentos históricos marcantes. (BROIETTI; CELA, SOUZA, 2009, p. 1)

Para Broietti, Cela e Souza (2009) o estudo da radioatividade tem sido negligenciado também nos livros didáticos, que ao invés de servirem de apoio didático vem sendo verdadeiros obstáculos para o ensino do conteúdo.

A radioatividade tem sido abordada de forma geral, em livros de química do ensino médio, com pouca ênfase histórica e grande ênfase aos conceitos (leis da radioatividade, cinética das desintegrações), estas formas de abordagens são passíveis de crítica, pois alguns fatos como o acidente ocorrido no Brasil com o Césio 137, as

catástrofes de Hiroshima e Nagasaki, o acidente de Chernobyl, que podem ser classificados como acontecimentos históricos, podendo estes ser utilizados como meio de transposição didática, sendo capaz de estimular significativamente os alunos, pouco se encontram nos materiais didáticos sendo também muito pouco mencionados pelos professores durante suas aulas. (BROIETTI; CELA; SOUZA, 2009, p. 2)

Destaca-se aqui que, o trabalho fora realizado com alunos das 2<sup>as</sup> e 3<sup>as</sup> séries do ensino médio, e o conteúdo de modelos atômicos é estudado na 1<sup>a</sup> série do ensino médio, deixando assim um lapso temporal que pode provocar uma visão distorcida do aluno, não permitindo que ele faça correlação entre os conteúdos.

Interessante também ressaltar a crítica feita a uma visão equivocada, presente em livros didáticos e na fala de alguns professores, da ciência como algo pronto e acabado, (BROIETTI; CELA; SOUZA, 2009, p. 3)

A proposta fez uso de vídeos, músicas e textos que apresentam fatos históricos relacionados a radioatividade e conceitos envolvidos, e segundo entrevista feita ao final da atividade pôde-se confirmar a efetividade da aprendizagem.

O esforço no sentido de formar um cidadão crítico e consciente já é uma realidade nas escolas, mas o que falta é a complementação dos métodos de ensino, onde se dá através da diretoria, educadores e todos os responsáveis pelo processo de ensino e aprendizagem, onde um déficit na metodologia pode acarretar ao educando um nível baixo de compreensão e interpretação do mundo ao seu redor. (BROIETTI; CELA; SOUZA, 2009, p. 7)

No artigo “A história da Radioatividade nos livros didáticos” Tonetto (2010) traz a análise feita, em livros didáticos, por alunos da 3<sup>a</sup> série do ensino médio de uma escola pública estadual de São Paulo de como o conteúdo de Radioatividade é abordado e compararam com o enfoque dado em artigos científicos. Inicialmente os alunos foram divididos em quatro grupos e analisaram a forma como conteúdo era tratado em diferentes livros didáticos.

Ao realizar este levantamento, os alunos constataram que cada livro didático aborda a história da Radioatividade de forma diferente, dando mais ênfase numa época ou num cientista, como foi o caso do cientista Becquerel. Apenas citam, sem entrar em detalhes sobre as pesquisas realizadas pelos cientistas. Os alunos comentaram sobre o objetivo do livro didático, de passar conteúdo e observaram como a história da ciência aparece no livro analisado, ou seja, em pequenos parágrafos e de forma condensada. (TONETTO, 2010, p. 24)

Na segunda parte da atividade, os alunos analisaram a abordagem feita em artigos científicos; nos quais estudaram sobre a história do casal Marie e Pierre Curie e os Raios de Becquerel e concluíram que “ao finalizar o trabalho, os alunos comentaram sobre a importância de, concomitantemente ao ensino do conteúdo, ressaltar o trabalho de cada cientista envolvido no assunto estudado” (TONETTO, 2010, p. 25).

No artigo “O despertar da Radioatividade ao alvorecer do século XX”, Lima, Pimentel e Afonso (2011) fazem uma viagem na história da radioatividade no início do Século XX, mostrando os cientistas que participaram dos estudos relacionados a radioatividade, bem com curiosidades comportamentais e sociais associadas ao novo e curioso elemento (o Rádio) que acabara de ser descoberto e que encantava a todos, sem que estes conhecessem os riscos que estavam correndo. O apelo comercial era tão grande que à radioatividades foram atribuídas uma dezena de qualidades que a conferiram características milagrosas permitindo que ela fosse encontrada na água, nas tintas, nos medicamentos, nas maquiagens e para gerar energia.

Segundo os autores, não demorou muito, para que as complicações desse uso equivocado da radioatividade começassem a aparecer, desde vermelhidões na pele até formas cancerosas, passando por ulcerações cutâneas e cegueira. Porém, o entusiasmo era tão grande que nada disso permitia a reflexão da relação risco/benefício, e mesmo com o alerta de alguns cientistas, como o feito por Thomas em publicação de 1903 foi suficiente para tal. Apenas na década de 1920, com a realização dos primeiros congressos mundiais de Radiologia, a divulgação de resultados de trabalhos científicos e o surgimento de legislação trabalhista na Europa e Estados Unidos, começamos a ter um controle maior do uso da radioatividade e inclusive o banimento de alguns produtos até então comercializados, como a água com radioatividade.

Também buscando maior conexão entre diferentes conteúdos, Chaves (2012) apresenta uma Produção Didático-Pedagógica intitulada de “Ensinar química com um olhar lúdico no estudo do conteúdo estruturante matéria e sua natureza” no qual propõe um kit lúdico para o ensino dos conteúdos de História da Química, Modelos Atômicos, Radioatividade, Tabela Periódica e Ligações Químicas.

O trabalho de Chaves (2012) é parte integrante do Plano Integrado de Formação Continuada da Secretaria de Estado de Educação do Paraná para professores de Química e foi desenvolvido na Escola Estadual Hermínia Lupion, na cidade de Ribeirão do Pinhal, PR, com alunos da 1ª-Série do Ensino Médio, onde os conteúdos são ensinados por meio da realização de oficinas e aplicação de jogos para que o ensino possa ter significado para o educando. São propostas cinco oficinas, uma para cada conteúdo, e cinco jogos diferentes. Cada assunto foi estudado com uma metodologia diferente, como no estudo em rotação por estações (SERBIM, 2018, p. 40).

Apesar de apresentar propostas interessantes sobre a abordagem dos conteúdos a serem ensinados, Chaves (2012) também não propõe uma maior aproximação do estudo dos Modelos

Atômicos e da Radioatividade. Ressaltamos aqui o chamamento da autora ao ensino mais reflexivo e crítico do conteúdo, onde diz:

[...]cabe ao professor de Química dar-lhe os fundamentos teóricos para que se aproprie dos conceitos da Química e do conhecimento científico sobre esses assuntos para que desenvolva atitudes de comprometimentos com a vida no planeta (CHAVES, 2012, p. 26).

Embora não sugira uma abordagem baseada nos pressupostos da Natureza da Ciência, como o fez no estudo dos Modelos Atômicos, onde pontuou que “isso implica num estudo da natureza da ciência, sua dinâmica e seus princípios constitutivos, além de considerar os conhecimentos a respeito de como os alunos propõem seus modelos mentais na explicação dos fenômenos” (CHAVES, 2012, p. 21).

Chaves (2012) ancorada nas Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná, do ano de 2008, propõe um modelo de ensino significativamente evoluído se comparado ao que é proposto para este conteúdo nos livros didáticos até o presente momento, uma vez que as DCEs (2008) já orientavam um ensino mais contemporâneo:

[...]quando se trabalha o conteúdo básico Radioatividade, é necessário abordá-lo para além dos conceitos químicos, de modo que se coloquem em discussão os aspectos históricos, políticos e sociais diretamente relacionados ao uso da tecnologia nuclear e das influências no ambiente, na saúde e nas possíveis relações de custo-benefício do uso dessa forma de energia (DCEs, 2008, Paraná, p. 56).

Em consonância com o que foi discutido por Chaves (2012), Dos Reis, Oliveira e Da Silva (2012), introduzem o artigo “Contribuições da Radioatividade para o desenvolvimento das teorias atômicas de Thomson a Rutherford: um debate histórico epistemológico no ensino de química” (2012) chamando atenção para o quão importante é que o docente de Ciências tenha o mínimo de conhecimento de NdC.

[...]os professores precisam saber pelo menos noções de NdC e compreender os debates históricos, principalmente entender como as argumentações em torno deles ocorreram, defendemos uma abordagem contextual, mesmo que indireta, nas aulas de Ciências (DOS REIS; OLIVEIRA; DA SILVA, 2012, p. 1).

O artigo discute, entre outras coisas, a falta de conexão entre o ensino dos modelos atômicos e seus aspectos histórico-sociais e o estudo da radioatividade, como se fossem dois conteúdos diferentes sem qualquer relação, seja ela histórica ou conceitual. Pontuando inclusive que tal fato também ocorre nos cursos de formação de professores de química, e que pode estar aí um dos motivos para a dificuldade destes docentes fazerem a conexão entre os dois temas, associado é claro, ao fato dos livros didáticos mais adotados no ensino médio separarem estes assuntos em séries diferentes.

Concordo totalmente com Dos Reis, Oliveira e Da Silva (2012), na defesa da simultaneidade do ensino de estrutura atômica e radioatividade, sem a qual, parece-me não fazer sentido o estudo dos modelos atômicos, principalmente se não for dado o destaque necessário à História da Ciência. Defendo ainda, que este estudo seja feito na primeira série do ensino médio, onde as bases do ensino da química, são em parte solidificadas, já que o primeiro contato é feito no 9<sup>o</sup> ano do ensino fundamental.

O artigo também faz uma revisão bibliográfica na Revista Química Nova na Escola, em busca de artigos que abordem o tema radioatividade, e destaca pequena presença deste tema nas páginas do periódico.

Fica evidente que a revista poderia contribuir “mais” para o debate sobre a temática em questão e dessa forma contribuindo para que os professores possam abordar a Radioatividade à luz das discussões que ocorreram historicamente. E nesta abordagem colocar em questão, mesmo que indiretamente, ideias sobre NdC. Não se versa, obviamente, afirmar que a culpa pela ausência da abordagem contextual sobre Radioatividade seria atribuída a tal periódico. Trata-se de dizer que este poderia contribuir mais (DOS REIS; OLIVEIRA; DA SILVA, 2012, p. 5).

Barp (2013) começa seu trabalho afirmando que o ensino de Química tem recebido inúmeras contribuições da História da Ciência, e que a própria História da Química tem sido fundamental para contextualizar o conhecimento científico. Assim propõe o ensino da radioatividade através da história da química chamando atenção para as limitações do estudo dos modelos atômicos como é feito e proposto nos livros didáticos. Barp (2013) propõe uma sequência didática segundo as concepções de Zabala (1998) para o ensino da radioatividade partindo da leitura do texto “Como Becquerel não descobriu a radioatividade” do professor Roberto Andrade Martins (MARTINS, 1990). A proposta da autora é apresentar a radioatividade numa perspectiva histórica, e defende que esta forma de aprendizado permite ao aluno a compreensão de que a evolução da ciência é fruto da contínua atividade humana.

É neste contexto que Barp (2013) procura desconstruir a ideia da Química como ciência pronta e propõe a construção da ciência em constante processo de transformação evolutiva; e relata como isso foi exposto pelos alunos após a leitura do texto proposto, entendendo que a descoberta de Marie Curie foi facilitada depois dos erros cometidos por Becquerel.

Ainda em seu artigo, Barp (2013) relata o baixo interesse dos alunos pelo estudo da Química e demais disciplinas da área das Ciências da Natureza, onde é comum atribuir o baixo rendimento destes alunos a sua defasagem em Matemática, embora ela realce que isso pode ser minimizado quando o ensino de Química muda a metodologia para uma abordagem mais direcionada aos conceitos químicos. Outra crítica feita pela autora é sobre os livros didáticos,

que normalmente trazem o estudo da radioatividade de forma descontextualizada e têm contribuído para que os alunos formem concepções errôneas sobre ciência.

Em sua dissertação de mestrado Antiszko (2016) começa abordando o tema radioatividade, sem se aprofundar, mas dando luz a necessidade de melhorar a visão que a sociedade tem do assunto, uma vez que é mais fácil encontrar publicações de notícias negativas do que qualidades da radioatividade, e assim defende o ensino da radioatividade nas escolas.

Assim como estes, existem muitos argumentos que fundamentam a necessidade de que este conteúdo seja trabalhado na escola, e, desta forma possa garantir que os estudantes tenham acesso a esse conhecimento científico, e que tenham a possibilidade de refletir a respeito de suas relações e implicações no meio em que vivem, despertando desta maneira o interesse pelo tema. (ANTISZKO, 2016, p. 13).

