



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
E ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA**

MARIELE DA SILVA GOMES

**RADIAÇÃO IONIZANTE COMO TÉCNICA DE CONSERVAÇÃO DE
ALIMENTOS PROCESSADOS NA AMAZÔNIA: UMA PROPOSTA
METODOLÓGICA INTEGRADA AO ENSINO DE FÍSICA**

Belém-PA
2026



MARIELE DA SILVA GOMES

**RADIAÇÃO IONIZANTE COMO TÉCNICA DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS
PROCESSADOS NA AMAZÔNIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA
INTEGRADA AO ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação de mestrado e Produto Educacional apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Ensino de Ciências, sob orientação Prof. Dr. José Fernando Pereira Leal.

Área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores de Ciências na Amazônia.

Linha de pesquisa: Estratégias educativas para o ensino de Ciências Naturais na Amazônia.

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) de acordo com o ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade do Estado do Pará,**

G633r Gomes, Mariele da Silva

Radiação ionizante como técnica de conservação de alimentos processados na
Amazônia: uma proposta metodológica integrada ao ensino de Física /
Mariele da Silva Gomes. — Belém, 2026.
134 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Pereira Leal
Dissertação (Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia) -
Universidade do Estado do Pará, Campus I - Centro de Ciências Sociais e Educação
(CCSE), 2025.

1. Ensino de ciências. 2. Irradiação de alimentos. 3. Alfabetização científica.
4. Amazônia. 5. Sequência didática. I. Título.

CDD 22.ed. 664.0288

Ficha Catalográfica elaborada por Priscila Melo – Bibliotecária CRB 2/1345

MARIELE DA SILVA GOMES

**RADIAÇÃO IONIZANTE COMO TÉCNICA DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS
PROCESSADOS NA AMAZÔNIA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA
INTEGRADA AO ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação de mestrado e Produto Educacional apresentados ao Programa de Pós- Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Ensino de Ciências, sob orientação Prof. Dr. José Fernando Pereira Leal.

Área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de professores de Ciências na Amazônia.

Linha de pesquisa: Estratégias educativas para o ensino de Ciências Naturais na Amazônia.

BANCA EXAMINADORA

Data da Aprovação: _____ / _____ / _____

Prof. Dr. José Fernando Pereira Leal

Orientador– Universidade do Estado do Pará - UEPA

Programa de Pós- graduação em Educação e Ensino de Ciências - PPGECA

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza

Membro Interno – Universidade do Estado do Pará - UEPA

Programa de Pós- graduação em Educação e Ensino de Ciências - PPGECA

Profª. Dra. Andréa Pereira Mendonça

Membro Externo – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM

Programa de Pós- graduação em Ensino Tecnológico - PPGET

Belém-PA
2026

DEDICATÓRIA

A Deus, por ser tão abençoada e permitir que eu chegasse até aqui. Aos meus familiares e amigos, por todo apoio, em especial ao meu esposo, João Roberto, que abraça comigo este desafio e que tanto se empenha no cuidado com a nossa família, principalmente com nosso filho, Davi.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder saúde, persistência e sabedoria para dar continuidade à minha formação acadêmica. À minha família, por todo apoio durante esta jornada, especialmente aos meus pais, avó e irmãs, que são fundamentais na minha vida.

Ao meu esposo, João Roberto, que foi e é tão essencial nesta fase, meu exemplo de humildade e dedicação, e que me deu todo o suporte e abraçou comigo este desafio. Além de todo amparo e dedicação com nosso filho Davi, que nos inspira a sermos melhores todos os dias.

Meu agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. José Fernando Pereira Leal, por ser meu grande incentivador e por acreditar na capacidade de, juntos, construirmos conhecimentos e contribuirmos para o ensino de ciências. Obrigada por cada conselho, orientação e dedicação nesta jornada. Saiba que, além de meu orientador, já se tornou um grande amigo.

Outro agradecimento especial é para toda família da minha amiga/irmã/madrinha, Ana Cláudia Miranda, pelo acolhimento. Dedicaram-se a abrir as portas da sua casa para minha hospedagem nas idas a Belém para cursar as disciplinas, além de todo amor e carinho com que sempre me cercaram. Vocês também são minha família. E a você, Ana Cláudia, obrigada por cada orientação, dedicação e incentivo para eu voltar para o mundo acadêmico. Você tem grande contribuição na minha vida em todos os aspectos. Amo você e sua família.

Quero agradecer também aos meus estudantes, professores e à equipe gestora do Colégio Amazonense Dom Pedro II, que fazem parte desta história, ajudando-me a construí-la. Aos professores do PPGECA, toda a minha admiração, respeito e carinho. Vocês são incríveis e serão inesquecíveis.

Aos meus colegas da turma de 2024, que me acolheram tão bem, obrigada por cada momento de troca, construção de conhecimento, parceria e incentivo, além dos nossos momentos de descontração, que nos fizeram mais próximos. Em breve, comemoraremos este título e agradeceremos por cada momento de aprendizagem juntos.

EPIÍGRAFE

Ensinar inexistente sem aprender e vice-versa e foi aprendendo socialmente que, historicamente, mulheres e homens descobriram que era possível ensinar.

(Paulo Freire)

MEMORIAL DE FORMAÇÃO

Minha trajetória acadêmica foi construída na rede pública de ensino, sendo licenciada em Física pela Universidade Federal do Amazonas e durante esse período de formação, fui bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência que me colocou novamente em contato direto com o Ensino Médio e os seus desafios no processo de ensino-aprendizagem.

Após esse período de formação, atuei como professora de Física durante seis anos na rede pública de ensino. Essa vivência despertou algumas inquietações relacionado a alguns temas científicos e como são abordados no contexto escolar.

Dentre esses temas, está a radiação. Em sala de aula era perceptível que os estudantes ao serem questionados sobre o assunto, o associavam a situações negativas, como os acidentes nucleares e contaminação, evidenciando uma compreensão marcada pelo senso comum.

E por viver em uma região de grande importância para o setor industrial e tecnológico do país, no qual encontra-se a Zona Franca de Manaus, era intrigante perceber que os estudantes não conseguiam fazer muitas relações entre a ciência estudada na escola com as aplicações tecnológicas que são tão presentes no cotidiano deles. Isso podia ser devido aos temas serem mostrados para eles de forma superficial, fragmentado e descontextualizado.

Nesse sentido, e também na tentativa de ressignificar minhas práticas pedagógicas busquei a formação continuada. Fiz especialização em Tecnologias Digitais Aplicadas à Educação para inserir recursos mais tecnológicos e contribuir na construção do conhecimento e na compreensão crítica dos conteúdos científicos que articulassem ciência, tecnologia e sociedade, especialmente em temas tão relevantes socialmente como a radiação.

Nessa conjuntura, expandir as diversas áreas da radiação emergiu como uma possibilidade didática, em especial a irradiação de alimentos, voltada para o contexto amazônico, pois por meio dela é possível fazer a articulação de conceitos de físicos, tecnológicos e sociais. Além disso, dialoga de forma direta com a realidade dos estudantes.

Toda essa inquietação/construção ao longo da formação e da prática docente e da reflexão sobre o ensino de Ciências trouxe motivação para ingressar no Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA), na linha de pesquisa estratégias educativas para o ensino de Ciências Naturais na Amazônia, com o intuito de aprimorar meus conhecimentos e desenvolver estratégias que possam contribuir para uma abordagem contextualizada da temática e com o ensino de ciências.

RESUMO

GOMES, Mariele da Silva. **Radiação Ionizante como Técnica de Conservação de Alimentos Processados na Amazônia: Uma Proposta Metodológica Integrada ao Ensino de Física.** 2026. Número de Páginas 142. Dissertação (Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia), Universidade do Estado do Pará, Belém, 2026.

Nas aulas de Física, a temática sobre a Irradiação de Alimentos ainda é pouco abordada, somando-se aos desafios metodológicos encontrados, como a falta de recursos didáticos adequados e a desinformação, que leva os estudantes a associarem a produtos radioativos ou contaminados. Com o intuito de proporcionar uma compreensão mais abrangente sobre o assunto, é importante apresentá-lo com atividades integradas ao contexto dos estudantes. Logo, o objetivo deste estudo é analisar a contribuição de uma proposta metodológica integrada ao ensino de Física e estruturada baseada numa Sequência Didática com aspectos interdisciplinares sobre a temática irradiação de alimentos em contexto amazônico, no tocante ao desenvolvimento da Alfabetização Científica dos estudantes do Novo Ensino Médio de uma escola pública de Manaus/AM. Trata-se de uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada. A abordagem, configura-se como Pesquisa-Ação e, os instrumentos utilizados para a construção dos dados incluem as atividades desenvolvidas ao longo da proposta como, questionários, linha do tempo, varal fotográfico, mapas mentais e produções textuais. A análise de dados foi realizada na perspectiva da análise de conteúdo visando os indicadores de Alfabetização científica. Os dados são analisados e discutidos a partir das interações e reflexões dos estudantes, evidenciando avanços conceituais e mudanças de percepção sobre a irradiação de alimentos. As discussões indicam que, inicialmente, os estudantes apresentaram concepções equivocadas relacionadas à temática, mas, ao longo das atividades, esses conceitos foram sendo ressignificados com base em evidências científicas e nas trocas de conhecimento durante as aulas. Além disso, os debates promovidos nas etapas da pesquisa apontaram um maior engajamento dos estudantes quando o tema foi contextualizado com exemplos locais e situações do cotidiano. As atividades apresentadas mostram que os participantes passaram a compreender a técnica como uma tecnologia segura e eficiente para a conservação de alimentos. A partir desta pesquisa, foi elaborado um Produto Educacional que trata-se de um guia didático instrucional que tem como finalidade contribuir para o desenvolvimento de estratégias integrada ao ensino de Física sobre a radiação ionizante como técnica de conservação de alimentos em especial ao cenário amazônico e poderá ser utilizado por estudantes do Ensino Médio mediado por professores da educação básica no campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Os resultados mostram que os requisitos propostos nesta pesquisa foram atendidos e podem contribuir para a construção do conhecimento científico sobre a irradiação de alimentos em contexto amazônico e ao público para o qual se destina.

Palavras-chave: Ensino de Ciências. Irradiação de alimentos. Alfabetização Científica. Amazônia. Sequência Didática. Produto Educacional.

ABSTRACT

GOMES, Mariele da Silva. Ionizing Radiation as a Technique for the Preservation of Processed Foods in the Amazon: A Methodological Proposal Integrated into the Teaching of Physics. 2026. Number of Pages: 142. Dissertation (Master's in Education and Science Teaching in the Amazon), State University of Pará, Belém, 2026.

In Physics classes, the topic of Food Irradiation is still seldom addressed, adding to the methodological challenges encountered, such as the lack of adequate teaching resources and misinformation, which leads students to associate it with radioactive or contaminated products. In order to provide a more comprehensive understanding of the subject, it is important to present it through activities integrated into the students' context. Therefore, the objective of this study is to analyze the contribution of a methodological proposal integrated into Physics teaching and structured as a Didactic Sequence with interdisciplinary aspects on the theme of food irradiation in the Amazonian context, with regard to the development of Scientific Literacy among New High School students from a public school in Manaus, Amazonas, Brazil. This is a qualitative research study of an applied nature. The approach is characterized as Action Research, and the instruments used for data construction include the activities developed throughout the proposal, such as questionnaires, a timeline, a photographic display line, mind maps, and written productions. Data analysis was carried out from the perspective of content analysis, focusing on indicators of Scientific Literacy. The data are analyzed and discussed based on students' interactions and reflections, highlighting conceptual advances and changes in perception regarding food irradiation. The discussions indicate that, initially, students presented misconceptions related to the topic; however, throughout the activities, these concepts were gradually reframed based on scientific evidence and knowledge exchange during the classes. Furthermore, the debates promoted during the stages of the research pointed to greater student engagement when the topic was contextualized with local examples and everyday situations. The activities presented show that participants came to understand the technique as a safe and efficient technology for food preservation. As a result of this research, an Educational Product was developed in the form of an instructional teaching guide aimed at contributing to the development of strategies integrated into Physics teaching on ionizing radiation as a food preservation technique, especially within the Amazonian scenario. This guide may be used by high school students, mediated by basic education teachers in the field of Natural Sciences and their Technologies. The results show that the objectives proposed in this research were achieved and may contribute to the construction of scientific knowledge about food irradiation in the Amazonian context and to the target audience for which it is intended.