No artigo “A Radioatividade no cotidiano: atividade com educandos do ensino médio” Araújo *et al* (2018) começa fazendo uma explanação dos aspectos históricos relacionados a radioatividade e pontuando que ao mesmo tempo que o tema gera curiosidade na população, causa também medo, como pode ser observado nos fragmentos “As pessoas por sua vez, julgam a radioatividade como prejudicial à vida”. (ARAÚJO *et al.*, 2018, p. 161).

A Radioatividade, desde a sua descoberta, provoca curiosidade porque possui uma emanção invisível, oriunda de alguns materiais, podendo ionizar o ar, provocar queimaduras e penetrar completamente diversos objetos. A radioatividade natural está presente de forma integrada em todos os compartimentos do meio ambiente e corresponde a 70% da radiação total a que as pessoas estão submetidas (ARAÚJO *et al.*, 2018, p. 161).

Estas mesmas pessoas, segundo Araújo *et al* (2018), justificam esse medo pelas notícias negativas que são divulgadas todas as vezes que temos um acidente envolvendo a radioatividade.

No entanto, os autores do artigo ressaltam a falta de conhecimento, por parte da população, do que realmente vem a ser esta radioatividade e quais os benefícios produzidos por ela na qualidade de vida da humanidade desde sua descoberta, e sugerem para mudar esse quadro a inserção de atividades pedagógicas, nas aulas de química, que propiciem a construção de um conhecimento que permita a identificação de suas aplicações tecnológicas como está preconizado nos PCNs, além de propor a exploração de centros e museus de ciências como espaços adequados para construção desse conhecimento.

Porém, o trabalho realizado pelos autores foi fazendo uso da Metodologia de Projetos, que foi dividido em seis etapas. Os discentes atendidos eram da primeira série do ensino médio de uma escola pública da cidade de Recife-PE.

Vale salientar que segundo os autores a evolução qualitativa nas respostas sobre o tema foi substancial e que houve uma conexão importante com a visita ao Museu da Radioatividade do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Com o passar dos anos podemos perceber que a temática radioatividade passou a ter um pouco mais de relevância e ganhou espaço em trabalhos interessantes como identificamos na dissertação de mestrado da professora Nara Fernandes Leite da Silva (SILVA, 2019) intitulada “Uma abordagem para o ensino de modelos atômicos e radioatividade a partir da história da ciência”.

Neste trabalho, a autora propõe uma articulação dos conteúdos de Modelos atômicos e Radioatividade que normalmente não encontramos nos currículos e tampouco nos livros didáticos. Ela então faz uma crítica a forma como esses assuntos continuam sendo abordados, mesmo já se discutindo a falta de interdisciplinaridade e contextualização na educação básica há muito tempo, e que estas abordagens estejam preconizadas nos PCNs desde 2002.

A autora fez a opção de uso da História da Ciência como parâmetro contextualizador em seu trabalho, buscando relacionar historicamente cada passo do desenvolvimento científico ocorrido com as características dos cientistas envolvidos em tais processos.

Com a sua utilização podemos desenvolver no aluno o senso crítico do que de fato é o “fazer científico”, mostrar que a ciência é feita por pessoas normais que sofreram influências sociais, políticas e econômicas das épocas em que viviam (SILVA, 2019, p. 15).

Ainda em sua dissertação, Silva (2019) pontua que estes conteúdos são dispostos de maneira distinta nos documentos oficiais da Rede de Ensino do Estado de Minas Gerais, onde o trabalho fora desenvolvido. O estudo de Modelos Atômicos feito na primeira série do ensino médio e a radioatividade, se houver tempo, em algum outro momento como projeto, o que dificilmente irá ocorrer devido a sua facultatividade.

Em relação aos conteúdos de Modelos Atômicos e Radioatividade, o CBC, considera o conteúdo de modelos atômicos como conteúdo básico comum para os alunos do 1º ano do Ensino Médio, já o conteúdo de Radioatividade, é proposto como sugestão a ser trabalhado como projeto em anos subsequentes, se houver tempo (SILVA, 2019, p. 16).

Silva (2019) analisou três coleções de livros didáticos de química do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) em todas as coleções avaliadas apenas o volume 1 traz um breve histórico da radioatividade dentro do capítulo que trata dos modelos atômicos.

Após a análise de como os conteúdos vem sendo abordados, Silva (2019) propôs uma sequência de ensino dividida em 19 aulas, e começou apresentando aos alunos a proposta de trabalho que seria conteúdo da avaliação do terceiro bimestre.

Muito interessante identificar no presente trabalho o interesse dos alunos no conteúdo radioatividade. No momento em que relato as etapas do trabalho que mais atraíram os adolescentes, Silva (2019) cita dois eventos relacionados a radioatividade.

O segundo momento se refere a aula da História da Radioatividade, os alunos se interessaram muito com o assunto, ficando atentos aos slides. Como também adoraram a exposição dos materiais fluorescentes, em que ficaram procurando objetos em seus pertences que pudessem emitir aquela luz (Silva, 2019, p. 84).

E o último momento foi coincidentemente a última aula, em que abordamos um pouquinho mais de radioatividade e a composição dos prótons e dos nêutrons. Nesta aula ficou visível o interesse dos alunos pela temática radioatividade, fizeram várias perguntas sobre o tema, o que foi muito envolvente, no qual não percebemos nem a aula passar (SILVA, 2019, p. 85).

Neste contexto, entendemos que a sequência de ensino alcançou o objetivo pretendido por qualquer educador químico, que é ver seu aluno fascinado por aquilo que aprende e a certeza de que a semente do conhecimento científico crítico e aplicado ao mundo real não só foi plantada como está pronta para germinar.

Na busca por experiências que me apresentem a relação entre os estudos da evolução dos modelos atômicos e a radioatividade, nos deparamos com o trabalho de Silva (2020) que propõe “A construção de histórias em quadrinhos na evolução dos modelos atômicos” segundo os pressupostos da aprendizagem significativa.

As autoras fazem críticas contundentes sobre a forma como o conteúdo “Evolução dos modelos atômicos” é trabalhado, tanto no 9<sup>o</sup> ano do Ensino Fundamental quanto na 1<sup>a</sup> Série do Ensino Médio, em especial na falta de contextualização e o desprezo pelos aspectos históricos relacionados a elaboração de cada modelo.

Para Silva (2020), apesar de o uso de Histórias em Quadrinhos (HQs) ser um grande desafio para muitos educadores, permite que a leitura seja mais prazerosa para muitos alunos que não se interessam por outros gêneros literários.

É nesta perspectiva que o trabalho apresenta uma proposta didática focada na aprendizagem lúdica, que visa permitir ao aluno construir seu conhecimento a partir da compreensão de conceitos básicos e buscando entender como os cientistas constroem seus modelos teóricos, que somente em um segundo momento podem ou não ser confirmados experimentalmente.

O trabalho foi realizado começando pela construção de um mapa mental onde os alunos colocaram ali suas concepções iniciais do átomo. Em seguida os alunos são instigados a descrever e desenhar objetos que estão numa caixa escura.

Acreditamos que esta é a prática que pode desvendar, de forma lúdica, o conceito de modelo científico usado pelos cientistas no estudo do átomo e pode proporcionar excelentes resultados se associada aos pressupostos da Natureza da Ciência (NdC).

Na etapa seguinte do trabalho é que identificamos uma situação incômoda, pois as autoras sugerem o estudo apenas dos quatro modelos atômicos mais comuns nos livros didáticos. Acreditamos que em turmas maiores possa ser feita a divisão em maior número de grupos, possibilitando o estudo de modelos atômicos que foram ignorados nesta etapa do trabalho.

Em determinado momento do trabalho, os alunos devem responder perguntas que irão nortear o aprendizado, e a pergunta que mais nos chamou atenção foi a pergunta 2 feita para o grupo que estudou o Modelo atômico de Rutherford.

“2. Qual a importância da radioatividade (1896) e a do próton (1904) para o desenvolvimento do modelo atômico de Rutherford?” (SILVA, 2020, p. 258).

Depois de responderem os questionários os alunos já tinham a base conceitual para confecção e apresentação de suas HQs.

Interessante observar que cada grupo só trabalhou com um tema (modelo atômico), e após a confecção de um novo mapa mental o professor pôde observar quais os conhecimentos que foram adquiridos na realização da atividade e quais assuntos precisaram ser mais bem trabalhados.

Silva (2020), fazem no final de seu trabalho, a apresentação de uma HQ sobre os modelos atômicos de Thompson e Rutherford e mais uma vez destaca a importância da descoberta da radioatividade para os trabalhos de Rutherford.

Em Lopes e Herbst (2022) foi feita uma revisão bibliográfica buscando identificar trabalhos que relacionam o estudo da estrutura atômica e a radioatividade, e foi perceptível o aumento do número de trabalhos publicados que fazem esta relação, no entanto, foi possível concluir que tais atividades ainda são muito incipientes. Nesta revisão bibliográfica fiz também uma análise do currículo adotado pela Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro, e vi ainda muitas inconsistências quanto a aplicação das propostas apresentadas, e lamento que o

estudo da radioatividade continua sendo deixado em segundo plano, e quando, por ventura, é realizado sem fazer qualquer referência à estrutura atômica.

## **4. NATUREZA DA CIÊNCIA**

### **4.1 O que é Natureza da Ciência**

Há pelo menos 4 décadas que pesquisadores de diferentes áreas da ciência buscam propor aulas de ciências que ultrapassem ao tradicional processo de ensino-aprendizagem de conceitos científicos, mas que proporcionem também a compreensão da natureza desses conceitos. Desta forma Moura (2008) define Natureza da Ciência (NdC) como:

Natureza da ciência compreende questões sobre a existência de um método científico, as influências de contextos sociais, culturais, religiosos, políticos, entre outros no desenvolvimento, aceitação ou rejeição de ideias científicas, o papel da imaginação na elaboração de teorias e hipóteses, os erros e acertos cometidos pelos cientistas ao longo de suas atividades e muitos outros. (MOURA, 2008)

No entanto, Porra, Sales e Silva (2011) destacam que a NdC, além de poder levar o discente a compreender a construção do conhecimento científico, como algo dinâmico, chama atenção para o fato de a própria NdC possuir concepções mutáveis e que acaba por não permitir que filósofos, historiadores da ciência, cientistas e educadores construam um consenso sobre sua definição. Para Barbosa e Aires (2018) o aprofundamento na busca por uma definição para o próprio conhecimento científico, passa por caracterizá-lo segundo aspectos consensuais da própria NdC, e tal ocorrência poderia ser o caminho para aulas mais interessantes e desta forma, capazes de prender a atenção dos alunos e conseqüentemente aumentar as chances deste aluno conseguir construir com bases sólidas o seu conhecimento a respeito do tema estudado.

De Carvalho, Do Nascimento e Da Cruz Silva (2017) pontuam, no entanto, que o conceito de NdC, apesar de não ser consensual, é amplo e abarca muitos aspectos.

O que é ciência, seu funcionamento interno e externo, como se constrói e se desenvolve o conhecimento produzido, os métodos empregados para se validar e difundir este conhecimento, os valores implicados nas atividades científicas, as características das comunidades científicas, os vínculos com a tecnologia, as relações da sociedade com o sistema tecnocientífico e, vice-versa, as contribuições deste à cultura e aos progressos da sociedade (DE CARVALHO; DO NASCIMENTO; DA CRUZ SILVA, 2017).

Barbosa e Aires (2018) ressaltam o nobre papel da NdC de desconstruir uma imagem cristalizada nos livros didáticos onde os cientistas são retratados como homens e mulheres especiais que em alguns momentos são iluminados e fazem então grandes descobertas. Os

autores destacam ainda a importância da NdC para apresentar ao aluno todo o processo do fazer científico e não só os resultados positivos de sua construção.

Dentro desta perspectiva, destaco que o ensino segundo os pressupostos da NdC encontra amparo na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), quando no item 1 das **COMPETÊNCIAS GERAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA** diz:

Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva. (BRASIL, 2018)

Para Barbosa e Aires (2018) existem obstáculos importantes a serem superados neste processo, uma vez que, não existe uma “forma correta” para ensinar segundo os pressupostos da NdC e principalmente porque nos cursos de formação de professores este tema é desprezado. Assim, para que possamos ter uma real mudança na forma de ensinar ciências, precisamos primeiro mudar a forma como nossos professores de ciências são formados. Porra, Sales e Silva (2011) destaca a necessidade de reformulação dos cursos de licenciatura, permitindo a este profissional em formação um ganho substancial em sua capacidade de articular os conhecimentos científicos já estabelecidos com seus processos de desenvolvimento.