Keywords: Science Education. Food Irradiation. Scientific Literacy. Amazon. Didactic Sequence. Educational Product.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Espectro da radiação eletromagnética.....	18
Figura 2- Esquema técnico de um irradiador de feixe de elétrons (acelerador linear).....	22
Figura 3- (X) Esquema ilustrativo de uma instalação de irradiação gama com movimentação automatizada. (Y) Imagem real de uma esteira transportadora em uma câmara de irradiação de alimentos.....	23
Figura 4- Fluxograma dos conceitos físicos envolvidos no processo da irradiação de alimentos.....	25
Figura 5- Objetos de conhecimento que envolvem o ensino da radiação no NEM organizados em seis tópicos: Radiações e suas aplicações, Quantização de Energia, Radioatividade, Ondas Eletromagnéticas, Radiação e Energia Nuclear.....	27
Figura 6- Símbolo Radura utilizado para identificar alimentos irradiados.....	32
Figura 7- Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica.....	38
Figura 8- Colégio Amazonense Dom Pedro II.....	44
Figura 9- Ciclos da Pesquisa-Ação organizados em cinco etapas: Diagnóstico inicial (Exploração e identificação do problema; Planejamento de ação; Implementação da ação; Observação e coletas de dados e Reflexão, avaliação e planejamento.....	45
Figura 10- Nuvem de palavras referentes às respostas do QI sobre radiação e irradiação de alimentos, evidenciando a predominância de associações negativas.....	60
Figura 11- A- Registros da PT (Grupo 1); B e C- momentos de elaboração coletiva durante o quinto encontro.....	65
Figura 12- Análise de similitude das produções textuais sobre irradiação de alimentos, mostrando a associação entre os termos “alimento”, “irradiação”, “segurança” e “vida”, em articulação com frutos amazônicos (tucumã, cupuaçu, buriti), saúde, economia, conservação e desenvolvimento regional	65
Figura 13- Registros de alguns momentos de construção das atividades da linha do tempo, varal fotográfico e mapa mental.....	67
Figura 14- Linha do tempo linha do tempo construída pelos estudantes do G3 com as seguintes descrições nas imagens.....	68

Figura 15- Linha do tempo construída pelos estudantes do G4 com as seguintes descrições nas imagens.....	70
Figura 16- Linha do tempo construída pelos estudantes do G5 com as seguintes descrições nas imagens	71
Figura 17- Varal fotográfico construído pelos estudantes do G3, intitulado: Alimentos Irradiados x Alimentos não irradiados.....	73
Figura 18- Varal fotográfico construído pelos estudantes do G4, intitulado: Irradiação de Alimentos como técnica de conservação.	77
Figura 19- Varal fotográfico construído pelos estudantes do G5 intitulado: Quais os benefícios da irradiação em alimentos. Legenda das imagens	78
Figura 20- Mapas mental elaborado pelo G3: Processo de Irradiação do Cupuaçu (<i>Theobroma Grandiflorum</i>).....	80
Figura 21- Mapa mental elaborado pelo G4: Processo de irradiação no Açaí (<i>Euterpe oleracea</i>).....	82
Figura 22- Mapa mental elaborado pelo G5: Processo de irradiação do tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i>).....	83
Figura 23-Alguns registros de momentos da exposição e apresentação dos trabalhos construídos ao longo do processo formativo.....	84
Figura 24- Análise de similitude referente à categoria ‘Compreensão da radiação no cotidiano’, evidenciando a centralidade dos termos ‘alimento’, ‘sol’ e ‘energia’ e suas associações no QF.....	88
Figura 25- Análise de similitude referente à categoria ‘Irradiação de alimentos e relevância para a Amazônia’, evidenciando a centralidade dos termos “alimento”, “conservar”, “Amazônia”, “exportação”, “preservar” e “desperdício” e suas associações no QF.....	91
Figura 26- Análise de similitude referente à categoria ‘Irradiação de alimentos e relevância na saúde’, evidenciando a centralidade dos termos “saúde”, “ajuda”, “alimento” e “radiação” e suas associações no QF.....	94
Figura 27- Análise de similitude referente à categoria ‘Impactos da irradiação de alimentos na economia’, evidenciando a centralidade dos termos “economia” e “emprego” e suas associações no QF.....	96

Figura 28- Análise de similitude referente à categoria ‘Impactos da irradiação de alimentos na sociedade’, evidenciando a centralidade dos termos “sociedade” e “informação” “irradiação” “alimento” e suas associações no QF.....	98
Figura 29- Capa e Sumário do Produto Educacional.....	102
Figura 30-Sumário do Produto Educacional.....	104
Figura 31-Exemplo do planejamento de cada encontro no PE.....	105

LISTA QUADROS

Quadro 1- Síntese da história da radioatividade.....	15
Quadro 2- Quadro comparativo das fontes de Irradiação de alimentos: Raios Gamas, Feixes de Elétrons e Raios X.....	20
Quadro 3- Dosagem de radiação por tipo de alimento e objetivo que se pretende alcançar.....	21
Quadro 4- Relação entre os objetos de conhecimentos, áreas do conhecimentos, habilidades da BNCC e as atividades desenvolvidas sobre a temática da irradiação de alimentos com aspectos interdisciplinares.....	28
Quadro 5- Marcos históricos da irradiação de alimentos (1905-2000).....	30
Quadro 6- Indicadores relacionados aos trabalhos com dados na Investigação.....	39
Quadro 7- Indicadores relacionados à estruturação do pensamento.....	40
Quadro 8- Indicadores relacionados à procura de entendimento de uma situação analisada.....	40
Quadro 9- Correspondência entre as etapas da Pesquisa-Ação e o desenvolvimento da proposta.....	46
Quadro 10- Relação entre Competências, Habilidades e Aprendizagens a serem alcançadas na proposta didática.....	49
Quadro 11- Organização geral da proposta, relacionando as unidades temáticas com os componentes curriculares, encontros, principais objetivos e atividade final.....	51
Quadro 12- Caracterização dos participantes da pesquisa.....	58
Quadro 13- Categorias emergentes a partir do Questionário Inicial (QI).....	58
Quadro 14- Categorias emergente da Produção Textual.....	61
Quadro 15- Categorias emergentes a partir do Questionário Final (QF).....	86
Quadro 16- Síntese da evolução conceitual dos estudantes entre QI, PT e QF.....	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – Alfabetização Científica

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CAAE – Certificado de Apreciação Ética

CIEAM – Centro de Indústria do Amazonas

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

CNS – Conselho Nacional de Saúde

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

DNA – Ácido desoxirribonucleico

EDUCAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

FAO – Food and Agriculture Organization

IAEA – International Atomic Energy Agency

IRAMUTEQ- Interface de R pour lês Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

NEM – Novo Ensino Médio

ONU – Organização das Nações Unidas

PPGEECA- Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia

PIM – Polo Industrial de Manaus

SD- Sequência Didática

TALE – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TCUISV – Termo de Consentimento para Uso de Imagem e Som de Voz

UCA – Unidade Curricular de Aprofundamento

UEPA- Universidade do Estado do Pará

ZFM – Zona Franca de Manaus

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 DA HISTÓRIA DA RADIAÇÃO E SUA INSERÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: CAMINHOS PARA ABORDAR A IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	14
2.1.1 Irradiação de alimentos: entendendo o processo físico.....	18
2.1.2 Conceitos de Física na Irradiação de Alimentos: limites curriculares, possibilidades didáticas e conexões interdisciplinares na BNCC.....	24
2.1.3 Irradiação de Alimentos: Breve Panorama Histórico, regulamentação no Brasil e perspectivas educacionais no contexto amazônico.....	30
2.2 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE.....	34
2.2.1 Fundamentos e utilização dos Eixos e Indicadores de Alfabetização Científica no Ensino de Ciências.....	37
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	43
3.1 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	43
3.1.1 Universo da pesquisa.....	43
3.1.2 Abordagem da pesquisa.....	45
3.1.3 Instrumentos de Construção e Análise de Dados.....	46
3.1.4 Aspectos Éticos da Pesquisa.....	48
3.2 PROPOSTA METODOLÓGICA ESTRUTURADA BASEADA NUMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA CENTRADA NA TEMÁTICA DA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS EM CONTEXTO AMAZÔNICO.....	49
3.2.1 Metodologia da construção da proposta metodológica.....	49
3.2.2 Desenvolvimento da proposta.....	50
3.2.2.1 1º Encontro.....	51
3.2.2.2 2º Encontro.....	52
3.2.2.3 3º Encontro.....	53
3.2.2.4 4º Encontro.....	54

3.2.2.5 5º Encontro.....	55
3.2.2.6 6º Encontro.....	56
3.2.2.7 7º Encontro.....	56
3.2.2.8 8º Encontro.....	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1 Categorização dos Participantes da pesquisa.....	58
4.2 Questionário Inicial (QI): Representações iniciais sobre radiação e irradiação de alimentos.....	58
4.3 Produção Textual (PT): Apropriação coletiva e contextualizada.....	61
4.4 Atividades intermediárias: etapas mediadoras do processo formativo.....	67
4.4.1 Linha do tempo.....	68
4.4.2 Varal fotográfico.....	72
4.4.3 Mapa mental.....	80
4.4.4 Exposição dos trabalhos.....	84
4.5 Questionário Final (QF): Consolidação das concepções.....	86
4.5.1 Primeira Categoria: Compreensão da radiação no cotidiano.....	87
4.5.2 Segunda Categoria: Irradiação de alimentos e relevância para a Amazônia.....	89
4.5.3 Terceira Categoria: Impactos da irradiação de alimentos na saúde.....	92
4.5.4 Quarta Categoria: Impactos da irradiação de alimentos na economia.....	95
4.5.5 Quinta Categoria: Impactos da irradiação de alimentos na sociedade.....	97
4.6 Síntese da evolução conceitual dos estudantes.....	99
5 PRODUTO EDUCACIONAL.....	102
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
REFERÊNCIAS.....	108
ANEXOS.....	117
APÊNDICES.....	119

1 INTRODUÇÃO

A Base Nacional Comum Curricular ressalta que aprender Ciências da Natureza vai além dos conceitos, é preciso aproximar os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação (Brasil, 2018). Nessa perspectiva, e ao saber que o ensino de Ciências é fundamental para a formação dos estudantes, durante a experiência docente na Unidade Curricular de Aprofundamento, integrado ao Portfólio das Trilhas de Aprofundamento do Novo Ensino Médio no Amazonas, observou-se em uma de suas temáticas específicas, “Tecnologias na Radiação de Alimentos”, que a mesma enfrenta desafios, sobretudo a desinformação, em que os estudantes associam erroneamente alimentos irradiados a produtos radioativos ou contaminados.

Essa percepção equivocada, de acordo com Levy, Sordi e Villavicencio (2020) é resultado da falta de conhecimentos e informações corretas a respeito da temática. Embora toda essa constatação tenha surgido nesse componente curricular, esta pesquisa não se restringe a esse componente. A mesma atuou como ponto de reflexão sobre a necessidade de promover uma abordagem mais ampla e sistematizada da temática da irradiação de alimentos no ensino de Ciências, considerando sua relevância científica, social e regional.

Em face do exposto, é necessário atrelar aprendizados científicos sobre o assunto, sendo que, de acordo com Pacheco (2013), a irradiação proporciona benefícios significativos para a sociedade, especialmente no setor alimentício, mostrando-se como uma boa alternativa para a conservação de alimentos.

O tema ainda é pouco explorado nos livros, práticas escolares e são desconectados da realidade regional. Nessa situação, é importante que a prática docente, assim como o ensino de Ciências, permaneça em constante transformação. A responsabilidade dessa mudança remete ao professor uma reflexão no meio onde está inserido para colaborar e ressignificar a aprendizagem do estudante, preparando-o para ser ativo, crítico e transformador da sua realidade (Chassot, 2003).

Nesse contexto, surge a importância desta pesquisa, que tem como intuito desenvolver atividades por meio de uma proposta metodológica estruturada em uma Sequência Didática sobre a irradiação de alimentos baseada em Zabala e Arnau (2010), balizada epistemologicamente nos pressupostos de Japiassu (2006), com aspectos interdisciplinares. A proposta em consonância com a Base Nacional Comum Curricular, no eixo “VIDA E EVOLUÇÃO” busca construir conhecimentos relacionado ao ensino de ciências, sobre a irradiação de alimentos, com o intuito de integrar a Alfabetização Científica, seguindo a perspectiva de Chassot (2016).

Frisamos que mesmo que esta proposta esteja inserida no campo das Ciências da Natureza e

suas Tecnologias e atualmente seja um tema específico da Unidade Curricular de Aprofundamento, a disciplina de Física foi adotada como eixo estruturante para o desenvolvimento das atividades didáticas sendo um ponto de partida para uma abordagem integrada, trazendo os aspectos interdisciplinares e contextualizados.

Diante do exposto, este estudo busca respostas ao seguinte problema de pesquisa: Em que aspectos uma proposta metodológica integrada ao Ensino de Física e estruturada baseada numa Sequência Didática com aspectos interdisciplinares centrada na temática da irradiação de alimentos em contexto amazônico, pode contribuir para a Alfabetização Científica no campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias entre estudantes do Novo Ensino Médio em escola pública de Manaus/AM?

Mediante a essa indagação apresentamos as seguintes questões que norteiam a pesquisa: Em que aspectos uma proposta metodológica contribui para o desenvolvimento dos indicadores de Alfabetização Científica sobre a temática Irradiação de Alimentos entre os estudantes do 1º ano do Novo Ensino Médio? Em que aspectos a proposta metodológica contribui para a compreensão dos conhecimentos factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais sobre a temática da irradiação de alimentos entre os estudantes do 1º ano do Novo Ensino Médio?

Norteados pelas referidas questões, obtém como objetivo geral: Analisar a contribuição de uma proposta metodológica integrada ao ensino de Física e estruturada baseada numa Sequência Didática com aspectos interdisciplinares sobre a temática irradiação de alimentos em contexto amazônico, no tocante ao desenvolvimento da Alfabetização Científica dos estudantes do Novo Ensino Médio de uma escola pública de Manaus/AM. E como objetivos específicos: 1) Construir os conhecimentos prévios dos estudantes do Novo Ensino Médio sobre a irradiação de alimentos e sua relação com o cotidiano amazônico. 2) Elaborar e desenvolver uma proposta metodológica integrada ao ensino de Física com aspectos interdisciplinares baseada na irradiação de alimentos, visando a promoção da Alfabetização Científica. 3) Avaliar os impactos da proposta didática metodológica na construção da Alfabetização Científica dos estudantes, com foco na compreensão de temas científicos contextualizados à realidade amazônica.

Em vista disso, esta dissertação é composta por seis seções: a primeira refere-se à introdução mostrando uma visão abrangente do tema em questão, evidenciando os objetivos a serem alcançados, a relevância do problema e as questões que norteiam a pesquisa. A segunda, está relacionada ao referencial que constitui a base teórica da pesquisa, como os conceitos e pesquisas relacionados ao tema. Dentro deste tópico são apresentados os principais aportes teóricos que dão suporte para a construção de referências.

Na terceira, os procedimentos metodológicos, mostrando desde a abordagem utilizada para a construção dos dados e como estes são analisados. Enquanto que na quarta, é exibido a estrutura de categorização construídas e os resultados obtidos durante o estudo, assim como também a análise aprofundada dos mesmos, conforme o referencial teórico.

Na quinta seção é exposta a estrutura do Produto Educacional intitulado: Irradiação Ionizante na Conservação de Alimentos: Uma proposta didática integrada ao ensino de Física com foco na Alfabetização Científica. E por fim, na sexta seção são apresentadas as considerações finais da pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico deste estudo será abordada a utilização técnica da Irradiação de Alimentos. Para compreender essa técnica, inicialmente, estabelecemos um diálogo sobre a radiação, que é o fenômeno base, apoiando-nos em autores que exploram o seu percurso histórico, quanto ao processo de consolidação para uso na conservação e segurança dos alimentos. Além disso, analisamos o processo físico, os limites curriculares, as possibilidades didáticas, as conexões interdisciplinares na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Apresentamos também um breve panorama histórico, as regulamentações vigentes no Brasil e perspectivas educacionais no contexto amazônico. Por fim, destaca-se, ainda, a relevância do ensino de Física para contextualizar essa tecnologia e contribuir para a ampliação da Alfabetização Científica (AC) dos estudantes.