[...]os cursos de formação de professores de ciências geralmente se atêm a disciplinas sobre conteúdos específicos e fundamentos teóricos e práticos da educação, prescindindo muitas vezes de ensinar sobre a natureza do conhecimento científico. Para mudar o modo como a ciência é ensinada uma das alternativas é preparar os professores para que eles próprios entendam melhor sobre a natureza da ciência. Isso pode ser feito, entre outras coisas, pela inclusão de disciplinas com conteúdos históricos e filosóficos na formação inicial ou continuada (PORRA; SALES; SILVA, 2011).

Importante salientar que Porra, Sales e Silva (2011) fizeram uso de um questionário internacional para acessar concepções sobre NdC em licenciandos de duas universidades públicas brasileiras, USP (Universidade de São Paulo) e UFTM (Universidade Federal do Triângulo Mineiro), e constataram a necessidade de adaptação do questionário aplicado para que as perguntas pudessem ser compreendidas pelos pesquisados, em especial os da UFTM, que eram alunos da disciplina Introdução à Ciência no primeiro semestre de diferentes licenciaturas.

Desta forma, pode haver um problema na interpretação das respostas já que o pesquisador possui maior maturidade sobre os temas abordados. Como discussões sobre ciência ainda não são comuns na sala de aula é provável que eles não estejam familiarizados com esse tipo de pergunta uma vez que nunca pararam para pensar sobre essas questões. Como consequência não conseguem expressar suas respostas de forma coerente, dificultando a interpretação por parte dos pesquisadores (PORRA; SALES; SILVA, 2011).

## 4.2 A Natureza da Ciência e o Ensino de Química

A interação da NdC e o ensino de química vem sendo destacada como possibilidade de melhora na aceitação do estudo da química por parte das novas gerações de alunos, bem como possível ferramenta no aumento da qualidade das aulas de química, possibilitando um aprendizado mais reflexivo, crítico e por fim mais completo. É neste contexto que a BNCC (BRASIL, 2018), vem abrir espaço para que possamos fazer os planejamentos da disciplina de química para os anos finais da Ensino Fundamental e Ensino Médio pautando os conteúdos segundo as concepções da NdC.

É importante destacar que aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais. Nessa perspectiva, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018).

Em outro ponto da BNCC, fica ainda mais clara a percepção de que a NdC deve ser ensinada concomitante ao ensino dos conteúdos de ciências.

[...]a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura (BRASIL, 2018).

Barbosa e Aires (2018) destacam a relevância de discussões da NdC no Ensino de Química, uma vez que, todos os dias os alunos são ensinados sobre o tema em sala de aula.

O professor, ao ensinar Ciência ao aluno, a apresenta de acordo com alguma concepção de NdC, e assim, o objetivo de se introduzir a NdC nas escolas é que ela tenha um nível de generalidade que a torne relevante ao Ensino (BARBOSA; AIRES, 2018).

E assim, o ensino de química precisa ser visto como um processo em construção contínua e que cada educando traz em si uma porção de tudo o que ele já viveu até aquele momento, e que assim cada etapa do processo ensino-aprendizagem é naturalmente carregada das influências deste aprendizado anterior. Barbosa e Aires (2018) pontuam que a compreensão da NdC permite que os discentes adquiram visões mais apropriadas da prática científica e podem, por fim melhorar a percepção destes alunos, aumentando seu interesse à ciência, dando sentido ao mundo, fazendo sua própria interpretação e compreendendo-o de maneira crítica e autônoma.

## 5. ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA RADIOATIVIDADE

A busca por uma forma de aprender que seja ao mesmo tempo mais global e prazerosa, nos levou a entender que a associação de diferentes metodologias poderia nos conduzir a identificação dos conhecimentos pré-existentes e posteriormente nos permitir oportunizar um aprendizado mais autônomo e focado no aluno e não necessariamente no conteúdo, sem nos afastar do tema principal do estudo. Desta forma, Martins A. (1990) reforça a necessidade de conhecermos a história para uma melhor compreensão da ciência.

Sem a História, não se pode também conhecer e ensinar a base, a fundamentação da Ciência, que é constituída por certos fatos e argumentos efetivamente observados, propostos e discutidos em certas épocas. Ensinar resultados sem a fundamentação é simplesmente doutrinar e não ensinar ciência. (MARTINS A., 1990)

Nesta perspectiva, busquei associar o uso de um questionário estruturado, a leitura de um artigo científico, a visualização de um vídeo e as rodas de conversa, para construir uma sequência didática que possibilitasse o aprendizado de forma mais ampla onde o aluno encontrava-se no centro do processo e assim pode construir seu conhecimento com base em suas vivências.

### 5.1 Metodologia

Nesta etapa da dissertação, busquei sustentação em Zabala (1998), para propor uma sequência didática. No entanto entendi que seria qualitativamente produtivo, dividi-la em três momentos distintos, com a inserção de rodas de conversa, em pontos específicos, sejam eles, após a leitura do texto e após assistir o vídeo, para que pudéssemos identificar, qualitativamente o avanço ou não do grau de conhecimento dos alunos sobre o tema radioatividade. Os três momentos foram: a resposta ao formulário *Google*, a leitura do artigo científico e a apreciação do vídeo do *You Tube*.

A pesquisa foi realizada, no segundo semestre de 2022, com 76 alunos do Colégio Estadual Barão de Tefé, localizado no bairro de Campo Lindo em Seropédica, região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro. Os alunos eram de duas turmas (1001 e 1003) da 1ª Série do Ensino Médio Técnico em Administração com ênfase em Empreendedorismo, salientando que os alunos matriculados neste curso possuem um currículo que contempla aulas em tempo integral, ou seja, das 7 horas da manhã às 16:50 horas da tarde.

Além das disciplinas básicas do currículo, estas turmas tem uma parte diversificada com aulas de projeto de vida e Projeto de Intervenção e Pesquisa.

As turmas escolhidas para realização da pesquisa eram de alunos que, em sua maioria, cursaram o Ensino Fundamental II em escolas das redes públicas municipais de Seropédica e Nova Iguaçu e vinham de dois anos de aulas remotas, necessárias por conta da pandemia de COVID-19, então busquei associar diferentes metodologias de ensino e pesquisa, e como nossa pesquisa teve caráter de intervenção na prática pedagógica (Damiani *et al*, 2013), fiz uso de uma pesquisa qualitativa, com a técnica de aplicação de um questionário construído com a ferramenta de formulários *on line* do *Google*, ancorados em Moran (1995), certos de que esta tecnologia seria a ferramenta adequada, pois não possui custo, é dinâmica, atrativa, rápida e capaz de traçar um diagnóstico do processo de ensino-aprendizagem.

As tecnologias nos ajudam a realizar o que já fazemos ou desejamos. Se somos pessoas abertas, elas nos ajudam a ampliar a nossa comunicação; se somos fechados, ajudam a nos controlar mais. Se temos propostas inovadoras, facilitam a mudança (MORAN, 1995, p. 27-28).

### **5.1.1 Questionário com Formulário *Google***

A primeira etapa do trabalho foi iniciada no dia 28 de julho de 2022, onde os alunos receberam os esclarecimentos, dentro do que Campinas e De Barros (2006) sugerem para um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido *on line* (TCLE), de que o presente trabalho era parte de minha dissertação de mestrado, que as participações eram facultativas, não valeriam qualquer pontuação e que suas falas nas rodas de conversa poderiam ser usadas, em artigos e/ou publicações científicas. Foram também informados que seus nomes não seriam revelados e suas respostas não seriam associadas aos seus nomes.

Neste mesmo dia foi feita a disponibilização, por meio dos grupos de *WhatsApp* das turmas, do link do formulário *Google* com 15 perguntas (apêndice 1), onde em sua parte superior havia o TCLE, para que eu pudesse averiguar o nível de conhecimento que eles possuíam do assunto. Nesta etapa, usei 1 tempo de aula (50 minutos) para esclarecimentos e mais 1 tempo de aula (50 minutos) para que pudessem responder ao formulário proposto, as respostas foram recebidas *on line* e armazenadas para análise posterior.

Vale salientar que, por se tratar da primeira semana de aulas após o recesso escolar alguns alunos não estavam presentes em sala de aula, mas receberam os esclarecimentos e o formulário por *WhatsApp* e dispuseram de um pouco mais de tempo para responde-lo.

### **5.1.2 Leitura do Artigo Científico**

A propositura da leitura de um artigo científico relacionado ao tema, e em especial segundo as concepções da NdC, deveu-se em particular, ao atendimento ao que está preconizado na BNCC como uma das habilidades a serem adquiridas por alunos do ensino médio.

Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (BRASIL, 2018).

Assim, no segundo momento, que teve início no dia 01 de agosto de 2022, os alunos receberam uma cópia impressa do texto “Como Becquerel não descobriu a radioatividade” (Martins V., 1990), para que tivessem um maior contato com o tema, vale salientar que o texto foi editado para que termos que pudessem trazer dificuldade de compreensão fossem suprimidos. Os alunos dispuseram de três dias para leitura do texto, e foram orientados a fazer um resumo para uso próprio e que eles pudessem posteriormente fazer uma releitura do mesmo.

Concordando com Barp (2013), entendo que este artigo possibilita a construção do conhecimento norteada por uma perspectiva histórica e alicerçada nos pressupostos da NdC. Assim, os alunos teriam a oportunidade de compreender a química como uma ciência em constante evolução e como erros e acertos do passado podem contribuir neste processo evolutivo, sem que seja necessário atribuir valor de importância para esse ou aquele trabalho realizado.

Então, no dia 04 de agosto de 2022, antes de começar a terceira e última parte da sequência didática, fizemos uma roda de conversa, que durou aproximadamente 20 minutos, para sondar o que de informações eles já haviam assimilado e quais as impressões a respeito do tema radioatividade.

### **5.1.3 Apresentação do Vídeo: O QUE É RADIOATIVIDADE?**

Para terceira parte da atividade, realizada no dia 04 de agosto de 2022, fiz a escolha do uso de um vídeo, que segundo Morán (1995), é uma prática normalmente associada a lazer e entretenimento, o que facilita o processo de aprendizagem. Para Morán (1995) o vídeo permite que o aluno seja alcançado em todos os seus sentidos, e desta forma facilita o processo de ensino-aprendizagem.

O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não-separadas. Daí a sua força. Somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços (MORÁN, 1995, p. 28).

Outro fator que me levou a escolha do uso de vídeo foi o pouco tempo disponível para a atividade, recurso este defendido por Arroio e Giordan (2006) como ferramenta adequada nestes casos.

Neste contexto, foi escolhido o vídeo O QUE É RADIOATIVIDADE? do You Tube no Canal Fala Cientista (<https://www.youtube.com/watch?v=rFe7SCs5ENE>). O vídeo possui 10 minutos de duração e aborda desde o conceito da radioatividade, passa por seus principais usos, e fala de acidentes nucleares, chamando atenção especialmente para os acidentes de Chernobyl e Goiânia, considerado o maior acidente nuclear do mundo ocorrido fora de instalações de usinas nucleares. Em seguida, tivemos uma segunda roda de conversa, essa de aproximadamente 30 minutos, para mais uma vez poder verificar o grau de compreensão que eles passaram a ter do tema.

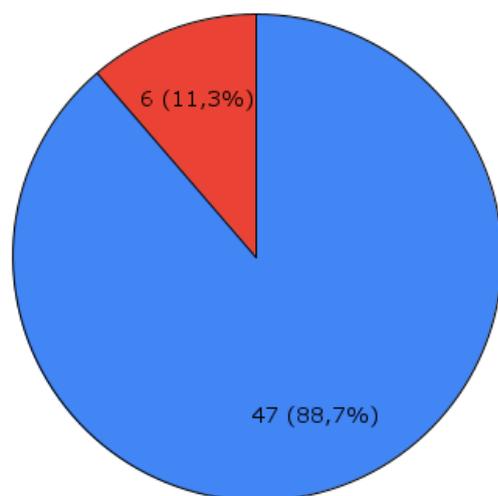
## **6. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Para que pudesse mitigar a influência de uma etapa do trabalho na outra, após a disponibilização dos textos, os formulários não aceitaram mais respostas. Desta forma, obtive um total de 53 respostas ao formulário. No entanto, independentemente de ter respondido ou não ao formulário, todos puderam participar das etapas seguintes.

Dos 53 alunos que responderam ao formulário, 88,7% (47 alunos) (figura 2) disseram que já ouviram falar em radioatividade, no entanto ao serem perguntados se seriam capazes de definir radioatividade (figura 3), apenas 11 alunos responderam afirmativamente, e destes apenas 8 efetivamente deram uma definição válida.

**1) Você já ouviu falar em Radioatividade?**

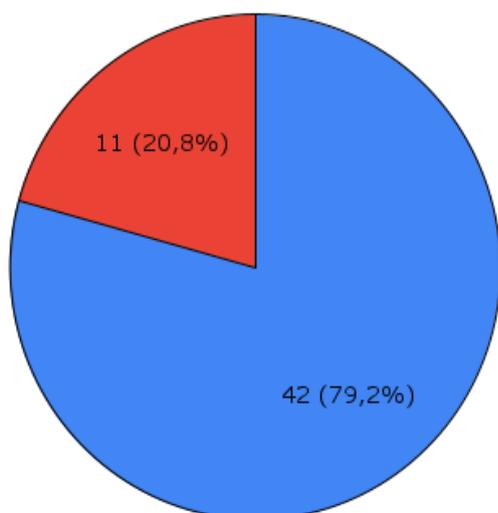
- SIM
- NÃO



**Figura 2** Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 1

**3) Você consegue definir Radioatividade?**

- NÃO
- SIM



**Figura 3** Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 3

Apesar de 11 alunos terem respondido que seriam capazes de definir radioatividade, ao lermos as respostas, concluímos que poucos efetivamente sabiam o que é a radioatividade (figura 4). Vale ainda, salientar que há uma visão negativa da radioatividade mesmo entre aqueles que dizem conhecer, em especial quando a definem como “algo tóxico”.

Em caso positivo, defina Radioatividade abaixo:

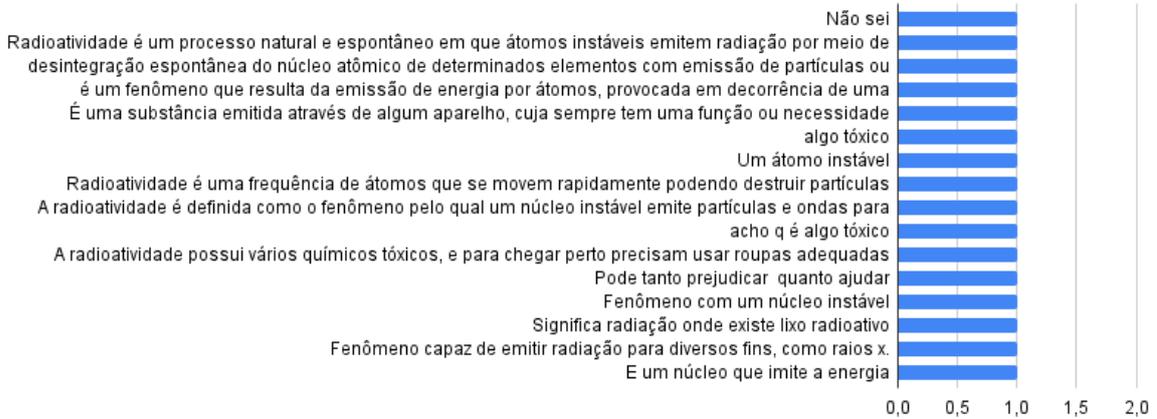


Figura 4 – Figura com a Resposta à segunda parte da pergunta 3

Talvez isso se explique pela forma com que este aprendizado tem acontecido, na figura 4, onde temos as respostas à pergunta número 2, aproximadamente 80% dos alunos responderam ter tido algum contato com o tema radioatividade em atividades não-formais de aprendizagem, seja TV ou internet, o que me indica o importante papel de tais tecnologias, mas sem, no entanto, contar com a supervisão de um profissional que possa estar fazendo as devidas ponderações.

2) Se você respondeu SIM, onde você ouviu falar?

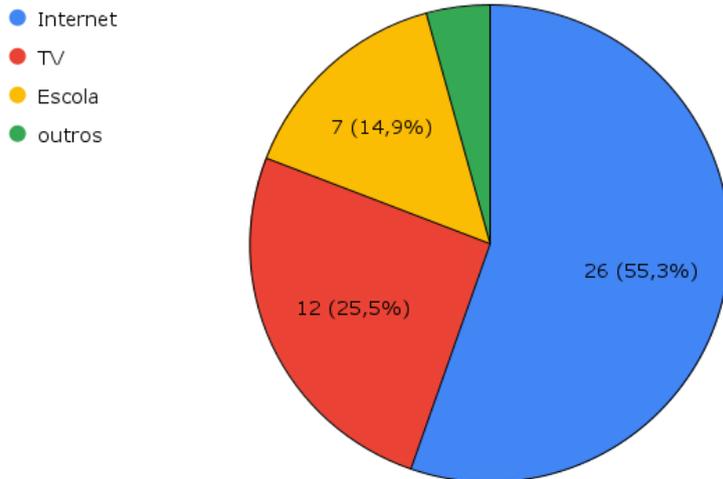


Figura 5 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 2

Outro indicativo da superficialidade do conhecimento dos alunos a respeito do tema radioatividade é demonstrado quando perguntados se conheciam algum cientista que tenha sido

importante para descoberta da radioatividade, onde apenas 10 responderam que sim e curiosamente os cientistas citados foram apenas Becquerel e Marie Curie e Pierre Curie.

4) Você conhece algum cientista que tenha sido importante para descoberta da Radioatividade? Quem?

- Não
- Henri Becquerel
- Marie Curie
- O casal Marie e Pierre Curie...

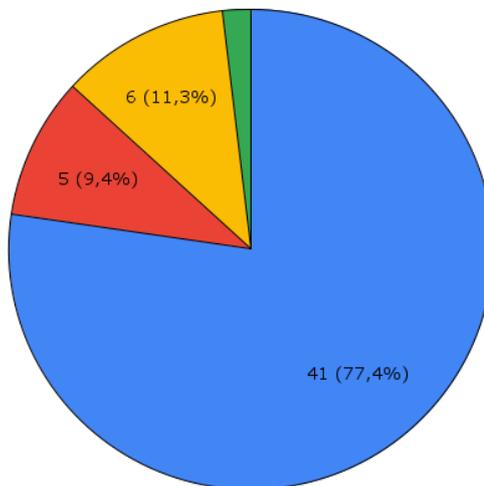


Figura 6 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 4

Ao serem questionados se conseguiriam reconhecer o símbolo que identifica substâncias radioativas, 66%, ou seja 35 alunos, foram capazes e os outros 18 alunos não tiveram condições de fazer a identificação. O símbolo errado que mais foi escolhido foi a símbolo da reciclagem.

5) Você consegue identificar qual dos símbolos abaixo é usado para identificar substâncias radioativas?

- Símbolo B
- Símbolo A
- Símbolo C

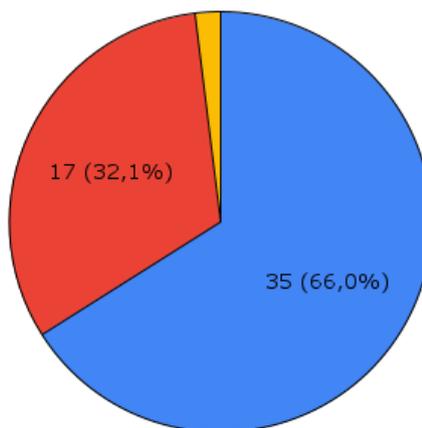


Figura 7 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 5

Na questão 6 pedimos que eles escolhessem entre três opções, qual o primeiro sentimento ao ouvir falar de radioatividade, e 58,5% (31 alunos) disseram ser indiferente, nem

bom, nem ruim, 37,7% (20 alunos) indicaram um ter um sentimento ruim, negativo e apenas 3,8% (2 alunos) escolheram a opção que sinalizava um sentimento bom, positivo.

6) Quando você ouve falar de Radioatividade, seu primeiro sentimento é:

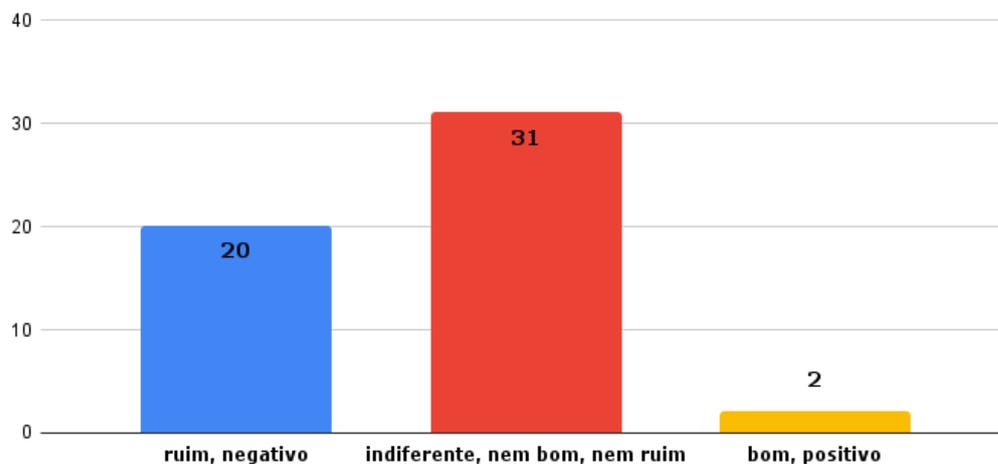


Figura 8 Gráfico em números absolutos das respostas à pergunta 6

Podemos atribuir ao baixo nível de conhecimento da radioatividade por parte dos alunos o elevado número de alunos que possuem um sentimento negativo quando nos referimos ao tema, em especial quando associamos este dado ao número de alunos que sequer sabem o que é radioatividade, embora já tenham ouvido falar.

Buscando aprofundar um pouco nos conhecimentos que eles possuíam sobre radioatividade, perguntamos se eles sabiam os efeitos que a radioatividade pode causar no ser humano e 54,7% (29 alunos) responderam que não e 45,3% (24 alunos) responderam sim.

7) Você sabe dizer quais efeitos que a Radioatividade pode causar no ser humano?

- SIM
- NÃO

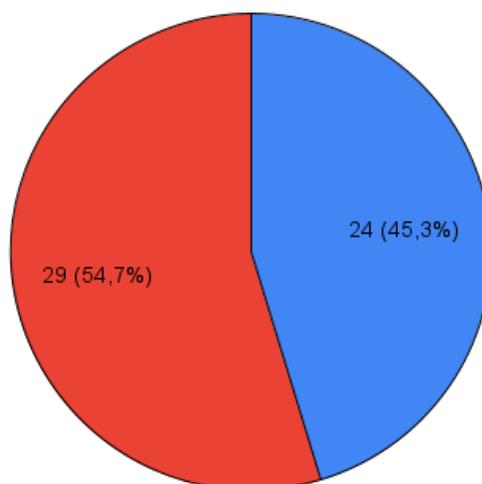


Figura 9 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 7

Os que responderam que sabiam (figura 10), foram solicitados a indicar quais são estes efeitos, e então percebemos que tais conhecimentos se encontram difusos, e a resposta que mais apareceu foi câncer e queimaduras na pele.

Para os que responderam sim, escreva sobre os efeitos.

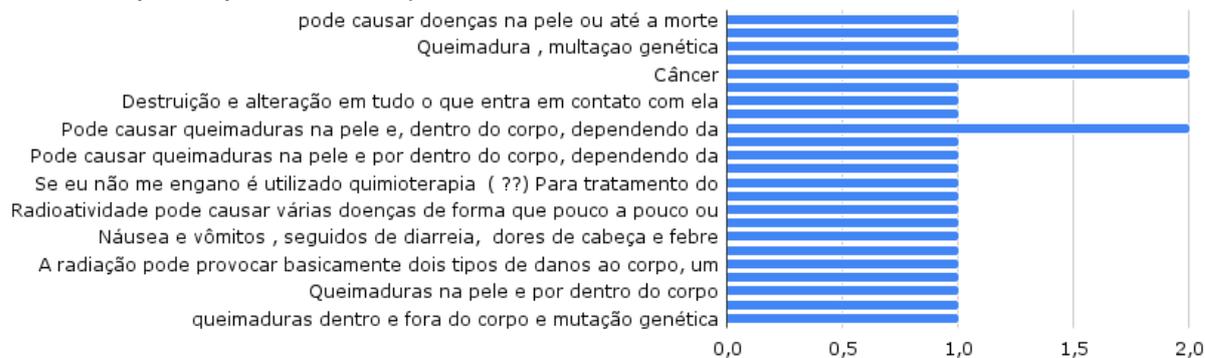


Figura 10 – Figura com a Resposta à segunda parte da pergunta 7

Os alunos foram questionados se já haviam ouvido falar em elementos químicos radioativos, e 54,7% (29 alunos) responderam negativamente e 45,3% (24 alunos) responderam positivamente (Figura 9).

8) Você já ouviu falar em elementos químicos radioativos?