2.1 DA HISTÓRIA DA RADIAÇÃO E SUA INSERÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: CAMINHOS PARA ABORDAR A IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Para falar sobre a temática da irradiação de alimentos na educação básica, exige-se uma abordagem inicial sobre o que se compreende por radiação e como ela atravessa a história da ciência e da tecnologia. Como esse assunto muitas vezes é cercado por desinformação e mitos, logo, não é interessante abordá-lo sem que os estudantes compreendam sua base científica e todo seu percurso histórico (Pinto; Marques, 2010).

Além disso, por se tratar de um fenômeno natural e manipulável, a radiação perpassa por diversas áreas do conhecimento e tem utilização que vai da medicina à conservação de alimentos (Lima, 2007). Nesse sentido, para favorecer a AC dos estudantes, torna-se relevante abordar sua definição, natureza e os marcos históricos que possibilitaram o desenvolvimento de tecnologias como a irradiação de alimentos, tema central deste capítulo.

A Radiação, conforme Okuno (2018), é uma forma de energia em trânsito, assim como o calor é energia. Ela é “emitida por uma fonte e se propaga em qualquer meio, de um ponto a outro, sob a forma de partícula com ou sem carga elétrica, ou ainda sob a forma de onda eletromagnética” (Okuno, 2018, p. 18).

A sua história e descoberta começaram no final de 1895 com a existência dos raios X por Wilhelm Conrad Rontgen, que era pesquisador no campo da eletricidade e também professor universitário. O Quadro 1 apresenta uma síntese da história da radiação, começando por essa descoberta e incluindo as contribuições de Henri Becquerel, Marie Curie, Ernest Rutherford, Irene

Frédéric, Jolie-Curie, até o desenvolvimento da fissão nuclear com Enrico Fermi. Além disso, destaca também os principais eventos marcantes relacionados ao tema, como os avanços científicos e o lançamento das primeiras bombas atômicas.

Quadro 1: Síntese da história da radioatividade, desde as primeiras descobertas até aos acidentes nucleares que marcaram o século XX e XXI.

Ano	Pesquisador	Descoberta	Episódio científico
1895	Wilhelm Rontgen	Descoberta os raios X	Descobre os raios X, enquanto trabalhava com tubos de raios catódicos.
1896	Henri Becquerel	Descoberta da Radioatividade Natural	Ao estudar a fluorescência de sais de urânio, descobre a radioatividade, sem necessidade de luz externa.
1898	Marie e Pierre Curie	Descoberta do Polônio e do Rádio	Descobrem o polônio e o rádio, identificando mais formas de radiação natural.
1903	Henri Becquerel, Marie e Pierre Curie	Prêmio Nobel pela Radioatividade	Os três cientistas receberam o Prêmio Nobel de Física pelo seu trabalho pioneiro em radioatividade.
1911	Ernest Rutherford	Modelo Atômico de Rutherford	Descobre o núcleo atômico por meio de experiências com partículas alfa, abrindo caminho para entender melhor a radiação nuclear.
1934	Irene e Frédéric Jolie-Curie	Radioatividade artificial	Conseguem criar elementos radioativos artificiais, demonstrando que a radioatividade pode ser induzida.
1942	Enrico Fermi	Primeira reação nuclear em cadeia controlada	Conduz a primeira reação nuclear em cadeia na Universidade de Chicago, marcando o início da era nuclear.
Ano	Evento	Local	Descrição
1945	Bombas Atômicas sobre Hiroshima e Nagasaki	Projeto Manhattan	O lançamento de bombas atômicas pelos EUA revela ao mundo o poder destrutivo da radiação e da fissão nuclear.
1954	Primeira Central Nuclear Comercial	União Soviética	A primeira central nuclear comercial, em Obninsk, Rússia, começa a produzir energia elétrica.
1986	Desastre de Chernobyl	Ucrânia (União Soviética)	A explosão na central de <i>Chernobyl</i> causou o maior acidente nuclear da história, liberando grandes quantidades de radiação.
2011	Acidente Nuclear de Fukushima	Japão	Um terremoto e tsunami provocam um acidente nuclear na central de <i>Fukushima</i> , levando à liberação de radiação

Fonte: Elaboração própria, com base em Okuno (2018).

Esse percurso histórico da radiação das descobertas pioneiras ao uso comercial e aos acidentes nucleares, abre caminho para compreendermos como a radiação se tornou onipresente em diversos setores (saúde, energia, alimentos). Desse modo, é possível estabelecer uma transição natural para a discussão de sua inserção no ensino de ciências, uma vez que compreender sua evolução histórica permite contextualizar suas aplicações tecnológicas e sociais contemporâneas, favorecendo o desenvolvimento da AC e o pensamento crítico dos estudantes (Pinto: Marques, 2010, El-Hani; Mortimer, 2007; Azizoglu et al. 2022). Brasil (2018), afirma que a abordagem mais ampla da radiação pode proporcionar aos estudantes o entendimento mais completo das transformações nucleares e dos seus fenômenos relacionados. Isso fará com que eles percebam sua presença e o seu constante uso em diversos lugares e em inúmeras áreas. Assim, enfatiza que:

Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica. (Brasil, 2018, p. 555)

Nesse mesmo contexto, a radiação e suas relações, de acordo com Pinto e Marques (2010), é um tema relevante quando se pensa em conteúdo para serem abordados e trabalhados no ensino médio, por estar ligada diretamente ao cotidiano dos estudantes. Lima (2007) também afirma que a radiação se torna indispensável para educação de qualquer cidadão, estando presente em inúmeros aspectos de sua vida. Segundo ele “[...] O incremento da aplicação das radiações torna-as presentes em todo o cotidiano (doméstico, ambiental, terapia e diagnóstico, telecomunicações, esterilização de alimentos, etc) [...]” (Lima, 2007, p. 2).

Em consonância a isso, Namorato et al. (2017), ressalta que mesmo a radiação ter sido descoberta há mais de cem anos, é pouco explorada nas instituições de ensino. Nesse sentido, Okuno (2018) enfatiza que em cursos de nível médio a radiação quase nunca é ministrada de forma abrangente, possivelmente porque as horas-aula são insuficientes para discorrer além do que é exigido nos exames vestibulares, e também porque os próprios professores possuem pouco conhecimento nessa área devido ao fato de que a Física das radiações não faz parte do elenco das disciplinas obrigatórias das escolas de bacharelado e licenciatura em Física.

Além disso, em contrapartida, existem alguns eventos transmitidos pelas mídias, dando destaque apenas a desastres como *Chernobyl*¹ e o da Usina de *Fukushima*², influenciando ainda mais a percepção negativa em termos da palavra radiação, levando-as a associar somente como situações ruins e perigosas. O resultado disso é o desconhecimento e as concepções erradas, justamente por estas informações serem relacionadas somente a esses fatos, que muitas vezes são abordados sem um rigor científico, fazendo com que o cidadão seja levado a pensar que tudo referente a isso se torna perigoso (Lima, 2007).

Logo, vê-se a importância que os estudantes não compreendam a temática somente de forma artificial para cumprir a grade curricular, é necessário aprofundá-la. Pinto e Marques (2010), ressaltam que, geralmente, esses tópicos são incluídos no livro didático de forma mais abrangente somente na segunda ou terceira série do ensino médio, no final da unidade didática, já não restando

¹ Acidente nuclear catastrófico ocorrido em 26 de abril de 1986 na Usina Nuclear de Chernobyl, quando um de seus reatores explodiu liberando radiação para a atmosfera (Okuno, 2018).

² Desastre nuclear ocorrido na usina homônima na costa nordeste do Japão. Seis reatores nucleares foram derretidos devido ao resfriamento do tsunami de Tohoku, resultando em explosões por acumulação de hidrogênio (Okuno, 2018).

tempo necessário para explorá-lo.

Para além dessa limitação apontada pelos autores, observa-se que nos livros didáticos a abordagem da radiação normalmente é restringida aos aspectos técnicos e conceituais, que na maioria das vezes não está de acordo com as vivências dos estudantes. A linguagem adotada é teórica, com foco em classificação, como radiação ionizante e não ionizante, além de fórmulas, o que pode dificultar a compreensão sobre seus impactos e utilização tecnológica.

No que tange a BNCC a radiação aparece explicitamente no componente curricular de Física, no eixo estruturante “Ciência e Tecnologia”, propondo que os estudantes possam compreender os fenômenos radioativos em áreas como saúde, energia e alimento. No entanto, a Base também ressalta sobre a necessidade de abordagens interdisciplinares e contextualizadas, o que nem sempre é refletido na prática escolar ou nos materiais didáticos utilizados (Brasil, 2018).

Outro fator que dificulta esse processo é que a maioria dos docentes não dispõe de dispositivos que fomentem o interesse e a curiosidade dos estudantes para obter conhecimentos científicos apropriados da temática. A mudança seria alicerçar o conhecimento técnico-científico do assunto com uma abordagem mais abrangente, principalmente ao trazer as situações reais vivenciadas para a sala de aula.

Nesse viés, concordamos com Bez, Alexandre e Costa (2013) e Brito (2019), quando destacam que é preciso que os docentes estejam preparados para a construção do conhecimento sobre o fenômeno e desmistifiquem, para os estudantes, a ideia de que a radiação e suas relações sejam assuntos complexos, mostrando seu lado positivo e negativo, esclarecendo seus benefícios e perigos.

Pelo que foi exposto anteriormente, percebemos que o estudo da radiação envolve questões atuais da sociedade. Silva, Campos e Almeida (2012) destacam sua importância, pois contempla diversas áreas de ensino, dentre elas o ensino de Ciências com maior ênfase na Física e na Química. Já as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei Nº. 9394/96) enfatizam no seu artigo 3º, que o ensino precisa ser ministrado com base nos princípios da liberdade de pesquisar, divulgar a arte e o saber. Do mesmo modo, Amazonas (2021) afirma que essa etapa é decisiva para o estudante explorar diferentes áreas antes da formação profissional.

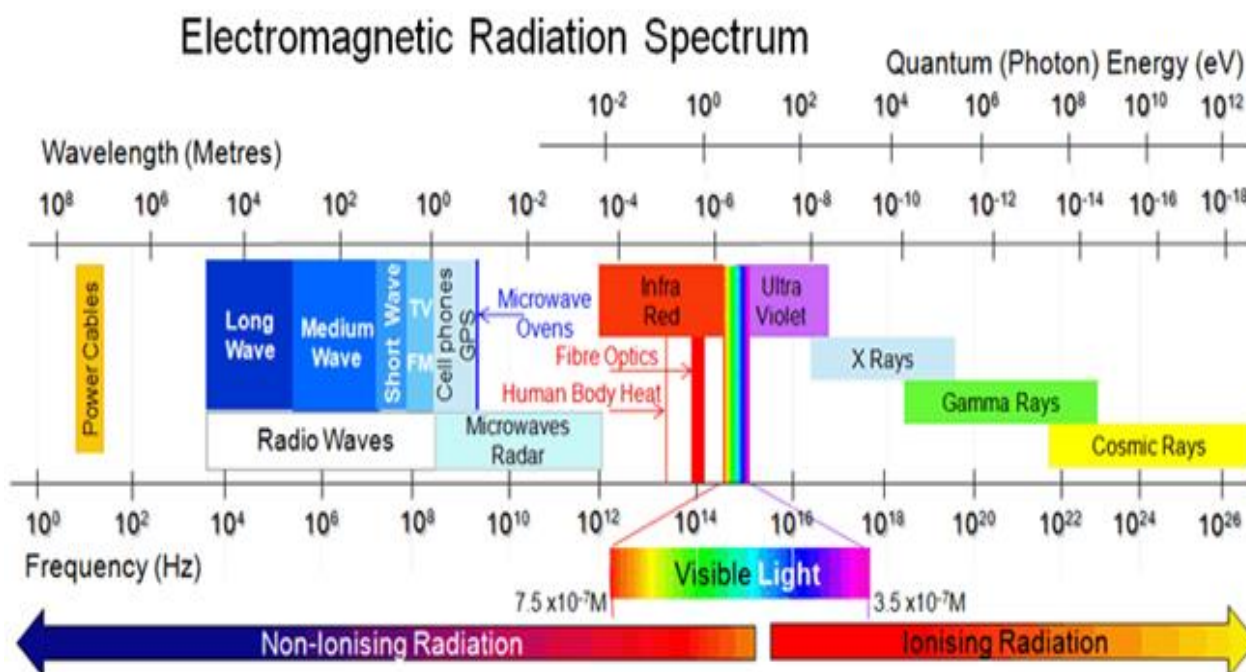
Desse modo, é essencial que o currículo de Ciências contemple inúmeros conceitos técnicos, não somente como o da radiação, mas que possa incentivar os estudantes a refletirem sobre seus impactos éticos na sociedade e no meio ambiente. A inserção desses temas durante as aulas podem contribuir para que eles percebam que a ciência não é algo fechado, mas pode ser concebida como um campo amplo que relaciona inúmeras questões. Dessa maneira, a formação dos estudantes deve

ser voltada para que eles consigam participar e atuar de modo consciente em questões que permeiam a sociedade, como questões sociais contemporâneas.

2.1.1 Irradiação de alimentos: entendendo o processo físico

A irradiação, em consonância com o *Institute of Food Science & Technology* (2022), refere-se a um processo cujo material é intencionalmente exposto à radiação, utilizando fontes com diferentes comprimentos de onda e grau de potência (mostrados na Figura 1), e a penetração nos materiais depende do comprimento dessa onda.

Figura 1: Espectro da radiação eletromagnética: há as indicações das faixas de radiação classificando conforme o comprimento de onda, frequência e energia dos fótons. São destacadas as regiões de radiação não ionizante (ondas de rádio, microondas, infravermelho e luz visível) e ionizante (ultravioleta, raios X, raios gama e raios cósmicos) evidenciando a transição energética entre ambas. A luz visível ocupa uma faixa estreita no centro do espectro.



Fonte: Institute of Food Science & Technology (2022).

No espectro eletromagnético (Figura 1), estão contidos todos os tipos de ondas com suas respectivas características como comprimento, energia e frequência. No que se refere às medidas, todas elas estão localizadas na linha superior, que fazem parte das energias dos fótons em elétrons-volts³ (eV) que aumentam da esquerda para a direita.

Na linha central é exibido o comprimento de onda em metros, indo de muito longas à esquerda como as ondas de rádio, até extremamente curta à direita, como os raios cósmicos, e por último a

³Elétron-volts (eV) é a quantidade de energia que um elétron adquire ao passar por uma diferença de potencial de 1 volt (Agbaka; Ibrahim, 2020).

base do espectro que exibe a frequência em Hertz⁴ (Hz), que aumenta da esquerda para a direita, ou seja, quanto menor o comprimento de onda, maior será a frequência.

Ainda nesse contexto, nota-se que o espectro está dividido em várias regiões, da menos a mais energética. As faixas entre as ondas de rádio até a luz visível são consideradas menos energéticas correspondendo às radiações não ionizantes, que possuem frequências mais baixas, comprimentos de onda mais longos e conseqüentemente transportam menos energia por fóton (Institute of Food Science & Technology, 2022).

Mediante a essas características, essas radiações não têm capacidade de ionizar átomos e moléculas, ou seja, não conseguem arrancar elétrons das estruturas atômicas, podendo apenas fazer as moléculas vibrarem, induzir o aquecimento, estimular a visão e transmitir sinais, logo não sendo utilizadas para alguns processos físicos como o da irradiação de alimentos (Agbaka; Ibrahim 2020).

Para a técnica da irradiação de alimentos, que está relacionada a um processo físico em que os alimentos são expostos à ação direta de feixes eletrônicos ou eletromagnéticos para garantir a segurança sanitária e aumentar sua vida útil, é utilizada a radiação ionizante, pois ela tem mais capacidade energética para ionizar os átomos e podem alterar estruturas moleculares, incluindo até mesmo o DNA⁵ (Agbaka; Ibrahim 2020).

Desse modo, dentro do espectro as radiações ionizantes estão posicionadas entre as ondas eletromagnéticas de alta energia, como os raios X, gamas, ultravioletas e cósmicos, sendo eficiente nos seguintes processos:

[...] Esterilização e na redução da presença viável de microrganismos patogênicos, seja na irradiação de instrumentos médicos, embalagens ou alimentos, pois elétrons de alta velocidade, raios gama e raios X, e os radicais livres que eles produzem, desnaturam o DNA e o RNA (ácido ribonucleico). A ruptura das fracas ligações de hidrogênio entre os nucleotídeos impede a replicação do DNA e do RNA e causa a morte celular, exercendo efeitos mínimos em tecidos não vivos. [...] pode retardar processos celulares, como o amadurecimento de frutas, o que levaria à decomposição ou brotação prematura de vegetais (Institute of Food Science & Technology, 2022).

No que diz respeito aos processos físicos e químicos para o processamento da irradiação de alimentos, dentre as diversas fontes de radiação ionizantes, são utilizados apenas os raios gama (γ), os elétrons acelerados que também podem ser convertidos em raios X, pois as outras partículas podem

⁴Frequência (Hz) é a unidade de medida que representa o número de oscilações, ciclos ou vibrações que uma onda completa em um segundo (Agbaka; Ibrahim, 2020).

⁵ DNA (Ácido Desoxirribonucleico) é uma molécula presente no núcleo das células dos seres vivos que carrega toda a informação genética de um organismo (Agbaka; Ibrahim, 2020).

induzir radioatividade (Agbaka; Ibrahim, 2020). Em decorrência disso, os autores defendem que a energia do elétron é limitada de no máximo 10 MeV⁶ e a dos raios X a 5 MeV durante todo o processo.

Esses tipos de radiações, possuem características distintas em relação à origem, penetração, controle de emissão e aplicação. Devido a isso, quando utilizadas para irradiar um alimento é preciso que a escolha da fonte seja adequada e de acordo com a densidade do alimento e o objetivo pretendido. O Quadro 2, apresenta uma comparação entre essas fontes, destacando suas características como propriedades, vantagens, limitações, etc.

Quadro 2: Quadro comparativo das fontes de Irradiação de alimentos: Raios Gamas, Feixes de Elétrons e Raios X

Característica	Raios Gama (γ)	Feixe de Elétrons	Raios X
Origem	Isótopos radioativos como Cobalto-60 (^{60}Co) e Césio-137 (^{137}Cs)	Gerado por uma arma de elétrons com campos magnéticos.	Gerado pela colisão de feixes de elétrons em alvo metálico pesado.
Energia Emitida	Cobalto-60: 1,17 e 1,33 MeV; Césio-137: 0,66 MeV.	Até 10 MeV (geralmente até 5 MeV para alimentos).	Até 5 MeV para alimentos.
Penetração	Alta – vários pés de profundidade.	Limitada – cerca de 2,5 cm (1 polegada).	Alta – comparável aos raios gama.
Controle de emissão	Não pode ser ligada/desligada; emissão contínua.	Pode ser ligada/desligada.	Pode ser ligada/desligada.
Blindagem/Requisitos de proteção	Necessária blindagem rigorosa (concreto, água).	Menos exigente que os raios gama.	Blindagem moderada.
Risco de radioatividade residual	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Aplicações típicas	Especiarias, frutas, vegetais, mariscos, ovos, aves.	Redução microbiana em mirtilos, carne seca, esterilização superficial.	Alternativa ao gama para alimentos densos; usado em exportações.
Efeitos nos alimentos	Se mal dosado pode afetar textura e sabor.	Pode afetar cor, sabor e textura em doses altas.	Não gera subprodutos tóxicos.
Vantagens	Alta penetração, eficaz contra microrganismos internos.	Boa eficiência, energia controlável, rápido.	Alta penetração, sem uso de isótopos, controle total.
Desvantagens	A fonte não pode ser desligada exigindo segurança rígida.	Baixa penetração; limita uso em alimentos densos.	Custo mais alto que feixe de elétrons, mas inferior ao gama.

Fonte: Elaboração própria, com base em Agbaka e Ibrahim (2020).

⁶ Megaelétron-volt é uma unidade de energia que equivale a uma unidade de energia 1 MeV= 1.000.000 eV (Agbaka; Ibrahim, 2020).

Em síntese, o processo físico da irradiação de alimentos dependerá diretamente da escolha e das fontes das radiações ionizantes que deve considerar qual a natureza do alimento, pois elas permitirão alterar as estruturas moleculares e inativar microrganismos sem deixar resíduos radioativos. Ter a compreensão sobre essas diferenças é importante para garantir um processo seguro, contribuindo para que a qualidade do alimento seja preservada, além de sua aceitação no mercado nacional e internacional.

Outro fator essencial para ser compreendido é o nível de dosagem. Essa dosagem, conforme descrito por Ventura et al. (2010) e Shahirin et al., (2021), é expressa em Gray (Gy), sendo que 1 Gray é equivalente à absorção de 1 joule de energia por quilograma de material e em alimentos é utilizado comumente o Kilogray (kGy), equivalente a mil Grays, e a dosagem aplicada nos alimentos vai depender do objetivo e pode variar conforme o tipo e efeito desejado.

Doses baixas são aquelas entre 0,1 a 1 kGy, voltadas para a inibição de brotamento, controle de pragas e patógenos em alimentos como peixe, carne seca, frutas frescas e secas entre outros. As doses médias entre 1 e 10 kGy, utilizadas para a redução de microrganismos deteriorantes e patogênicos como por exemplo em peixe fresco, morangos, cogumelos, mariscos, aves e carne, e para melhorar propriedades tecnológicas, como a redução do tempo de cozedura de vegetais murchos e prolongamento da vida útil de alimentos (Shahirin et al., 2021).

Os autores sustentam também sobre as doses altas, superior a 10 kGy, entre 10 e 50 kGy, que são usadas para fins de esterilização de carne, aves, mariscos e outros alimentos prontos, em combinação com aquecimento mínimo para inativar enzimas, bem como para a desinfecção microbiana de alimentos e ingredientes específicos, como especiarias, condimentos e preparações enzimáticas.

Para uma melhor compreensão da utilização prática das diferentes faixas dessas doses (baixa, média e alta) de irradiação, o Quadro 3 faz um resumo dessas três categorias conforme o nível de energia absorvida e o efeito desejado por tipo de alimento.

Quadro 3: Dosagem de radiação por tipo de alimento e objetivo que se pretende alcançar

Categoria da Dose	Faixa (kGy)	Objetivo	Exemplo de alimento
Baixa	0,1-1,0	Inibição de brotação, controle de pragas, atraso da maturação.	Batatas, cebolas, mangas, carne seca, frutas secas
Média	1-10	Redução de microrganismos patogênicos e deteriorantes, aumento da vida útil.	Morangos, cogumelos, peixe fresco, carne, frango

Alta	10-50	Esterilização completa, inativação enzimática, desinfecção de ingredientes.	Especiarias, condimentos, refeições prontas, rações especiais.
------	-------	---	--

Fonte: Elaboração própria, com base em Shahirin et al. (2021).

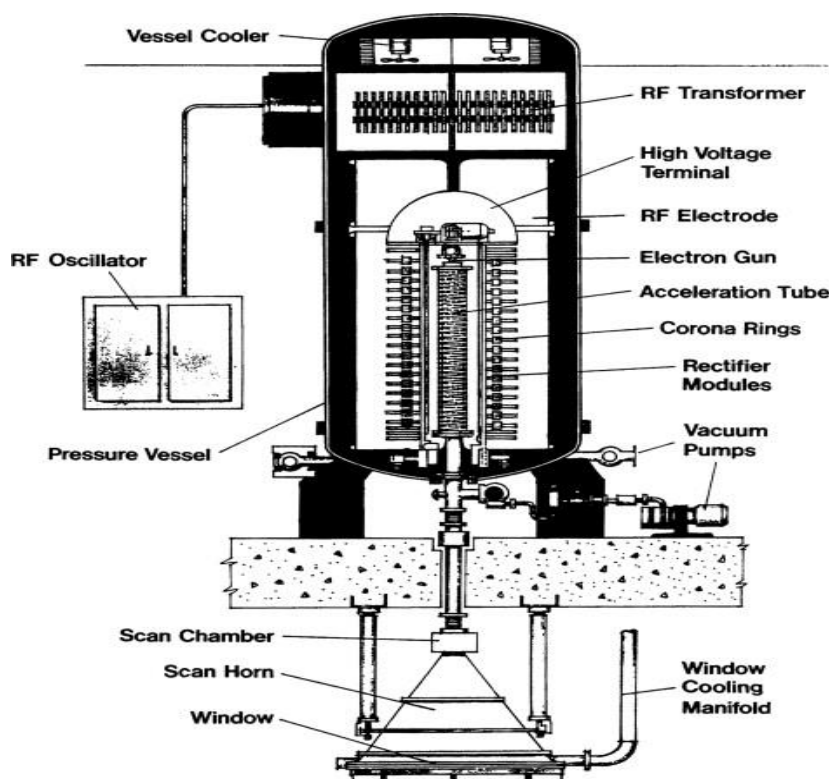
Compreender sobre essas categorias de dosagem é necessária para que o processo físico da irradiação seja eficiente e seguro. Durante a aplicação, os alimentos que já podem estar embalados com embalagens apropriadas para resistir à radiação e não liberar contaminantes, são posicionados em suportes, como bandejas dentro de câmeras blindadas chamadas de irradiadores (de feixes de elétrons, de raios X e gama), (Ratner, 2012).

Nesse contexto, cada irradiador é utilizado para uma finalidade, pois possuem fontes distintas como mostradas no Quadro 2, logo, cada uma dessas fontes tem objetivos, características, energia emitida, penetração e efeitos de formas diferentes. Assim sendo, trazemos como exemplo esquemático geral apenas um desses irradiadores devido ao grande volume de informação, e o analisaremos pautados em Ratner (2012).

Escolhemos assim, o irradiador de feixe de elétron (Figura 2, com a tradução⁷ dos termos presentes na figura), em que a sua radiação tem capacidade de quebrar o DNA, ou matar bactérias, impedindo-as de se reproduzirem nos alimentos. Além disso, o mesmo tem um procedimento relativamente simples, com um processo contínuo mais econômico, convertendo eletricidade por meio de uma fonte de filamento de tungstênio que aceleram os elétrons e direcionam para o alimento que será irradiado e consiste em quatro sistemas principais: Gerador de tensão, Tubo de aceleração com Canhão de Elétrons, Câmara e Corneta de varredura e Sistema de Controle Ratner (2012).

Figura 2: Esquema técnico de um irradiador de feixe de elétrons (acelerador linear). Toda a sua estrutura é composta por quatro sistemas principais. O primeiro, é o **gerador de tensão**, representado pelo oscilador e transformador de radiofrequência (RF), responsável de converter energia elétrica em alta frequência; O segundo, se refere ao **tubo de aceleração com o canhão de elétrons** e os anéis de corona, responsável por gerar e acelerar os elétrons; Já o terceiro, equivale a **câmara e corneta de varredura**, que direcionam o feixe de elétrons em forma de cortina sobre o alimento; e o quarto é o **sistema de controle e resfriamento**, com bombas de vácuo e o coletor de refrigeração da janela, garantindo estabilidade e segurança operacional. A estrutura é montada em um recipiente pressurizado e blindado para impedir a liberação de radiação, sendo essencial para a irradiação eficaz e segura de alimentos.

⁷Traduções dos termos: **Vessel Cooler** (resfriador do reservatório), **RF Transformer** (transformador de radiofrequência), **High Voltage Terminal** (terminal de alta voltagem), **Electron Gun** (canhão de elétrons), **Acceleration Tube** (tubo de aceleração), **Corona Rings** (anéis de corona), **Rectifier Modules** (módulos retificadores), **Vacuum Pumps** (bombas de vácuo), **Pressure Vessel** (recipiente pressurizado), **RF Oscillator** (oscilador de RF), **Scan Chamber** (câmara de varredura), **Scan Horn** (corneta de varredura), **Window** (janela de saída do feixe), **Window Cooling Manifold** (coletor de resfriamento da janela).