- SIM
- NÃO

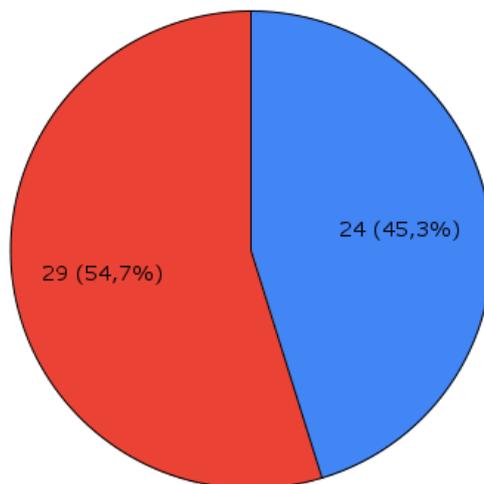


Figura 11 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 8

Interessante destacar que aqueles que responderam conhecer elementos radioativos, efetivamente conheciam as características destes elementos, como pode ser constatado pelas respostas obtidas na pergunta de número 9 (Figura 10).

9) Se você respondeu SIM, marque a(s) opção(ões) que melhor define(m) elementos químicos radioativos.

- São elementos que emitem altos níveis de radiação através de seus núcleos
- São elementos que possuem partículas radioativas como alfa, beta e gama
- Todo elemento no qual em sua forma instável possa emitir radiação
- Elementos que tem radiação em suas estruturas

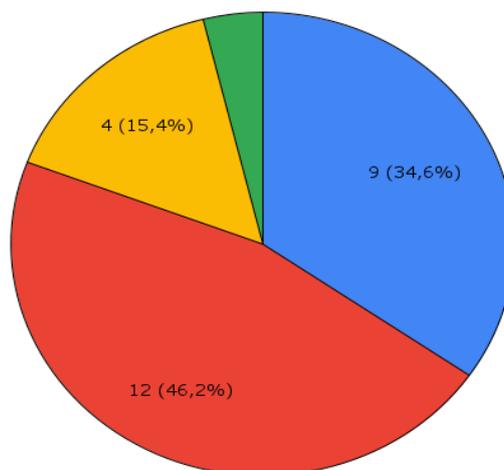


Figura 12 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 9

A pergunta que obteve maior percentual de acertos foi se eles já haviam ouvido falar em energia nuclear, na qual 96,2% responderam que sim (Figura 11).

10) Você já ouviu falar em Energia Nuclear?

- SIM
- NÃO

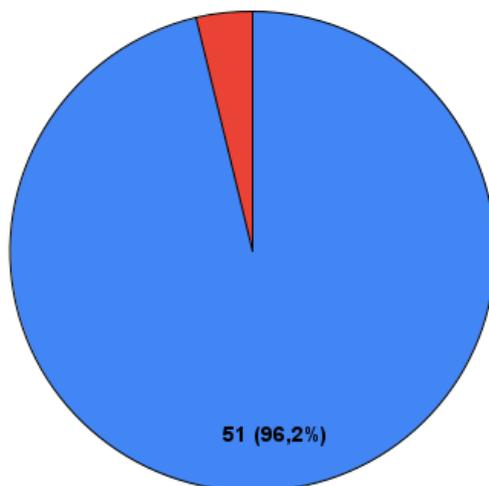


Figura 13 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 10

Este dado é importante, e ganha maior destaque quando associado à informação da fonte deste conhecimento, que mais uma vez destaca a importância dos meios digitais no processo de difusão do conhecimento científico. Na Figura 12 podemos verificar tais dados quando perguntados onde ouviram falar, 74,6% disseram que foi na TV ou na internet e 25,5% disse ter sido na escola, no entanto destacamos que tal conhecimento não ensinado nas aulas de química, uma vez que, o questionário foi aplicado antes de qualquer explanação sobre o assunto.

11) Se você respondeu SIM, onde você ouviu falar?

- Internet
- TV
- Escola

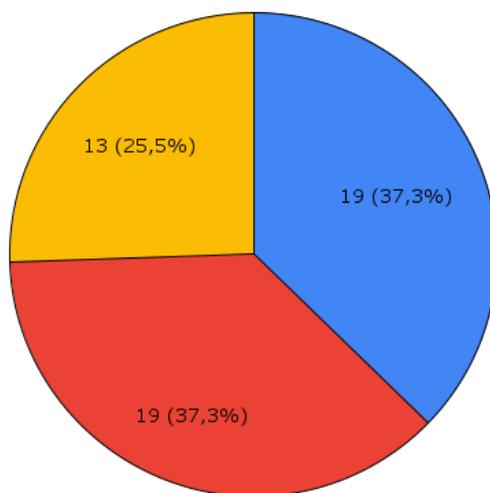


Figura 14 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 11

Outro dado que chamou atenção foi o número de alunos que respondeu não ter ouvido falar das Usinas Nucleares existentes na cidade de Angra dos Reis, no litoral sul fluminense, 43,4% (Figura 13). As Usinas ficam a aproximadamente 140 km do Colégio Estadual Barão de Tefé.

12) Você já ouviu falar nas Usinas Nucleares de Angra 1 e Angra 2?

- NÃO
- SIM

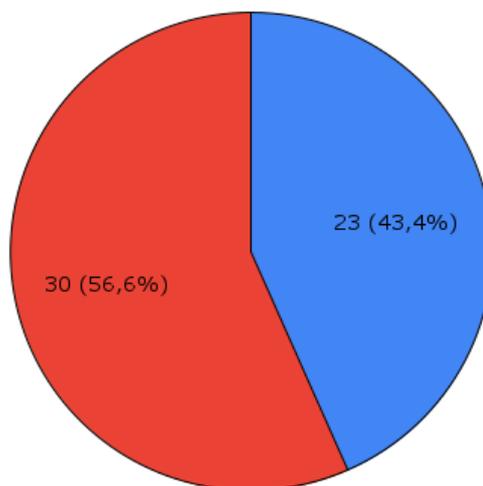
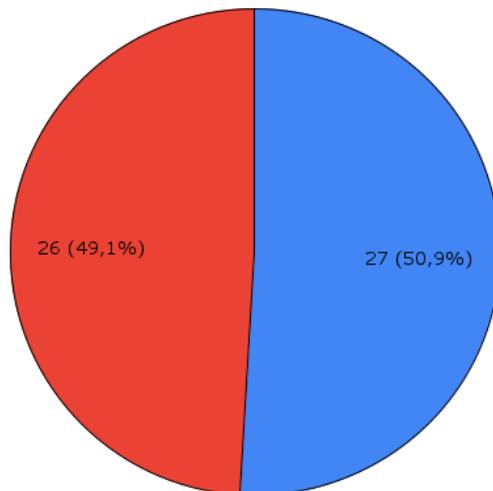


Figura 15 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 12

Curiosamente 50,9% (Figura 16) disseram que as usinas não colocam a vida de quem mora em Seropédica em risco, justificando para isso o fato de acreditar que haja um plano de contingência para proteger os moradores das cidades próximas, ou que Seropédica é longe de Angra dos Reis ou até mesmo dizendo que não há possibilidade de ocorrer acidentes.

13) Você acha que elas colocam a vida de quem mora em Seropédica em risco?  
Por que?

● NÃO  
● SIM

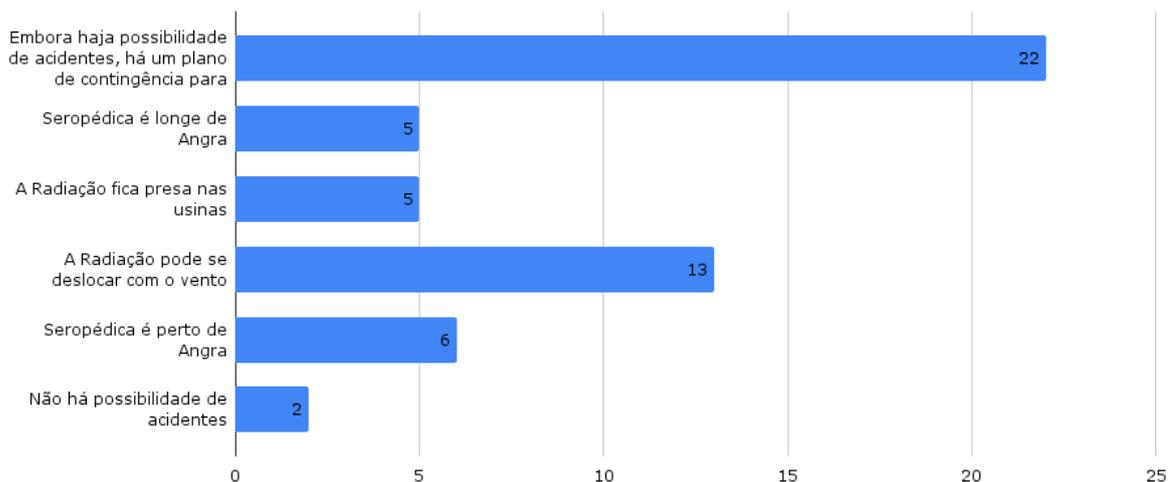


**Figura 16** Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 13

No entanto, um grupo significativo de alunos (49,1%) disse achar que os moradores de Seropédica estão em risco em caso de acidente nas usinas.

Como justificativa disseram que as usinas são próximas à Seropédica ou que a radiação pode se deslocar com o vento (Figura 17).

Por que?



**Figura 17** Gráfico em números absolutos das respostas à pergunta 13

Embora apenas 2 alunos tenham dito, na pergunta anterior, não haver possibilidade de acidentes nucleares, 62,3% declararam já terem ouvido falar de algum acidente desta espécie.

#### 14) Você já ouviu falar de algum acidente nuclear?

- NÃO
- SIM

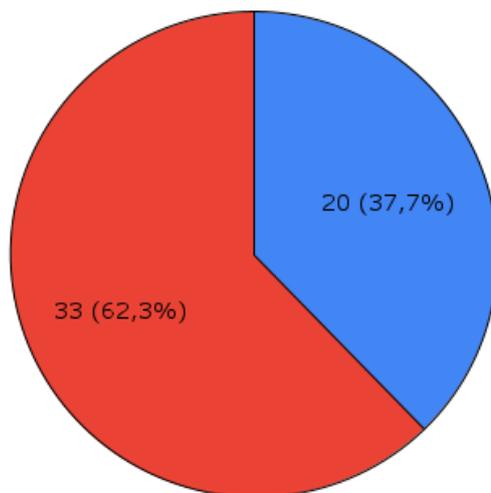


Figura 18 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 14

Chamou nossa atenção o fato deles terem maior lembrança do acidente de Chernobyl que do acidente nuclear ocorrido com césio-137 em Goiânia, capital do estado de Goiás em 1987, como pode ser observado na Figura 19.

#### Se sim, Qual?

- Não lembro
- Chernobyl e o césio-137
- Chernobyl
- Não lembro mas já ouvi falar sobre um acidente na usina nuclear
- Césio
- Não sei

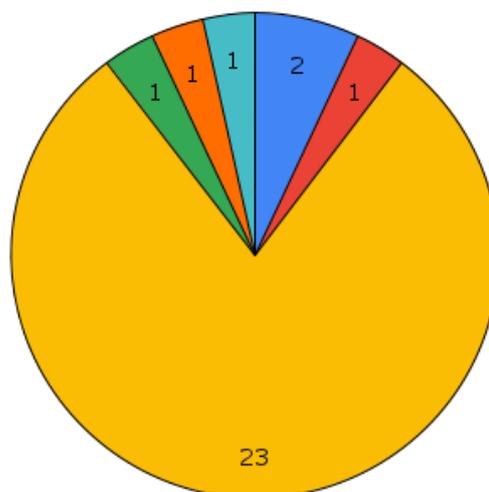


Figura 19 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 14

Com o intuito de compreender melhor o nível de conhecimento dos alunos a respeito do uso da radioatividade, e até mesmo, apresentar uma aplicação interessante para a radioatividade, nós os questionamos se comeriam um alimento sabendo que ele fora esterilizado com radiação, e as respostas foram reveladoras (Figura 20).

15) Você comeria um alimento sabendo que ele foi esterilizado com radiação? Por que?

- NÃO
- SIM

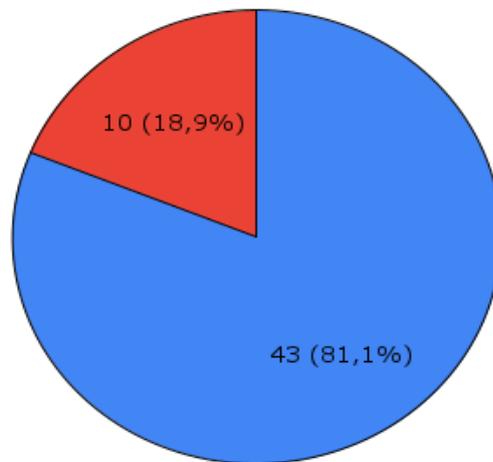


Figura 20 Gráfico em porcentagem das respostas à pergunta 15

Dos 53 alunos que responderam, 43 disseram que não comeriam e justificaram alegando que tais alimentos ficam contaminados e que passam a ser radioativos.