Fonte: Adaptado de Ratner (2012)

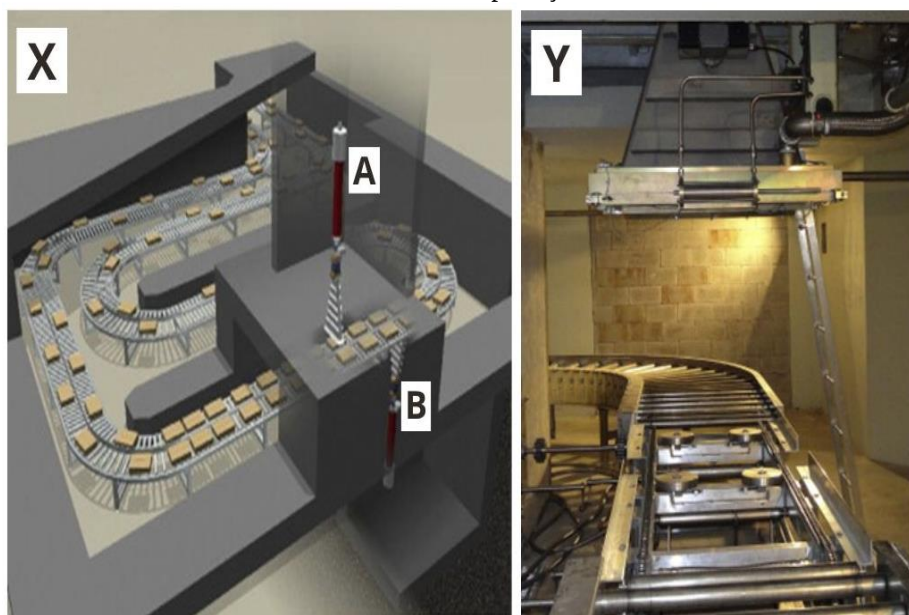
O **Gerador de tensão** é responsável em converter a energia elétrica comum em energia de alta voltagem e em corrente contínua que se torna necessária para acelerar os elétrons. Por meio de um oscilador é transformada a corrente alternada em radiofrequência que também será convertida em tensão ultra alta por meio de retificadores e um transformador ressonante.

Toda essa transformação é usada no **Tubo de aceleração com Canhão de Elétrons**, onde os elétrons são gerados e acelerados a velocidades extremamente altas. Esses elétrons entram em um tubo a vácuo (tubo de aceleração), passando por anéis metálicos que ajudam a manter a estabilidade e o direcionamento, sua aceleração tem um feixe de elétrons de alta energia.

Dentro da **Câmara e Corneta de varredura**, o feixe de elétrons é varrido lateralmente para cobrir uma área maior de alimento. O produto geralmente passa por esse feixe em transportadores de rolos como mostrado na ilustração da Figura 3 (X), e todo esse sistema de forma real é evidenciado na Figura 3 (Y). Nesse processo, é utilizado um campo magnético oscilante para transformar o feixe estreito em um tipo de cortina larga entre 1 a 2,5 metro de largura, dessa forma, o feixe atravessa uma janela fina de titânio, que atua como um filtro final antes de atingir o alimento.

Figura 3: (X) Esquema ilustrativo de uma instalação de irradiação gama com movimentação automatizada. Essa estrutura representa a área de exposição dos produtos alimentícios (em bandejas) à radiação ionizante emitida por fontes de Cobalto-60, posicionadas nas colunas A e B. Os alimentos percorrem o circuito por meio de esteiras transportadoras, garantindo exposição uniforme à radiação, com a fonte sendo elevada e recolhida conforme o ciclo de irradiação. (Y) Imagem real de uma esteira transportadora em uma câmara de irradiação de alimentos, mostrando parte do sistema de

movimentação utilizado para posicionar e transportar as bandejas com alimentos durante o processo de exposição à radiação ionizante. Acima da esteira, observa-se a estrutura de proteção e controle da fonte.



Fonte: Adaptado de Ratner (2012).

E por último, o autor evidencia que no Sistema de Controle do irradiador é monitorado para que tudo funcione de forma segura, desde a tensão até a dose de radiação, incluindo travamento de segurança para que ninguém entre na câmara enquanto o acelerador estiver ligado. Vale ressaltar que os irradiadores são projetados com uma estrutura completamente blindada, contendo barreiras físicas espessas e normalmente feitas de chumbo ou concreto para impedir a liberação da radiação para o ambiente externo.

Todo esse cuidado é essencial para manter e garantir que os trabalhadores que operam essas máquinas fiquem seguros, assim como também o público e o meio ambiente, visto que a radiação ionizante mesmo sendo eficaz no tratamento de alimentos pode ser prejudicial, caso não seja devidamente contida.

2.1.2 Conceitos de Física na Irradiação de Alimentos: limites curriculares, possibilidades didáticas e conexões interdisciplinares na BNCC

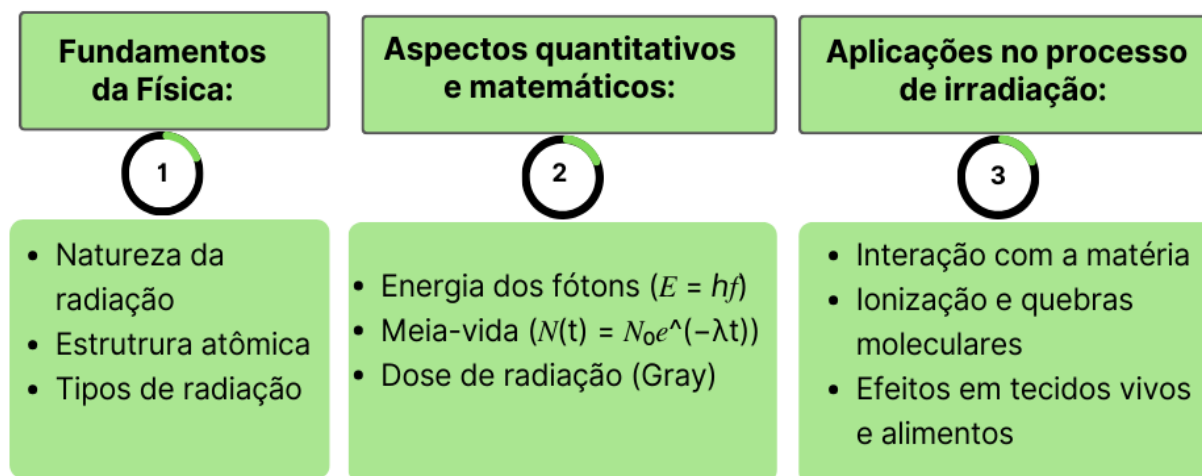
A irradiação de alimentos envolve conceitos fundamentais de Física e aparece na BNCC no eixo “Ciência e Tecnologia”, embora sua abordagem nas escolas ainda seja limitada e pouco contextualizada à realidade dos estudantes (Moreira, 2011). No Amazonas, a temática integra o portfólio da Unidade Curricular de Aprofundamento (UCA), componente específico da 3ª série do Novo Ensino Médio (NEM).

A experiência de trabalhar esse conteúdo em sala de aula, evidenciou que apesar de se tratar

de uma técnica científica complexa, sua exploração pedagógica ainda gera lacunas, revelando a necessidade de estratégias que unam o rigor conceitual a AC e a articulação com outras áreas do conhecimento (Japiassu, 2006; Sasseron; Carvalho, 2018; Delizoicov; Auler, 2011).

Conforme Angotti e Auth (2001), para ensinar conceitos é importante uma estruturação a partir de fundamentos, aspectos matemáticos e aplicações tecnológicas. Desse modo, a Figura 4 sintetiza os principais conceitos da Física essenciais envolvidos no processo da irradiação, como estrutura atômica, natureza da radiação, energia dos fótons, meia-vida e interação da radiação com a matéria. Esses conceitos formam uma base para compreender além da teoria, ou seja, conectam-se às práticas de conservação de alimentos respaldados por evidências científicas (Mshelia et al., 2023; Halliday, Resnick e Walker, 2016).

Figura 4: Fluxograma dos conceitos físicos envolvidos no processo da irradiação de alimentos. Os primeiros conceitos estão relacionados aos Fundamentos da Física, como estrutura atômica, natureza da radiação e tipos de radiação que são essenciais para a compreensão inicial do fenômeno. Em seguida, destacam-se os aspectos quantitativos e matemáticos, com as equações utilizadas no cálculo da energia dos fótons e da meia-vida. Por fim, são apresentadas as aplicações no processo de irradiação, relacionadas a interação da radiação com a matéria, incluindo a ionização, quebras moleculares e os efeitos nos tecidos vivos e em alimentos.



Fonte: Elaboração própria, com base em Mshelia et al. (2023) e Halliday, Resnick e Walker (2016).

Esses conceitos apresentados na Figura 4, quando detalhados com os estudantes, contribuem não somente para o entendimento da irradiação de alimentos, mas para a compreensão da ciência como prática social e tecnológica (Angotti; Auth, 2001). Nesse sentido, os fundamentos da Física constituem o ponto de partida para essa aprendizagem, exigindo uma abordagem inicial sobre a natureza da radiação.

A compreensão da estrutura atômica é essencial, pois a radiação interage com os átomos e moléculas provocando a ionização e alterações que explicam os efeitos da irradiação na conservação dos alimentos. Compreender esses mecanismos, contribui para esclarecer sobre os efeitos da radiação e reforça por que os alimentos irradiados permanecem seguros e com qualidades para serem

consumidos (Mshelia et al., 2023).

Além dos aspectos qualitativos, é imprescindível considerar os aspectos quantitativos e matemáticos que são necessários para controlar e utilizar a irradiação com segurança. A energia dos fótons ($E^8 = hf$) e o conceito de meia-vida ($N(t)^9 = N_0 e^{-\lambda t}$) permitem quantificar a intensidade e duração da radiação, garantindo a aplicação segura da técnica (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Couto; Santiago, 2010).

No que se refere às aplicações práticas, a sua interação com a matéria está relacionada com a forma como a radiação ionizante penetra nos alimentos e transfere energia aos átomos ao longo do trajeto. Essa interação depende do tipo de radiação, da energia envolvida e também das propriedades do material irradiado. É por meio desse mecanismo que é possível, por exemplo, inibir o amadurecimento ou brotação e prolongar o tempo de vida do alimento (Shahida et al., 2021).

Esse processo ocorre devido à ionização e às quebras moleculares que provocam rupturas das ligações químicas, especialmente o DNA de microrganismos. Além disso, essa ação é responsável pela formação dos radicais livres que danificam as estruturas celulares e inibem a reprodução de bactérias e fungos, mesmo sem muitas vezes matá-los imediatamente (Danyo; Ivantsova; Selezneva, 2023).

Conforme Danyo, Ivantsova e Selezneva, (2023), os efeitos físico-químicos em tecidos vivos e alimentos são totalmente controlados: nos microorganismos ocorrem danos ao material genético, impedindo sua multiplicação, enquanto que nos alimentos são preservados o sabor, a textura e valor nutricional desde que seguidas as doses recomendadas. Vale ressaltar que o alimento não se torna radioativo, justamente por que a energia utilizada não é suficiente para alterar o núcleo dos átomos, afetando somente os elétrons periféricos.

Diante do exposto, e em relação à BNCC é recomendado que os saberes científicos como a irradiação de alimentos possam se relacionar às demandas sociais, tecnológicas e ambientais, e ir além dos conceitos físicos, na qual essa abordagem promova para os estudantes a reflexão crítica e sua formação cidadã, possibilitando a integração com diferentes áreas de conhecimentos.

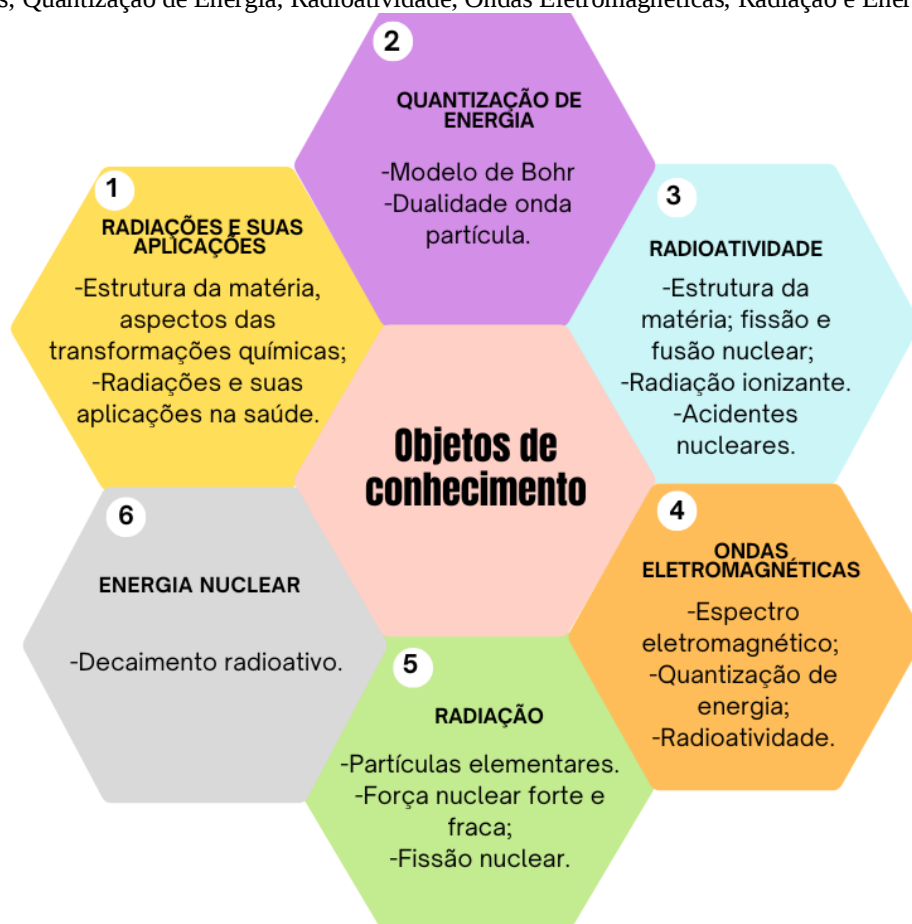
Entretanto, embora seja perceptível todo o seu potencial didático e interdisciplinar, a presença da temática nos livros de Física do NEM ainda é reduzida, citada apenas como simples exemplo,

⁸**E**: energia do fóton (em joules, J); **h**: constante de Planck (aproximadamente $6,63 \times 10^{-34}$ J·s); **f**: frequência da radiação (em hertz, Hz).

⁹ **N(t)**: quantidade de núcleos radioativos no tempo; **N₀**: quantidade inicial de núcleos radioativos; **λ**: constante de decaimento (em s⁻¹); **t**: tempo (em segundos, s ou outra unidade de tempo); **e**: base do logaritmo natural (aproximadamente 2,718).

possivelmente devido ao fato de que a irradiação é tratada apenas como uma aplicação da radiação que é o fenômeno base. Nesse sentido, para saber como esse fenômeno está organizado atualmente, a Figura 5 traz uma síntese dos objetos de conhecimentos, baseada em Fernandez et al. (2021).

Figura 5: Objetos de conhecimento que envolvem o ensino da radiação no NEM organizados em seis tópicos: Radiações e suas aplicações, Quantização de Energia, Radioatividade, Ondas Eletromagnéticas, Radiação e Energia Nuclear.



Fonte: Elaboração própria, com base em Fernandez et al. (2021).

O que se observa com a distribuição dos objetos de conhecimento é uma abordagem que privilegia aspectos mais teóricos e técnicos com pouca contextualização e escassa aplicação prática. Nessa perspectiva, a Lei nº 13.415 de 16 de fevereiro de 2017 estabelece que o currículo do ensino médio deve ser “[...] organizado por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local [...]”. Compreende-se assim, que essa diretriz aponta para a necessidade e possibilidade de adaptar e conectar os conteúdos com a realidade regional e as diferentes áreas do conhecimento.

É nessa perspectiva que esta pesquisa propõe dar ênfase à temática da irradiação de alimentos e utilizá-la como um eixo articulador entre o currículo, ciência e formação cidadã. A proposta envolve atividades contextualizadas no contexto amazônico, como forma de promover aprendizagens significativas e aproximar o conteúdo da realidade dos estudantes. Ao mesmo tempo, tem o intuito

de oferecer subsídios aos docentes para trabalharem a temática de maneira conectada, interdisciplinar e socialmente relevante.

Nesse sentido, o Quadro 4 apresenta uma síntese da relação entre as unidades temáticas e os objetos de conhecimento definidos nesta pesquisa e as áreas envolvidas, Física, História, Biologia, Química, Geografia e Língua Portuguesa, indicando também algumas das habilidades e competências previstas na BNCC, juntamente com as atividades realizadas, evidenciando como a irradiação de alimentos pode ser trabalhada de forma integrada. Ressalta-se que foi selecionada apenas uma competência e uma habilidade de cada área do conhecimento para compor essa conexão, escolha motivada pelo grande volume de informações que seria gerado. As demais competências e habilidades relacionadas a esta pesquisa encontram-se na íntegra no Apêndice D.

Quadro 4: Relação entre os objetos de conhecimentos, áreas do conhecimento, habilidades da BNCC e as atividades desenvolvidas sobre a temática da irradiação de alimentos com aspectos interdisciplinares.

Unidade temática	Objeto de Conhecimento	Área do Conhecimento	Competências e Habilidades da BNCC	Atividades Desenvolvidas
Natureza da Radiação	- Radiação -Espectro eletromagnético -Tipos de radiações	Física	C02. Exercitar a curiosidade intelectual para investigar causas e elaborar hipóteses. EM13CNT104. Analisar diferentes processos e modelos científicos, incluindo fenômenos ondulatórios e corpusculares, para explicar a natureza da radiação.	Avaliação diagnóstica; Exibição de vídeo; Palestra com radiologista; Discussão sobre conceitos físicos.
	-Descoberta da Radioatividade: Informações científicas e avanços tecnológicos	História	C03. Utilizar conhecimentos históricos para compreender e explicar a realidade. EM13CHS103¹⁰. Analisar processos históricos e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, considerando diferentes contextos.	Construção de linha do tempo sobre a radiação; Contextualização histórica de descobertas e impactos marcantes.
Tecnologias na Radiação	-O que é a irradiação de alimentos. -Efeitos biológicos nos organismos vivos.	Biologia	C07. Argumentar com base em evidências, dados e informações confiáveis. EM13CNT301. Analisar relações entre processos biológicos e tecnologias aplicadas na conservação de alimentos.	Aula expositiva e dialogada sobre irradiação de alimentos; Leitura de textos; Discussão sobre impactos biológicos.

¹⁰ **EM13CHS103=EM: EM:** Ensino Médio. **13:** pode ser desenvolvida em qualquer série do Ensino Médio. **CHS:** Ciências Humanas e Sociais aplicada. **103:** número da habilidade.

de Alimentos	-Tipo de radiação utilizada -Dosimetria -Classificação de dosagem e efeito físico-químico nos alimentos.	Química/Física	C05. Compreender e utilizar conceitos científicos e tecnológicos para propor soluções. EM13CNT205. Compreender transformações químicas e interações da radiação com a matéria em alimentos.	Elaboração e construção de varal fotográfico; Sistematização de leituras técnicas.
Tecnologias na Radiação de Alimentos em Contexto Amazônico	- Discussão das dinâmicas socioespaciais - Potencialização da tecnologia no país, especialmente na amazônia	Geografia	C10. Agir pessoal e coletivamente com responsabilidade socioambiental. EM13CHS601. Analisar as dinâmicas socioespaciais e os impactos ambientais da aplicação de tecnologias.	Análise de potencialidades da irradiação na Amazônia; Discussão sobre sociedade e natureza.
	-Leitura, escrita e comunicação.	Língua Portuguesa	C04. Utilizar diferentes linguagens para expressar e compartilhar informações. EM13LP05¹¹. Produzir textos argumentativos, considerando contextos e finalidades, com base em informações científicas e sociais.	Produção textual; Apresentação de atividades; Exposição dos trabalhos.

Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil (2018).

Com essa organização apresentada, é possível observar como a temática pode ser abordada entre os diferentes campos do conhecimento, como sugere a BNCC. Essa integração não se limita apenas à associação de conteúdos, mas permite que os estudantes compreendam os fenômenos das diferentes áreas envolvidas buscando alcançar as competências e habilidades descritas (Brasil, 2018).

Consonante a isso, o componente de Física desempenha um papel crucial, em que o estudante aprofunda os conceitos científicos iniciais da radiação para assim, adentrar na irradiação de alimentos. Da mesma forma, analisa suas utilidades e regulamentos, para promover reflexões sobre o impacto da tecnologia em diversos contextos, incluindo os aspectos sociais, culturais e econômicos.

Do mesmo modo, busca-se integrar conhecimentos de História ao realizar uma análise histórica da radiação e das regulamentações normativas, aprofundando seu uso na irradiação de alimentos no Brasil, bem como sua trajetória legislativa e os desafios enfrentados ao longo do tempo.

A Biologia, ampara toda a análise dos efeitos da irradiação sobre organismos vivos, especialmente os microrganismos causadores de deterioração e doenças, além de discutir sobre as propriedades nutricionais dos alimentos. Enquanto que a Química, contribui ao fornecer conhecimentos sobre a interação da radiação com os alimentos e como acontece os processos de

¹¹**EM13LP05**=Ensino Médio. **13:** pode ser desenvolvida em qualquer série do Ensino Médio. LP:Língua Portuguesa. **05:** número da habilidade.

transformação molecular e as possíveis reações provocadas (Danyo; Ivantsova; Selezneva, 2023).

A Geografia, contribui e ancora a discussão das dinâmicas socioespaciais, da distribuição industrial e a potencialização dessa tecnologia em diferentes regiões do país, especialmente na Amazônia. Além disso, auxilia na análise das relações entre sociedade e natureza e seus impactos ambientais, conforme previsto nas competências e habilidades.

Ademais, a Língua Portuguesa favorece na construção do olhar crítico e argumentativo na produção e divulgação das informações científicas, promovendo o desenvolvimento de habilidades de leitura, escrita e comunicação que são fundamentais para favorecer a AC (Sasseron; Carvalho, 2008).

Portanto, essa integração e conexão entre as diferentes áreas de conhecimento potencializa a interdisciplinaridade, Japiassu (2006). Outrossim, sustenta também uma abordagem mais contextualizada e significativa, permitindo que os estudantes compreendam não somente os conceitos científicos, mas também os desdobramentos que envolvem o uso da radiação em alimentos na Amazônia e no Brasil.

2.1.3 Irradiação de Alimentos: Breve Panorama Histórico, regulamentação no Brasil e perspectivas educacionais no contexto amazônico

A evolução histórica da irradiação de alimentos é amplamente descrita na literatura, destacando os principais marcos que consolidaram essa técnica como um método seguro e eficiente para a conservação. A revisão clássica de Josephson (1983), por exemplo, apresenta um levantamento de forma cronológica que detalha os eventos mais relevantes que contribuíram para impulsionar a criação de programas de preservação de alimentos nos Estados Unidos e em outros países, complementada por estudos mais recentes como os de Agbaka e Ibrahim (2020), Ratner (2021) e Félix et al. (2025) sobre a trajetória da radiação ionizante desde sua primeira utilização até a sua regulamentação para uso comercial. O Quadro 5 resume os principais marcos científicos e institucionais que fazem parte dessa trajetória entre os anos de 1905-2000.

Quadro 5: Marcos históricos da irradiação de alimentos (1905-2000)

Ano	Marco histórico
1905	Concessão de patentes para utilizar a radiação ionizante para processo de conservação de alimentos.
1921	Patente americana é concedida para uso de raios X para matar <i>Trichinella espiral</i> na carne.
1953/1980	Criação do Programa Nacional de Irradiação de Alimentos pelo governo dos EUA, com projetos de pesquisas patrocinados pelo Exército e pela Comissão de Energia Atômica, com ênfase em alimentar os soldados em tempos de guerra.

1958	A Lei de Alimentos, Medicamentos e Cosméticos é alterada definindo fontes de radiação como um aditivo alimentar. Regulação conduzida pela Administração de Alimentos e Medicamentos (FDA).
1963/ 1964	FDA aprova irradiação para controlar insetos em trigo e farinha e inibir germinação em batatas brancas.
1964/1968	Comissão de Energia Atômica e o Exército dos EUA solicitam à FDA a aprovação para a irradiação de materiais de embalagens.
1966	Solicitação à FDA para aprovação da irradiação do presunto por meio do Exército dos EUA e o Departamento de Agricultura dos EUA (USDA).
1971	Aprovação da FDA para irradiação de diversos materiais de embalagens, com base nas petições feitas entre 1964-1968.
1976	O Exército dos EUA contrata empresas privadas para estudar a segurança do presunto, carne de porco e frango irradiado.
1980	O USDA assume a gestão do programa de irradiação de alimentos.
1985	FDA aprova a irradiação de carne suína para controle da <i>Trichinella spiralis</i> e para aplicação em vegetais e especiarias visando maturação e desinfecção. A Lei Federal de Inspeção de Carnes é modificada para permitir o uso da radiação gama.
1990-1992	FDA e USDA aprovam a irradiação para controlar <i>Salmonella</i> em aves e outras bactérias transmitidas por alimentos.
1997	Alterações nos regulamentos da FDA para permitir o uso de radiação ionizante em carnes refrigeradas ou congeladas e outros produtos alimentícios.
2000	O USDA altera os regulamentos para autorizar a irradiação de carnes cruas, congeladas e subprodutos, bem como o ovo com casca, visando redução de patógenos e aumento da vida útil.

Fonte: Elaboração própria, com base em Josephson (1983), Agbaka e Ibrahim (2020), Ratner (2021) e Félix et al. (2025).

Diante dessa visão histórica, percebe-se que a irradiação de alimentos teve avanços significativos, e de acordo Levy, Sordi e Villavicencio (2020), foi implementada no Brasil de maneira progressiva em decorrência dos requisitos relacionados às regulamentações específicas para o território nacional.

Atualmente a legislação brasileira segue todas as normativas de órgãos internacionais¹² e nacionais¹³ (Ornellas et al., 2006). A irradiação de alimentos foi incorporada à legislação pelo Decreto-Lei nº 986 de 21 de outubro de 1969, por meio das atribuições dos Ministérios da Marinha de Guerra, do Exército e da Aeronáutica Militar. As instâncias que o regem, instituem as normas básicas de segurança sanitária e pela regulamentação da técnica (Brasil, 1969).

¹² Food and Agriculture Organization (FAO), International Atomic Energy Agency (IAEA) e Codex Alimentarius da Organização das Nações Unidas (ONU).

¹³ Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN); Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)

Diante disso, no tocante às regulamentações nacionais, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) por meio de sua resolução¹⁴, estabelece as regras e condições para qualquer instalação destinada à irradiação de alimentos. Dentre essas regras, destaca-se a indicação obrigatória, por lei, de que todo produto que foi irradiado precisa ser identificado com a Radura mostrada na Figura 6 (símbolo internacional utilizado para essa finalidade). Caso não apareça, ele deve ser substituído pela frase: “alimento tratado por irradiação” (Sharma; Sharma; Mittal, 2020).

Figura 6: Símbolo Radura utilizado para identificar alimentos irradiados



Fonte: Adaptado de Sharma, Sharma e Mitta (2020).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), também por meio de sua resolução¹⁵ se responsabiliza pelo “Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos” com o intuito de estabelecer e fiscalizar as normas e requisitos sobre os procedimentos para garantir qualidade sanitária do produto final, desde a rotulagem até as dosagens a que os produtos serão submetidos.

Por sua vez, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio de sua normativa¹⁶, adota as diretrizes das “Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias” que contêm orientações técnicas para a utilização da irradiação com finalidade de gerenciar e combater o risco de pragas em todo território nacional.

Mediante a todo esse suporte regulamentar, Júnior e Vital (2021), enfatizam a importância dos

¹⁴Resolução de nº 5/CNEN, de 10 de setembro de 1980 em consonância com o Decreto nº 72718 de 1973.