Por que?

- Os alimentos passam a ser radioativos
- Embora sejam expostos a radiação, eles não se tornam radioativos
- Os alimentos ficam contaminados
- Os alimentos ficam mais saudáveis

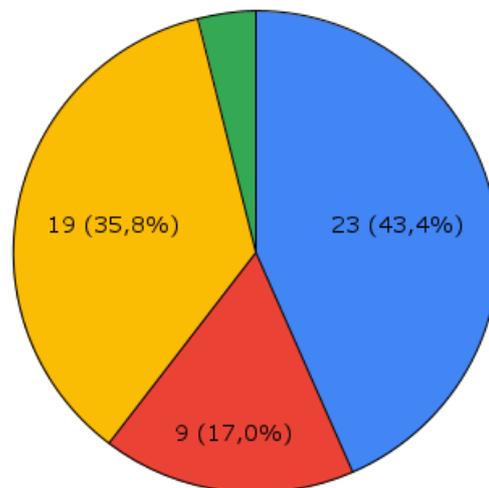


Figura 21 Gráfico em números absolutos das respostas à pergunta 15

## 6.1 Rodas de Conversa

A escolha desta metodologia para permear a SD aplicada, se deu por entendermos que assim poderíamos ter uma percepção melhor do grau de compreensão que os alunos estavam conseguindo ter do assunto estudado, onde a “roda de conversa é um recurso que possibilita um

maior intercâmbio de informações, possibilitando fluidez de discursos e de negociações diversas entre pesquisadores e participante” (MELLO *et al*, 2006).

Outro ponto interessante das rodas de conversa e destacado por De Figueirêdo e De Queiroz (2012), é que no processo dialógico as pessoas podem apresentar seus posicionamentos a respeito do tema e ouvir o posicionamento dos demais, mesmo que contraditórios e desta forma tem a oportunidade, por meio de um exercício de pensar compartilhado compreender o assunto discutido.

Apesar da dificuldade de leitura, em especial, por falta de familiaridade com o vocabulário, eles leram o texto e foram apresentando, durante a conversa, suas impressões do haviam lido.

As rodas de conversa ocorreram, no auditório da escola, em dois momentos distintos: uma após a leitura do texto e a outra após assistir ao vídeo. As conversas foram gravadas com aparelho de celular e eles foram avisados de que embora houvesse a gravação suas falas não seriam identificadas e aqueles que não desejassem falar poderiam apenas ouvir a conversa.

Na primeira roda de conversa, realizada após a leitura do texto “Como Becquerel não descobriu a radioatividade” algumas falas foram mais marcantes, uma vez que ressaltaram a humanidade do cientista, como no trecho: “Ele (Becquerel) era de uma família de gente inteligente” (aluno 1) e também na pergunta: “Eles precisam apresentar suas pesquisas e convencer os outros de que estão falando a verdade?” (aluno 2).

Outra observação que pôde ser feita, é que, como o título do artigo só fazia referência a Becquerel e a radioatividade, estes foram os temas mais lembrados na primeira roda de conversa, dando margem inclusive para algumas perguntas a respeito dos protocolos adotados na prática científica, levando o aluno 3, que ficou curioso, a querer saber se um cientista pode usar o trabalho de outro cientista, e se um não ficava chateado com o outro: “A Marie usou o trabalho do Becquerel e ganhou toda fama, pode fazer isso?” (aluno 3), aí um outro aluno (aluno 4) emendou, “e ainda ganhou prêmio Nobel!”

Vale salientar que uma aluna se mostrou mais atenta à discussão que propunha o texto e disse: “O Becquerel não descobriu a radioatividade, o texto fala que foi a Marie e seu marido, mais ele ajudou” (aluna 1).

Outro ponto interessante levantado pelo aluno 1, foi quanto ao trabalho dos cientistas, quando ele chama a atenção para uma parte do texto que relata que Becquerel, passadas duas semanas publicava outro trabalho, este aluno perguntou: “Professor, essas pesquisas não são

difíceis? Dá pra fazer outro trabalho tão rápido, duas semanas é pouco tempo? Ele não dormia?”, neste momento o aluno 3 falou: “o laboratório era do pai dele, acho que ele só fazia isso, acho que ele não trabalhava”. Vale salientar que esta última fala reproduz um discurso de parte da sociedade que não considera o trabalho intelectual como trabalho, como eu mesmo já fui questionado por mais de uma vez se eu não trabalhava, só dava aulas. Konflanz e Sheid (2018) mostram que esta visão equivocada, não apenas do ser cientista, bem como, do fazer ciência, é encontrada também entre professores que talvez por isso não abordam questões de natureza da ciência em suas aulas.

A leitura do texto mostrou-se importante, em especial por que alguns alunos conseguiram identificar no texto respostas para perguntas que haviam sido feitas no questionário. Durante a roda de conversa eu os perguntei se, após a leitura do texto, eles haviam encontrado respostas para perguntas que eles não sabiam, e então alguns disseram: “ eu não sabia de elementos radioativos, agora sei que o urânio é” (aluno 5). Um outro (aluno 7) disse: “ eu nem sabia o que era esse negócio de radioatividade, agora sei que tem a ver com radiação”.

Em um determinado momento da conversa eu perguntei a eles se percebiam alguma relação entre a radioatividade e o estudo da estrutura atômica que havíamos feito poucos dias antes, e para minha surpresa, apenas dois alunos disseram que “a radioatividade tem a ver com energia nuclear, então deve ser alguma coisa do núcleo” (aluna 2 e aluno 6).

Na segunda roda de conversa, após assistir o vídeo, foi um misto de surpresa e espanto. A primeira fala foi “ agora minhas dúvidas foram tiradas! ” (aluna 4), em seguida um outro aluno (aluno 8) falou “essa Marie é mesmo brabona” e para minha surpresa uma aluna (aluna 3) perguntou “professor que qui é esse negócio de Nobel?”. Um outro menino (aluno 3) começou sua participação dizendo “eu entendi que radiação pode ser bom e pode ser ruim”, logo uma colega (aluna 5) dele o interrompeu e disse “só vi coisa ruim, morte de gente, queimou a cidade toda” se referindo ao acidente nuclear em Chernobyl.

Interessante observação feita por um aluno (aluno 2) “parece que o vídeo foi feito para responder as perguntas do questionário”, embora o formulário tenha sido confeccionado antes da escolha do vídeo que seria usado na sequência didática realizada. Foi após assistir o vídeo que alguns alunos, que nem sabiam da existência das Usinas Nucleares em Angra dos Reis, se mostraram preocupados, e perguntou uma aluna (aluna 6) “professor essa tal radiação vai se espalhando pelo ar igual um vírus? ”, e outro aluno (aluno 5) logo emendou outra pergunta “se usar máscara resolve? ”. As dúvidas sobre os possíveis riscos de acidentes nas Usinas Nucleares de Angra dos Reis, por um período, dominaram o bate papo, e um aluno (aluno 8) perguntou

“que tipo de acidente pode acontecer? ”, neste momento outro (aluno 1) falou “vazar radiação” e um terceiro (aluno 9) disse “Seropédica é longe, chega aqui não”, e logo foi interpelado por outro aluno (aluno 4) “vi na televisão que a radiação pode ser levada no vento”. Vemos que o nível de conhecimento deles ainda é muito baixo e vai exigir maiores esclarecimentos.

Uma observação feita foi quanto o envolvimento de familiares de cientistas nas ciências, então um aluno (aluno 3) perguntou: “professor, para ser cientista, tem que ser filho de cientista? O pai e o avô do Becquerel eram cientistas, e a filha da Marie e do Pierre também virou cientista”, um outro aluno (aluno 5) então disse: “na família do Becquerel acho que só ele ganhou o Nobel e no vídeo fala que a Marie, o marido, a filha e o marido da filha ganharam o prêmio Nobel”. Aqui podemos destacar como os alunos podem se interessar por aspectos relacionados à Natureza da Ciência, e isto ser um caminho facilitador no processo de ensino-aprendizagem e contribuir ainda na mudança da concepção equivocada a respeito do “ser cientista”.

A partir deste trabalho foi possível concluir que a Concepção de Cientista, se trabalhada, questionada, e discutida, pode ser mudada, quebrando, assim, o estereótipo de “Cientista Maluco” e “Cientista de Laboratório”, passando a ser considerado um profissional normal como qualquer outro, que trabalha em prol do desenvolvimento científico e tecnológico, com intuito de melhoria da qualidade de vida e, conseqüentemente, desenvolvimento mundial (KONFLANZ; SHEID, 2018).

Ao final da segunda roda de conversa, foi pedido que escrevessem em um pedaço de papel o que vinha à cabeça deles ao ouvir a palavra radioatividade depois de toda sequência didática e as respostas foram surpreendentes.

*“penso em um avanço (radiografia) e perigo (morte)”* (aluno 1)

*“perigo, medo e uma parte boa como radiografia”* (aluno 3)

*“algo perigoso e toxico”* (aluno 4)

*“quando eu ouço radioatividade eu penso em algo perigoso”* (aluna 3)

*“penso em toxicação (sic) que não faz bem, eu acho que pode queimar etc.”* (aluno 5)

*“penso em: em algo quente que queima, algo forte. É nisso que penso”*  
(aluno 6)

*“eu penso nas usinas e também em grandes descobertas”* (aluna 6)

*“câncer e radiação”* (aluna 1)

*“trifólio e morte”* (aluna 2)

*“Chernobyl”* (aluno 9)

*“A radioatividade está em todo lugar”* (aluno 2)

*“O perigo da radioatividade é a burrice humana”* (aluna 7)

*“Que nois usamos para o bem e mal para nois mesmo”* (sic)(aluna 5)

*“A radioatividade não só um malefício. Ela pode ser útil para tratamentos de saúde!”* (aluno 10)

*“A radioatividade está no nosso cotidiano, por que a gente mexe com vários eletrônico (sic) que envolvem radioatividade.”* (aluno 11)

## **6.2 Discussão dos Resultados**

Sempre que iniciamos um trabalho de pesquisa, temos uma ideia inicial de onde podemos chegar, no entanto, sabemos que, devido ao infundável número de variáveis, só descobrimos o ponto de chegada ao final do trajeto.

Ao iniciar esta pesquisa sabia que o nível de conhecimento destes alunos sobre radioatividade, era, possivelmente, baixo, uma vez que, este conteúdo não faz parte do planejamento das séries finais do Ensino Fundamental II e também é tratado com desprezo no Ensino Médio, embora tenha consciência de que as opções de aprendizado nos dias atuais sejam as mais diversas como podemos constatar em nossa pesquisa. Faleiro *et al* (2013) apresenta

dados muito parecidos com o que obtive em minha pesquisa, onde um número significativo de alunos, 77%, respondeu que já haviam ouvido falar de radioatividade, e, no entanto, um número pequeno de alunos conseguiram definir corretamente radioatividade. Vale salientar que na pesquisa de Faleiro *et al* (2013) os pesquisados eram alunos de Licenciatura em Química de um Instituto Federal de Educação localizado em Goiás. De Sá Alves *et al* (2012) realizaram um trabalho parecido com alunos de escolas estaduais da cidade de Angra dos Reis, e também puderam constatar baixo nível de conhecimento do tema, salientando inclusive que 52% dos alunos sequer fizeram uma visita ao Centro de Comunicação da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto.

As mudanças comportamentais provocadas pelo aumento da facilidade de acesso às tecnologias, pode estar permitindo que os alunos busquem outras fontes de conhecimento, visto que um expressivo número de alunos (80%) disse ter ouvido falar de radioatividade ou pela TV ou pela internet, e apenas 15% relacionou este conhecimento com o aprendizado formal adquirido na escola. Outro motivo para tal comportamento é exatamente o fato do conteúdo não ser regularmente ensinado nas escolas estaduais do Rio de Janeiro.

No entanto, encontrei indícios de que este conhecimento adquirido de forma desconectada de um planejamento escolar e sem orientação de um educador pode levar a um conhecimento fragmentado e sem profundidade, tanto que eles respondem ter ouvido falar de radioatividade, mas a grande maioria não consegue dar o nome de um cientista que tenha sido importante para descoberta do fenômeno, embora 2/3 deles tenham sido capazes de reconhecer o símbolo usado para identificar substâncias radioativas.