¹⁵ Resolução-RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001.

¹⁶ Normativa nº 09, de 24 de fevereiro de 2011.

benefícios da irradiação, os quais autoridades de vigilância sanitária de inúmeros países já a aprovaram e a reconhecem como um tratamento, pois a técnica tem a finalidade da desinfestação, o prolongamento da vida de prateleira, a descontaminação e o melhoramento da qualidade do produto para ser consumido e para fins comerciais.

Além disso, estudos nacionais e internacionais confirmam que a irradiação de alimentos é segura e não altera as características sensoriais dos alimentos, desde que sejam respeitados os parâmetros técnicos. Pesquisas no Brasil também demonstram a sua eficácia na conservação de frutos amazônicos como buriti (*Mauritia flexuosa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), açaí (*Euterpe oleracea*) e tucumã (*Astrocaryum vulgare*), prolongando sua vida útil com mínimas perdas nutricionais (Arthur et al., 2005; Ornellas et al., 2006; Lima et al., 2009; Freire Júnior et al., 2010; Lima et al., 2011; Carvalho et al., 2020; Levy; Sordi; Villavicencio, 2020).

Diante do exposto e dos benefícios comprovados, a utilização da irradiação de alimentos no Brasil ainda é limitada devido ao alto custo de instalação e a escassez de irradiadores. Levy, Sordi e Villavicencio (2020, p. 12), pontuam que há apenas uma empresa¹⁷, em escala industrial, que fornece o serviço, localizada na região Sudeste, e devido a isso, o país “ainda investe em grande parte na preservação dos alimentos fazendo uso de agroquímicos e inseticidas que sabidamente deixam resíduos nos alimentos”.

Com isso, fica evidente que uma única instalação não consegue suprir as demandas do mercado nacional, sendo preciso novos investimentos em irradiadores. Nesse sentido, é sabido que o país possui em vários estados um grande poder industrial e comercial. Um exemplo é a Região Norte, especialmente no estado do Amazonas, onde se concentra a Zona Franca de Manaus (ZFM), tendo como seu núcleo, o Polo Industrial de Manaus (PIM).

A ZFM funciona como um alicerce para a economia local e do país, abrigando mais de 600 empresas voltada para diversos setores e movimenta bilhões anualmente, de acordo com o Centro de Indústria do Amazonas (CIEAM, 2024), gerando de forma direta e indireta, mais de 500 mil empregos, além de dar suporte para a preservação florestal do estado.

Mesmo com todo esse potencial industrial, no polo não constam empresas no ramo da irradiação de alimentos. A ausência de irradiadores instalados em um setor que movimenta diretamente a economia do país mostra que ainda há uma lacuna tecnológica a ser vencida. Levy, Sordi e Villavicencio (2020, p. 12) enfatizam que podem existir também outros fatores

¹⁷“O primeiro irradiador comercial foi implantado em São Paulo pela EMBRARAD em 1980. A empresa iniciou suas operações para diversos ramos da indústria, incluindo a área médica e farmacêutica, irradiação de alimentos e produtos para a agroindústria de alimentos” (Levy; Sordi; Villavicencio, 2020, p. 11).

complicadores, como:

[...] A quase total desinformação da população, incluindo produtores, indústria, comércio e público consumidor. Sobretudo este último, cuja percepção de risco é prejudicada por preconceitos e medos infundados sobre as radiações, levando as pessoas a falsas conclusões, associando a radiação ionizante a riscos ambientais, perigo à saúde ou contaminação do alimento.

A partir desses apontamentos, os autores ainda ressaltam que, para conseguir implantar a irradiação no Brasil, será necessário ofertar instalações que supram a escala industrial nos diferentes estados e, principalmente, investir em comunicação para informar à população sobre os benefícios dessa tecnologia. Desse modo, a disseminação da informação pode começar dentro da esfera escolar, que conforme a BNCC, propõe que, por meio de conhecimentos científicos, os estudantes sejam capazes de discutir como a ciência pode ser utilizada em investimentos tecnológicos sustentáveis no desenvolvimento da sua região.

Em consonância com o parágrafo anterior, tendo ainda como exemplo o PIM, que é tão fundamental para a economia do país e para o sustento da região amazônica, é importante que os estudantes conheçam sua relevância e a importância da utilização de tecnologias como a irradiação de alimentos. Dessa forma, será possível refletir sobre os motivos pelos quais uma zona industrial de tamanha magnitude ainda não dispõe dessa tecnologia.

Além disso, compreenderem as inúmeras questões benéficas envolvidas, a começar pela substituição de práticas convencionais como a utilização de produtos químicos que prejudicam o meio ambiente e a saúde humana, por técnicas mais seguras, serem também informados que a região em que vivem é exportadora de frutas tropicais, e essa técnica pode permitir seu transporte mais seguro ao reduzir perdas, e o crescimento do estado (Araújo, 2009).

Como exposto, a articulação de um ensino mais contextualizado pode contribuir, na prática, para uma aprendizagem mais significativa. Além disso, capacita os estudantes a serem mais atuantes no que tange ao desenvolvimento da sua região pois essa correlação contribui para a desconstrução de mitos e medos infundados sobre o assunto, adicionalmente reforça a necessidade de uma abordagem do macro para o micro, garantindo um aprendizado mais estruturado e significativo, o que fortalece também a AC.

2.2 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

A relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), dentro das discussões do campo educacional, é considerada como um eixo importante. No ensino de ciências, essa abordagem surgiu devido ao grande aumento de problemas sociais e ambientais na década de 1970 como uma proposta curricular, o que resultou em inúmeras discussões críticas sobre a natureza do conhecimento científico e suas implicações na sociedade (Costa; Penha; Maciel, 2021).

Para Bedin et al. (2019), trata-se de uma abordagem, no qual o ensino de ciências proposto vai além da transmissão de conteúdos conceituais. Por meio dela é possível fomentar nos estudantes reflexões sobre as ciências referente às questões sociais, ambientais e culturais diante do seu impacto na sociedade.

Roehrig e Camargo (2013), enfatizam sobre a relação e a necessidade de um ensino que possa conectar a educação CTS e o conhecimento científico, de modo que os estudantes construam conhecimentos para compreenderem as interações entre ciência e as inovações tecnológicas e como essa correlação pode impactar o mundo que os cerca.

Nesse sentido, para essa perspectiva surge a AC que de acordo com Bedin et al. (2019, p. 2), relacionado aos seus intuítos e finalidades “pode-se perceber que essas estão intimamente relacionadas, possuindo vários objetivos em comum”. Os autores enfatizam a possibilidade de os estudantes não apenas terem o domínio dos conceitos científicos, mas que consigam desenvolver habilidades para interpretá-los, analisá-los e aplicá-los de modo informado e responsável.

Em consonância a isso, a BNCC utiliza o termo “letramento científico” para descrever um ensino de ciências que busca a formação dos indivíduos em respeito a conhecimentos científicos para serem utilizados em inúmeras áreas de suas vidas. Ela ressalta que o aprender ciência não é a última finalidade do letramento, pois deve-se priorizar a capacidade de atuação no mundo, o que se torna um exercício importante para a cidadania. Nesse sentido, enfatiza que é preciso assegurar aos estudantes conhecimentos científicos, bem como a aproximação gradativa das práticas de investigação científica possibilitando a eles um novo olhar sobre o mundo que os cerca (Brasil, 2018).

Para esse mesmo termo, Chassot (2000) utiliza AC que pode ser definida como um processo que promove a compreensão da ciência em diversos contextos, como histórico, social e cultural. O autor ressalta que a mesma não se limita a entender apenas conceitos científicos, mas também possibilita tornar a ciência mais acessível em que o indivíduo desenvolva a habilidade de relacionar o conhecimento científico com a sua realidade para tomar decisões informadas e conscientes.

Ainda nesse sentido, a AC “pode ser considerada como uma das dimensões para potencializar alternativas que privilegiam uma educação mais comprometida” (Chassot, 2003, p. 91). Isso deve ser uma importância significativa na vida escolar, pois a ciência precisa ser uma linguagem transcendental ao ensino de teorias e fórmulas, em que ser alfabetizado significa ler a linguagem escrita na natureza e no universo, e quem não é capaz de fazê-la, torna-se analfabeto científico (Chassot, 2003).

Além disso, esse processo desempenha um papel fundamental para a sociedade em várias esferas referente ao combate do negacionismo científico, pois proporciona ao cidadão a diferenciação nos aspectos de opiniões ou desinformação mediante a disseminação rápida de notícias falsas na atualidade. Em respeito ao ensino de ciências, colabora para torná-lo mais contextualizado, levando em consideração a realidade e os interesses dos estudantes para que eles possam interpretar o mundo em que estão inseridos e estejam preparados para os seus desafios e suas mudanças (Chassot, 2018).

Para promover a AC, Silva e Lorenzetti (2020) pontuam que é preciso desenvolver novas práticas de ensino, e de preferência diferenciadas. No entendimento deles, é importante que os estudantes sejam inseridos em um universo de significados novos e que a linguagem seja acessível e diferente da que já estão acostumados no seu cotidiano, e dessa forma, torná-los capazes de:

a) atribuir sentidos ao mundo em que vivem, a partir dessa linguagem; b) entender o que é ciência, de forma que a linguagem das ciências passe a ter significado; c) aplicar os conhecimentos adquiridos em situações novas; d) conhecer e interpretar os fenômenos naturais à sua volta; [...]. (Silva; Lorenzetti, 2020, p. 5).

Nesse sentido, é importante que a escola seja o elo entre os estudantes aos conhecimentos científicos, apresentando a ciência como parte de sua realidade e não apenas como um conteúdo. É importante um ensino que conecta a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Dessa forma, esse processo baseado no desenvolvimento de uma cultura científica, por meio da AC, contribui para a formação de cidadãos mais ativos e críticos no mundo que vivem (Silva; Lorenzetti, 2020).

Sasseron e Carvalho (2008), utilizam a expressão “AC”, baseando-se na concepção de Paulo Freire, em que a alfabetização é mais que simplesmente dominar o psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. Ressaltam que a alfabetização deve possibilitar ao analfabeto a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao contexto que o cerca.

As autoras enfatizam também que “emerge a necessidade de um ensino de Ciências capaz de fornecer aos alunos não somente noções e conceitos científicos, mas também é importante e preciso que eles possam “fazer ciência” (...), (Sasseron; Carvalho, 2008, p. 335). Esse feito só será possível quando forem desafiados a enfrentar problemas reais, e a investigação se torne a maneira para saná-

los, e entender como estão realizando a leitura dos conteúdos relacionados à natureza da Ciência (Graffunder et al. 2020).

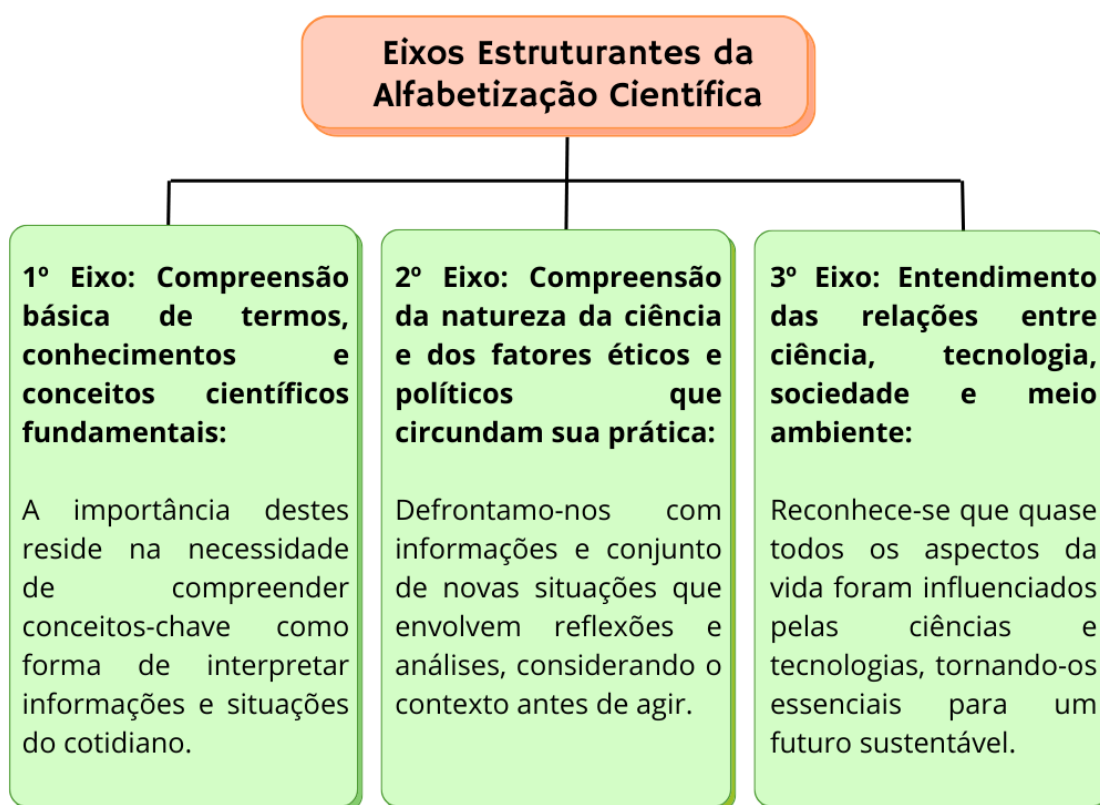
Logo, concordamos com Sasseron e Carvalho (2008), Fabrício e Martins (2019) quando salientam a relevância de uma boa qualidade no ensino de ciências desde os anos iniciais. É nessa etapa que os estudantes podem ser estimulados na construção do entendimento sobre os fenômenos naturais. Tudo isso dar-lhes-á os suportes necessários para discutir sobre temas atuais na sociedade e tomar decisões em relação à sua realidade.

Portanto, para que todo esse processo seja alcançado é preciso um ensino que promova a divulgação do conhecimento científico de forma acessível, levando em consideração a realidade de cada estudante. Dessa forma, a AC pode se tornar um pilar para formar não somente o entendimento das ciências, mas para suscitar nos estudantes o questionar, o refletir e o atuar de forma responsável para que eles possam “divulgar o conhecimento científico, além de lhes permitir uma maior autonomia em discussões, analisando, argumentando e posicionando-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia” (Brasil, 2018, p. 552).