Outro indicativo da superficialidade do conhecimento é apresentado ao serem questionados sobre qual o sentimento ao ouvirem falar de radioatividade, uma vez que, novamente um número equivalente a 2/3 dos entrevistados responderam ser indiferentes, o que nos mostra uma incapacidade de fazer um juízo de valor a respeito do tema. Apesar disso, 45 % disseram saber os efeitos da radioatividade corpo humano, e apresentam uma variedade grande de efeitos possíveis quando indagados sobre quais seriam estes efeitos.

A construção das perguntas nos permitiu identificar pontos sensíveis no que se refere às bases do conhecimento sobre radioatividade. A maioria dos alunos não conhecia elementos radioativos, mas aqueles que responderam positivamente apresentaram conceitos razoáveis para tais elementos.

As contradições relativas aos conhecimentos concernentes à radioatividade ganham um contorno mais interessante quando 96% dos alunos respondem já terem ouvido fala de energia

nuclear, mesmo sem saber a relação da energia nuclear com radioatividade e elementos radioativos, e torna-se ainda mais interessante quando os mesmos relatam a origem do conhecimento, atribuindo a outras, se não a escola. O contexto torna-se ainda mais curioso quando apenas 56% (30 alunos) diz ter ouvido falar das Usinas Nucleares de Angra 1 e 2 e 49% acham que elas colocam a vida dos moradores de Seropédica em algum risco e este dado é coerente com a resposta dada por eles quando indagados se já ouviram falar de algum acidente nuclear, onde 62% respondeu positivamente.

A associação da falta de conhecimento com as notícias negativas difundidas rotineiramente pelos meios de comunicação pode ter levado 81% dos alunos a dizer que não comeriam um alimento esterilizado com a radiação, sem ao menos levar em consideração o que significa esterilizar um alimento.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho me permitiu identificar um aumento, nos últimos anos, no número de publicações que buscam relacionar a radioatividade e a evolução dos modelos atômicos, em especial o modelo de Rutherford, bem como um aumento no número de trabalhos que buscam trazer o estudo da radioatividade de forma mais conectada com aspectos do cotidiano dos alunos; por outro lado a constatação de que há muito a ser feito para que possamos ver uma melhora na compreensão da inter-relação do estudo da estrutura atômica e Radioatividade, não só por parte dos discentes, mas também por parte dos docentes que em muitos momentos abdicam da possibilidade de tirar proveito desta forma de abordagem dos temas.

Quanto ao currículo adotado pela Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro, vejo ainda muitas inconsistências quanto a aplicação das propostas apresentadas, e lamento que o estudo da radioatividade continue sendo deixado em segundo plano.

Destaco aqui minha pretensão, com essa dissertação, de despertar o interesse da comunidade de ensino de química, bem como dos gestores que formulam os currículos, da importância do assunto radioatividade na formação de uma sociedade com maior capacidade de opinar em situações que envolvem a análise crítica da presença da radioatividade em nossa vida.

A sequência didática proposta mostrou como é possível a associação do estudo da radioatividade com o ensino da estrutura atômica, em especial quando associada aos

pressupostos da NdC, que permitem ao aluno uma compreensão, uma imersão no contexto social e no momento histórico em que se passou a “descoberta científica” estudada.

A aplicação da SD com alunos da primeira série do ensino médio e com baixo grau de conhecimento da química e da física, mostrou que isso não impossibilita a realização da atividade e que por vezes pode ser interessante. Em alguns momentos das rodas de conversa, em especial na segunda, parecia que os alunos haviam descoberto um tesouro perdido, tamanha a empolgação deles. Entendo, que o estudo da radioatividade vai além de um conteúdo, passa pela cidadania e se estende a formação de um jovem mais acessível às ciências da natureza, em especial a Química e a Física que são tidas como áreas para pessoas diferenciadas do ponto de vista intelectual.

O estudo do tema radioatividade segundo os pressupostos da NdC apresentou-se como uma ferramenta que permitiu aos alunos enxergarem a humanidade de cientistas e pesquisadores das ciências da natureza, e abriu caminho para que nas aulas subsequentes eles pudessem perguntar sobre “como é ser cientista?”. Em outros momentos, fui indagado, se achava ser possível algum daqueles alunos se transformar em cientista, e pude então compartilhar com eles, que eu, filho de um pedreiro, tornei-me cientista, eles certamente poderão ser cientistas, se assim desejarem.

## **7.1 Perspectivas**

Pretende-se após a defesa desta dissertação de mestrado, publicar em revista de educação química os resultados obtidos na aplicação da sequência didática e iniciar o curso de doutoramento para pesquisar a possibilidade de elaboração/ confecção de materiais didáticos que possibilitem a aplicação do conteúdo de radioatividade simultaneamente ao estudo da evolução dos modelos atômicos, sempre ancorados nos pressupostos da NdC.

Deseja-se também que outros docentes possam se sentir inspirados pelo presente trabalho, contando com toda revisão bibliográfica já realizada e publicada como o capítulo 1 do livro *EDUCAÇÃO E PESQUISA EM QUÍMICA* (Editora Científica Digital) e apliquem a sequência didática, contribuindo para formação de uma geração de cidadãos que conheça, sem preconceito, os benefícios do uso correto e adequado da radioatividade, bem como, os riscos, possíveis, do uso irresponsável da mesma.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. G.; LOPES, A. C. Políticas de currículo para o ensino médio no Rio de Janeiro: o caso da disciplina química. **Revista Contexto & Educação**, v. 21, n. 76, p. 175-200, 2006.

ANTISZKO, T.R. **Sequência Didática para o Ensino de Radioatividade com Enfoque CTS no Ensino Médio**. 2016. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, 2016.

ARAÚJO, L. A., GAZINEU, M. H. P.; LEITE, L. F. C. C.; AQUINO, K. A. S., A radioatividade no cotidiano: atividade com educandos do ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 4, p. 160-169, 2018.

ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. **Química Nova na Escola**, v. 24, n. 1, p. 8-11, 2006

BARBOSA, F. T.; AIRES, J. A., A abordagem HFC por meio de estudos de casos históricos: propostas didáticas para o Ensino de Química. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 1, n. 2, 2017.

BARBOSA, F. T.; AIRES, J. A., A natureza da ciência e a formação de professores: um diálogo necessário. **Actio: Docência em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 115-130, 2018.

BARP, E. Contribuições da História da Ciência para o Ensino da Química: uma proposta para trabalhar o tópico radioatividade. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 8, p. 50-67, 2013.

BRAGANÇA GIL, F.; SERRA, I.; VIEGAS, F. A radioatividade em Portugal. *Travaux de Laboratoire*, Instituto Rocha Cabral, Tomo L, v. 2, p. 41-47, Lisboa, 2010. Disponível em: [http://www.fisica-e-quimica-na-politecnica.org/03ARTIGOS/artigos/05\\_ROCHA\\_CABRAL\\_5.pdf](http://www.fisica-e-quimica-na-politecnica.org/03ARTIGOS/artigos/05_ROCHA_CABRAL_5.pdf). Acessado em: 20 de abril de 2022.

BRASIL. **Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Rio de Janeiro: s.n., 2000. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394\\_ldbn1.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf). Acessado em: 28 de outubro de 2021.

BRASIL. **Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acessado em: 30 de outubro de 2021.

BRASIL. **Ministério da Educação. PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC/ SEMTEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acessado em: 29 de outubro de 2021.

BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Brasília, DF, 2018. Disponível em: < <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias-no-ensino-medio-competencias-especificas-e-habilidades>>, Acessado em: 30 de outubro de 2021.

BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Orientações Curriculares para o ensino médio.** MEC, 2006. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf). Acessado em: 30 de outubro de 2021.

BROIETTI, F. C. D.; CELA, K. D.; SOUZA, W. Uma Proposta Alternativa Contextualizada para o Ensino de Radioatividade. In: Anais 1º Congresso Paranaense de Educação em Química–CPEQUI, Londrina-Paraná, Universidade Estadual de Londrina. 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/eventos/cpequi/CompletoSPagina/18281250320090618.pdf>. Acessado em: 15 de outubro de 2021.

CAMPINAS, L. L. S. L.; DE BARROS, V. L. O Termo de consentimento livre e esclarecido e suas diferentes formas de expressar o consentimento autorizado pelo sujeito de pesquisa. **O Mundo da Saúde**, v. 30, n. 3, p. 471-479, 2006.

CHAVES, S.M. Ensinar Química com um olhar lúdico no estudo do conteúdo estruturante matéria e sua natureza. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense: produção didático-pedagógica, 2012. Curitiba: SEED/PR., 2014. V.2. (Cadernos PDE). Disponível em: <[www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=20](http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=20)>. Acesso em: 21/10/2021. ISBN 978-85-8015-064-3.

CORTEZ, J. M. **Natureza da Ciência na Formação Inicial de Professores de Química: Ações e Reflexões voltadas à compreensão e ensino sobre a Ciência.** 2019, 383f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2019.

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; DE CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, v. 45, p. 57-67, 2013.

DE CARVALHO, H. R.; DO NASCIMENTO, L. A.; DA CRUZ SILVA, B. V. Uso de textos históricos para uma abordagem pedagógica sobre a natureza da ciência. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 23, p. 7-37, 2017.

DE FIGUEIRÊDO, A. A. F.; DE QUEIROZ, T. N. A utilização de rodas de conversa como metodologia que possibilita o diálogo. **Seminário Internacional Fazendo Gênero 10** (Anais Eletrônicos), Florianópolis, 2012. ISSN 2179-510X.

DE SÁ ALVES, T. R.; MILATO, J.V.; DE PAULA LIMA, J.; MESSEDER, J.C. Radioatividade na concepção de estudantes de Angra dos Reis: um estudo investigativo. **Ciência em Tela**, v. 5, n. 2, p. 1-13, 2012.

DOS REIS, N. A.; OLIVEIRA, A. S.; DA SILVA, E. L. Contribuições da Radioatividade para o desenvolvimento das teorias atômica de Thomson a Rutherford: um debate histórico epistemológico no Ensino de Química. **XVI ENEQ/X EDUQUI**-ISSN: 2179-5355, 2012.

FALEIRO, J. H.; COSTA, D. R. COSTA.; MAGALHÃES, T. L. P.; GONÇALVES, R. C.; MÁXIMO, L. N. C. Avaliação do nível de conhecimento de estudantes de Licenciatura em Química (IF Goiano–Campus Urutaí) sobre a Radioatividade. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 9, n. 16, 2013.

HELIODORO, M. M. N. **A investigação em Química no Portugal dos anos trinta do séc. XX- O estudo de caso da Professora Doutora Branca Edmée Marques.** 2012, 258 p. Dissertação (Mestrado em Química em Contexto Escolar) – Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, PT, 2012.

KONFLANZ, T. L.; SCHEID, N. M. J. Concepção de cientista no ensino fundamental. **Revista ENCITEC**, v. 1, n. 1, p. 70-83, 2018.

- LIMA, R. D. S.; PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 2, p. 93-98, 2011.
- LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física no ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 11, p. 119-132, 2005.
- LOPES, D.C.; HERBST, M.H. O papel esquecido da radioatividade no ensino da estrutura atômica em escolas da rede estadual de ensino no Rio de Janeiro. **Educação e Pesquisa em Química**, p. 11-27, Editora Científica Digital, 2022.
- MARTINS, P. C. A. **A Abordagem da radioatividade no ensino em Portugal - Uma lacuna nos currículos do ensino básico e secundário**. 2014. 166 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física e de Química) - Faculdade de Engenharia, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, PT, 2014.
- MARTINS, R. A. Sobre o papel da História da Ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n. 9, p. 3-5, 1990.
- MARTINS, R. V. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 7, p. 27- 45, 1990.
- MÉLLO, R. P.; Silva, A. A.; Lima, M. L. C.; Di Paolo, A. F. Construcionismo, práticas discursivas e possibilidades de pesquisa. **Psicologia e Sociedade**, v.19, n.3, p. 26-32, 2007.
- MORÁN, J. M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação & Educação**, [S. l.], n. 2, p. 27-35, 1995. DOI: 10.11606/issn.2316-9125.v0i2p27-35. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36131>. Acessado em: 20 julho de 2022.
- MOURA, B. A. **A aceitação da óptica newtoniana no século XVIII: subsídios para discutir a Natureza da Ciência do Ensino**. 2008. 214p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- OLIVEIRA, C. H. C. **A Radioatividade e o Ambiente no Ensino Secundário**. 2006. 199 p. Dissertação (Mestrado em Física para o Ensino) - Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, PT, 2006.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes curriculares de química para os anos finais do ensino fundamental e para o ensino médio**. Curitiba, 2008.

[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce\\_quim.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_quim.pdf). Acessado em: 30 de outubro de 2021.

PEREIRA, G. R.; MV FILHO, B.; NEVES, M. A. Um estudo sobre a inserção do tema “energia nuclear” no ensino médio de municípios da Baixada Fluminense–RJ. **VII Enpec**, 2009.

PORRA, A. C. e SALES, N. L. L. e SILVA, C. C. Concepções de natureza da ciência: adaptação de um instrumento para aplicação em alunos de licenciatura de universidades públicas brasileiras. 2011, Anais. Rio de Janeiro: **Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - ABRAPEC**, 2011. Disponível em: <http://adaltech.com.br/testes/abrapec/resumos/R0206-1.pdf>. Acesso em: 08 out. 2022.

RÊGO, F. M. **As Radiações no Ensino**. 2004. 234 p. Dissertação (Mestrado em Física para o Ensino) - Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, PT, 2004.

RIO DE JANEIRO. **Currículo Mínimo 2012**. In Secretaria de Estado de Educação, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: [http://www.educacao.rj.gov.br/arquivos/quimica\\_livro.pdf](http://www.educacao.rj.gov.br/arquivos/quimica_livro.pdf). Acessado em: 23 de outubro de 2021.

RIO DE JANEIRO. **Currículo Mínimo 2012**. In Secretaria de Estado de Educação, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: [http://www.educacao.rj.gov.br/arquivos/fisica\\_livro.pdf](http://www.educacao.rj.gov.br/arquivos/fisica_livro.pdf). Acessado em: 23 de outubro de 2021.

RIO DE JANEIRO. **Decreto estadual nº 25.959, de 12 de janeiro de 2000**. Institui o Programa Estadual de Reestruturação da educação Pública – Programa Nova Escola e dá outras providências. Rio de Janeiro: Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/decest.nsf/c8ea52144c8b5c950325654c00612d63/017a484213a0913603256c37006112ba?OpenDocument&Highlight=0,25959>>. Acessado em: 23 de outubro de 2021.

RODRIGUES, M. T. **O desafio do provimento de professores nas disciplinas de artes, filosofia, física, matemática, química e sociologia na secretaria de estado de educação do Rio de Janeiro**. 2014. Dissertação. Mestrado Profissional em Gestão e Avaliação da Educação Pública, da Faculdade de Educação, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2014.

SEEDUC-RJ/UFRJ, Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro. **Reorientação Curricular**, Livro II, 2006. Disponível em: <https://curriculo-uerj.pro.br/wp-content/uploads/reorientacao-curricular-livro-ii-2a-edicao-quimica-no-ensino-medio.pdf>.

Acessado em: 22 de outubro de 2021.

SERBIM, F. B.N. **Ensino de soluções químicas em rotação por estações: aprendizagem ativa mediada pelo uso das tecnologias digitais**. 2018. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Alagoas –UFAL, Maceió, 2018.

SILVA, J. A. **A construção de histórias em quadrinhos na evolução dos modelos atômicos: uma proposta de aprendizagem significativa**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino em Educação Básica) – Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, UERJ, Rio de Janeiro, 2020.

SILVA, N. F. L. **Uma abordagem para o ensino de modelos atômicos e radioatividade a partir da história da ciência**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019.

SILVA, S. C. **As avaliações externas e o currículo mínimo de geografia do estado do Rio de Janeiro. Para Onde!?**, v. 10, n. 2, p. 191-199, UFRGS, Porto Alegre, RS. 2018.

TONETTO, S. R. **A História da Radioatividade nos livros didáticos**. História da Ciência e Ensino: construindo interfaces, v. 1, p. 23-26, 2010.

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

## 9. Apêndice

### 9.1 Apêndice 1

Formulário *Google*

#### Radioatividade

O questionário a seguir faz parte da pesquisa da dissertação de mestrado do professor Diógenes Chaves Lopes, em andamento no Polo UFRRJ do PROFQUI - Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. Sua participação é voluntária, e o anonimato é garantido. As questões visam apenas o levantamento sobre conhecimento dos estudantes do ensino médio sobre o tema 'radioatividade', e não serão usadas, de nenhuma forma, como avaliação. As respostas serão usadas na dissertação de mestrado, e poderão ser futuramente publicadas em artigo (s) científico (s). Agradecemos sua participação!

**\*Obrigatório**

1) Você já ouviu falar em Radioatividade? \*

SIM

NÃO

2) Se  **você respondeu SIM**, onde você ouviu falar?

TV

Internet

Escola

Outros

**Se você respondeu NÃO, pule para a questão 8, por favor.**

3) Você consegue definir Radioatividade? \*

SIM

NÃO

Continuação da Questão 3

Em caso **positivo**, defina Radioatividade abaixo:

4) Você conhece algum cientista que tenha sido importante para descoberta da Radioatividade?  
Quem? \*

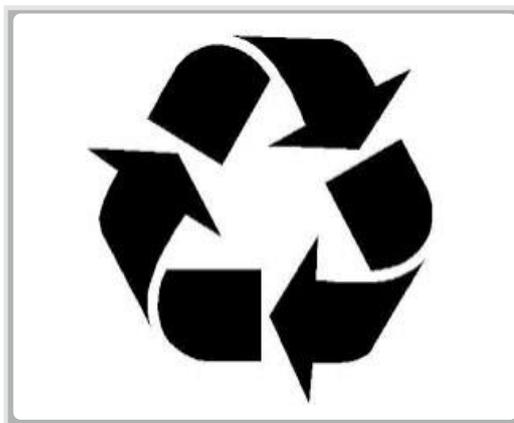
5) Você consegue identificar qual dos símbolos abaixo é usado para identificar substâncias radioativas? \*



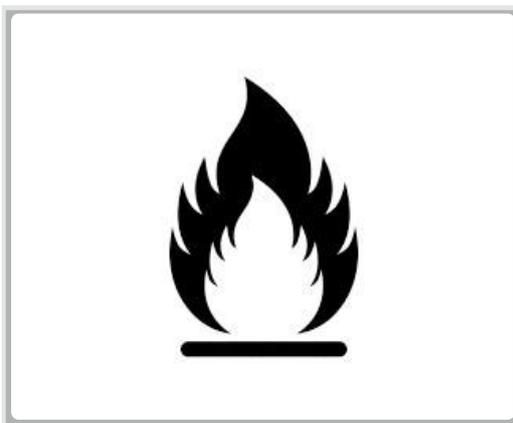
Símbolo A



Símbolo B



Símbolo C



Símbolo D

6) Quando você ouve falar de Radioatividade, seu primeiro sentimento é: \*

- ruim, negativo
- indiferente, nem bom, nem ruim
- bom, positivo

7) Você sabe dizer quais efeitos que a Radioatividade pode causar no ser humano? \*

- SIM
- NÃO

Continuação da Questão 7

Para os que **responderam sim**, escreva sobre os efeitos.

8) Você já ouviu falar em elementos químicos radioativos? \*

- SIM
- NÃO

9) Se você **respondeu SIM**, marque a(s) opção(ões) que melhor define(m) elementos químicos radioativos.

- São elementos que possuem partículas radioativas como alfa, beta e gama
- São elementos que emitem altos níveis de radiação através de seus núcleos
- Elementos que tem radiação em suas estruturas
- Todo elemento no qual em sua forma instável possa emitir radiação

10) Você já ouviu falar em Energia Nuclear? \*

- SIM
- NÃO

11) Se você **respondeu SIM**, onde você **ouviu** falar?

- TV
- Internet
- Escola
- Outros

12) Você já ouviu falar nas Usinas Nucleares de Angra 1 e Angra 2? \*

- SIM
- NÃO

13) Você acha que elas colocam a vida de quem mora em Seropédica em risco? Por que? \*

- SIM
- NÃO

Continuação da Questão 13

Por que? \*

- Seropédica é perto de Angra
- Seropédica é longe de Angra
- A Radiação pode se deslocar com o vento
- A Radiação fica presa nas usinas
- Não há possibilidade de acidentes
- Embora haja possibilidade de acidentes, há um plano de contingência para proteger os moradores das cidades próximas

14) Você já ouviu falar de algum acidente nuclear? \*

- SIM
- NÃO

Continuação da Questão 14

Se **sim**, Qual?

15) Você comeria um alimento sabendo que ele foi esterilizado com radiação? Por que? \*

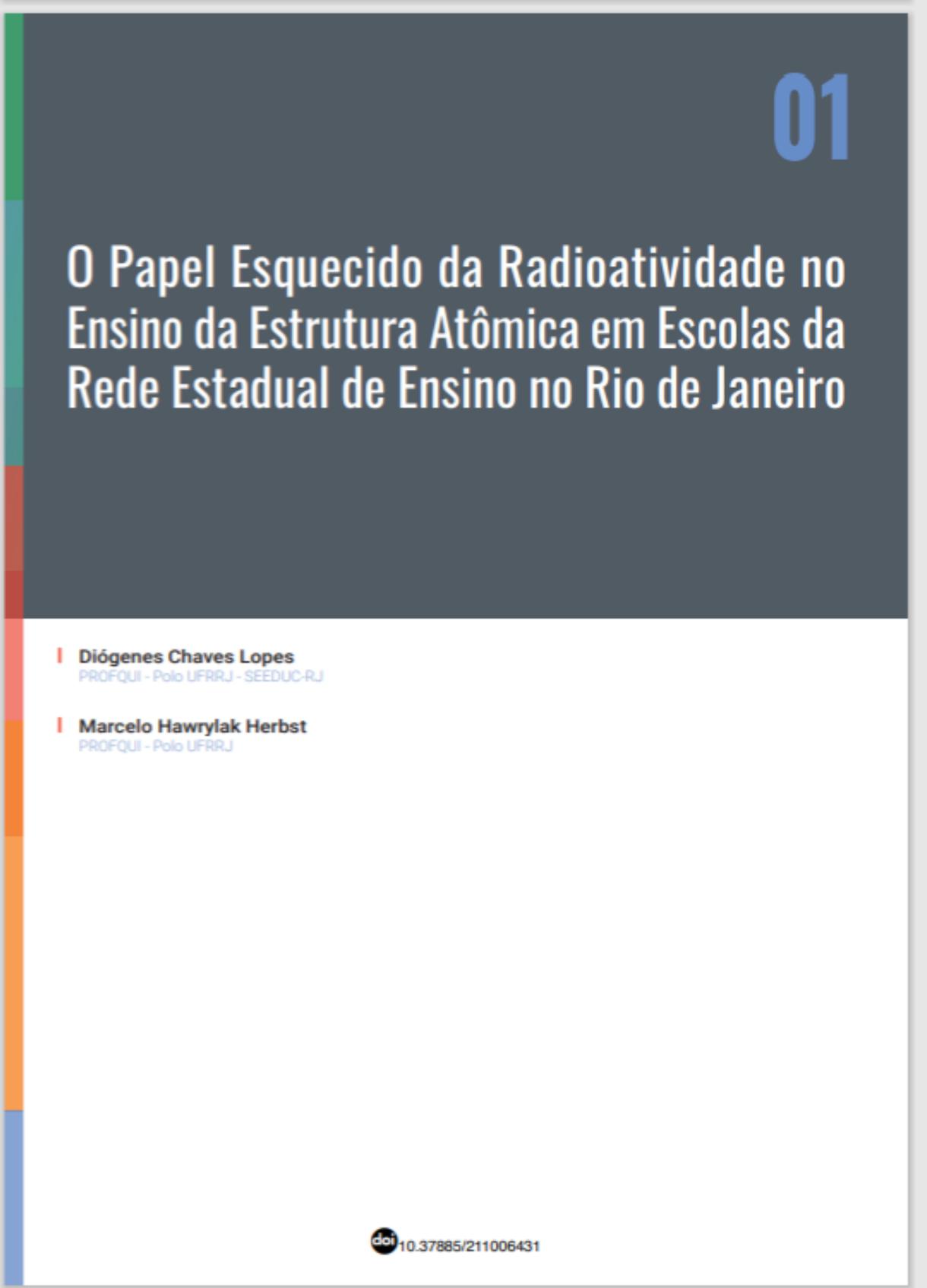
- SIM
- NÃO

Continuação da Questão 15

Por que? \*

- Os alimentos ficam mais saudáveis
- Os alimentos ficam contaminados
- Os alimentos passam a ser radioativos
- Embora sejam expostos a radiação, eles não se tornam radioativos

## 9.2 Apêndice 2



**01**

# O Papel Esquecido da Radioatividade no Ensino da Estrutura Atômica em Escolas da Rede Estadual de Ensino no Rio de Janeiro

**I Diógenes Chaves Lopes**  
PROFQUI - Polo UFRRJ - SEEDUC-RJ

**I Marcelo Hawrylak Herbst**  
PROFQUI - Polo UFRRJ

 10.37885/211006431