2.2.1 Fundamentos e utilização dos Eixos e Indicadores de Alfabetização Científica no Ensino de Ciências

Para pensar a AC, autores como Sasseron e Carvalho (2008), destacam a importância dos seus eixos e indicadores, pois são elementos relevantes para apoiar o planejamento de ideias e análise de propostas de ensino. É por meio deles que os estudantes conseguem desenvolver habilidades para compreender, interpretar e discutir melhor os conceitos científicos. A Figura 7 faz referência aos três eixos estruturantes que, conforme Sasseron e Carvalho (2008), são considerados como fundamentais para esse processo.

Figura 7: Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica



Fonte: Elaboração própria, com base em Sasseron e Carvalho (2008).

Na concepção das autoras, esses pilares são capazes de promover a AC, pois integram a ciência com as mais diversas áreas. Por meio deles, os estudantes são estimulados a serem críticos, participativos e capazes de tomar decisões informadas sobre questões científicas sendo a base para um ensino interdisciplinar, contextualizado e que podem fornecer evidências de que a AC está se desenvolvendo entre os estudantes, estando relacionados com:

[...] Competências próprias das ciências e do fazer científico: competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levam ao entendimento dele. Assim sendo, [...] o ensino de ciências deve ocorrer por meio de atividades abertas e investigativas nas quais os alunos desempenhem o papel de pesquisadores (Sasseron; Carvalho, 2008, p. 338).

Como visto, o papel principal dos eixos é dar destaque às habilidades que serão trabalhadas nas aulas de ciências. Desse modo, no âmbito deste estudo, as atividades propostas são planejadas

com o intuito de estimular os estudantes do ensino médio a terem um contato mais contextualizado com a temática em questão, e a partir disso, construir conhecimentos mais significativos, além de poderem atuar como pesquisadores. É dessa forma que possivelmente irão alcançar o uso dos diferentes indicadores de AC, visto que um dos objetivos também desta pesquisa é identificar este feito durante as produções desenvolvidas por eles.

Sasseron e Carvalho (2008), organizam os indicadores em três grupos, que representam grupos de ações que são colocadas em prática quando há um problema para ser solucionado. Esses grupos são mostrados nos quadros seguintes e para se ter mais clareza de como são desenvolvidos, trazemos suas descrições, objetivos e os momentos de utilização.

O Quadro 6 mostra um grupo de indicadores que estão relacionados às ações de desempenhar as tarefas de **seriar**, **organizar** e **classificar** que dialogam principalmente com o 1º Eixo da AC, pois envolvem a compreensão e organização de informações com base em conceitos fundamentais. Em alguns casos, como específico o indicador classificação de informações há também relação com 2º Eixo, pois a escolha de critério de classificação exige reflexão sobre o contexto e a natureza da ciência.

Quadro 6: Indicadores relacionados aos trabalhos com dados na Investigação

INDICADOR	DESCRIÇÃO	OBJETIVO	QUANDO UTILIZAR
Seriação de Informações	Lista os dados que podem ou não seguir uma ordem específica, construindo uma base para ações futuras.	Estabelecer uma base inicial para organizar as próximas etapas da investigação.	Quando se almeja alcançar uma base inicial para a ação ou elaborar um rol de dados trabalhados.
Organização de Informações	Arranjo de informações novas ou previamente elencadas, como foco em como o trabalho foi realizado.	Mostrar um arranjo lógico e coerente das informações obtidas.	No início da proposição de um tema ou na retomada de uma questão já discutida.
Classificação de Informações	Categorização e ordenação das informações, buscando uma relação entre os elementos trabalhados.	Proporcionar uma visão mais profunda e categorizada das informações, destacando as relações e a relevância entre elas.	Durante o momento em que se preocupa estabelecer relações entre os dados ou criar categorias para análises mais profundas.

Fonte: Elaboração própria, com base em Sasseron e Carvalho (2008).

No Quadro 7, é mostrado outro grupo composto de dois indicadores, o **raciocínio lógico** e o **raciocínio proporcional** e têm relação direta com o 1º eixo por dependerem da clareza conceitual, e com o 2º eixo, ao exigirem coerência lógica e análise crítica na construção das ideias. Esses indicadores são utilizados para analisar como os estudantes organizam a estruturação do pensamento nas falas e afirmações surgidas durante as aulas de ciências.

Quadro 7: Indicadores relacionados à estruturação do pensamento

INDICADOR	DESCRIÇÃO	OBJETIVO	QUANDO UTILIZAR
Raciocínio Lógico	Refere-se à forma como as ideias são elaboradas e apresentadas, destacando a coerência lógica.	Promover a construção de ideias claras e consistentes, organizando o pensamento para uma comunicação eficaz.	Utilização em atividades que exigem apresentação de argumentos, análise de problemas ou explicações conceituais.
Raciocínio proporcional	Trata de identificar, analisar e demonstrar relações proporcionais entre variáveis.	Demonstrar interdependência entre variações e relações proporcionais para explicar especificidades naturais.	Aplicar em situações que envolvam análises de gráficos, experimentos com variáveis interdependentes ou modelagem matemática.

Fonte: Elaboração própria, com base em Sasseron e Carvalho (2008). .

Já o Quadro 8, mostra o último grupo de indicadores que estão relacionados ao entendimento de uma situação analisada. Fazem parte deste grupo o **levantamento de hipótese, teste de hipótese, justificativa, previsão e explicação**. Esses indicadores, conforme as autoras, surgem nas etapas finais das discussões, “pois caracterizam-se por serem o trabalho com as variáveis envolvidas no fenômeno e a busca por relações capazes de descreverem as situações para aquele contexto e outros semelhantes” (Sasseron; Carvalho, 2008, p. 339). Além disso, abrangem todos os três eixos, pois além de envolverem conceitos científicos fundamentais (1º eixo) e a prática reflexiva da ciência (2º eixo), também possibilitam relacionar o conhecimento produzido com as implicações sociais e ambientais (3º eixo) como ocorre nas previsões e explicações.

Quadro 8: Indicadores relacionados à procura de entendimento de uma situação analisada

INDICADOR	DESCRIÇÃO	OBJETIVO	QUANDO UTILIZAR
Levantamento de hipóteses	Refere-se aos momentos em que são formuladas suposições sobre determinado tema, podendo surgir como afirmações ou perguntas.	Desenvolver a capacidade de formular hipóteses para explorar e interpretar problemas, promovendo o pensamento crítico e investigativo.	Ao iniciar uma investigação, ao propor soluções para problemas ou estimular a divulgação sobre preconceitos científicos.
Teste de hipóteses	Relacionado ao processo de colocar à prova as suposições levantadas, por meio de atividades mentais baseadas em conhecimentos prévios.	Validar ou refutar hipóteses levantadas, promovendo a análise crítica e a relação entre teoria e prática.	Durante experimentos práticos, análises teóricas ou atividades que exijam a utilização de conceitos científicos.
Justificativa	Surge quando uma afirmação é acompanhada de uma garantia ou evidência que a sustenta, conferindo maior reparação e segurança à proposição.	Desenvolver a habilidade de sustentar ideias e argumentos com base em evidências ou fundamentos lógicos.	Em discussão, explicação ou apresentação de conclusões que necessitam de fundamentação sólida e persuasiva.

Previsão	Consiste em afirmar uma ação ou aparência esperada como consequência de certos acontecimentos.	Estimular a antecipação de eventos com base em padrões, relações ou conhecimentos prévios.	Em situações que envolvam análises de causa e efeito, modelagem científica ou planejamento experimental.
Explicação	Surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas.	Promover a organização e conexão de ideias para interpretar características e responder a problemas.	Utilizar a interpretação de resultados, construir narrativas científicas ou sintetizar discussões em andamento.

Fonte: Elaboração própria, com base em Sasseron e Carvalho (2008).

Após toda essa discussão, as autoras ressaltam que a presença de um indicador não inviabiliza o surgimento do outro. É possível que, durante as atividades nas aulas de Ciências, em meio uma explicação ou justificativa sobre uma ideia, outros indicadores possam surgir para dar suporte a explanação que está sendo dialogada. Desse modo, percebe-se que a AC não se limita apenas à compreensão de como os fenômenos acontecem, mas também abrange o entendimento de seu significado e sua relevância para a sociedade (Chassot, 2016).

Assim sendo, as atividades propostas neste estudo sobre a irradiação de alimentos de maneira contextualizada pode ser uma forma de promover a AC, uma vez que a desinformação e o receio permeiam as concepções dos estudantes. Estratégias para a construção de conhecimentos e habilidades científicas são fundamentais para fomentar o pensamento crítico e desmistificar preconceitos e possibilitar uma compreensão mais profunda sobre os impactos e segurança dessa tecnologia.

Diante disso, na análise das respostas e produções dos estudantes, buscaremos evidências da presença dos três grupos de indicadores, conforme Sasseron e Carvalho (2008): No primeiro grupo, a **Seriação de informações**, verificar se os estudantes conseguem listar dados relevantes para uma investigação de maneira organizada, criando uma base inicial para a resolução do problema. A **Organização de informações**, identificando se as informações são apresentadas de forma lógica e coerente, mostrando compreensão da relação entre elas, e a **Classificação de informações**, observar se os estudantes agrupam ou categorizam dados com base em critérios científicos claros.

No segundo grupo, o **Raciocínio lógico**, analisar se os argumentos apresentados seguem uma sequência coerente e fundamentada. Já no **Raciocínio proporcional**, perceber se há estabelecimento de relações proporcionais ou comparativas entre variáveis.

E por fim do terceiro grupo, o **Levantamento e teste de hipóteses**, identificar se os estudantes formulam hipóteses para explicar ou prever situações, assim como também, se eles tentam confirmar ou refutar suas hipóteses com base em evidências. Nas **Justificativas**, perceber se as afirmações são

acompanhadas de evidências ou fundamentos lógicos, do mesmo modo que na **Previsão**, analisar se são feitas antecipações fundamentais sobre resultados ou acontecimentos futuros e por fim, a **Explicação**, verificando se os estudantes conseguem articular conceitos e dados para interpretar fenômenos.

Durante toda essa análise, podemos considerar a presença de mais de um indicador na mesma resposta, visto que a explicação e argumentação científica frequentemente envolvem diferentes habilidades simultaneamente.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico-metodológico deste estudo. São expostas as características do universo da pesquisa, bem como a sua abordagem, os instrumentos de recolha e análise de dados, os aspetos éticos, a metodologia de construção da proposta estruturada baseada numa Sequência Didática (SD) e o modo como foi realizado o seu desenvolvimento em oito encontros.

3.1 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO DA PESQUISA

Para iniciar o percurso metodológico, realizou-se uma pesquisa bibliográfica que gera debates e argumentações para o estudo. Segundo Gil (2008), a elaboração de uma pesquisa bibliográfica envolve o levantamento de referências já analisadas e publicadas, incluindo artigos científicos, websites e, principalmente, livros.

Quanto à metodologia, trata-se da abordagem qualitativa de natureza aplicada, pois é caracterizada como exploratória. Segundo Minayo (2002) toda investigação é iniciada com uma questão, problema ou dúvida, associadas a conhecimentos existentes e isso faz com que novas referências sejam criadas. A natureza da pesquisa é do tipo aplicada, pois é arquitetada em decorrência de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Relacionado aos objetivos, trata-se de uma pesquisa do tipo exploratório, segundo (Trivinões, 2015), é possível buscar informações sobre a temática, especificando o *locus* da pesquisa.

3.1.1 Universo da pesquisa

A pesquisa foi realizada no “Colégio Amazonense Dom Pedro II”, situado na Av. Sete de Setembro s/n, no centro histórico de Manaus, no estado do Amazonas, Brasil. A Figura 8 mostra a instituição, que é um prédio tombado como patrimônio histórico cultural e nacional, que vislumbra a sua história e relembra algumas etapas do desenvolvimento do estado e do país. Surgiu com a “[...] designação de Liceu Provincial Amazonense, por meio do regulamento nº 18, de 14 de março de 1869, do Presidente da Província João Wilkens de Mattos [...]” (Projeto Político Pedagógico, Colégio Amazonense Dom Pedro II, 2024, p.7).

Figura 8: Colégio Amazonense Dom Pedro II



Fonte: Jornal Digital Emtempo¹⁸

A escola é denominada carinhosamente pelos amazonenses de Estadual, devido em alguns momentos de sua história já ter carregado essa designação especial em seu nome. Para seu povo representa um símbolo cultural da educação pública, carregando consigo um legado rico em dedicação para formar cidadãos atuantes e profissionais reconhecidos. Sua relevância ultrapassa as salas de aula, contribuindo para moldar a educação da região.

É constituída por 33 dependências, com funcionamento nos turnos matutino e vespertino. Essas dependências, são distribuídas em 03 salas administrativas (direção, professores, pedagogia), 16 salas de aula, 1 biblioteca, 2 salas de TV, 1 secretaria, 1 laboratório de ciências, 1 quadra de esportes e mais 8 dependências que incluem banheiros e cozinha.

A unidade escolar recebe estudantes do Ensino Médio (do 1º ao 3º ano), contabilizando 1326 nos dois turnos. De acordo com o Projeto Político Pedagógico, Colégio Amazonense Dom Pedro II (2024), o turno matutino possui 5 turmas de 1º, 2º e 3º anos, totalizando 644 estudantes. Enquanto que o turno vespertino, também totaliza a mesma quantidade de turmas por série, possuindo assim 682 estudantes matriculados. Em relação ao corpo técnico-administrativo, a instituição dispõe de 10 funcionários, e a equipe docente é formada nos dois turnos por 44 professores. Quanto aos participantes desta pesquisa, são 40 estudantes, com faixa etária entre 15 a 16 anos, com predomínio da idade 15 anos, matriculados no 1º ano do Ensino Médio. Além disso, houve a colaboração de forma direta de 1 professor para o desenvolvimento das atividades de uma das etapas da proposta

¹⁸ Disponível em: <https://emtempo.com.br/17112/sem-categoria/em-alusao-ao-dia-da-escola-em-tempo-destaca-colegio-dom-pedro-ii/>

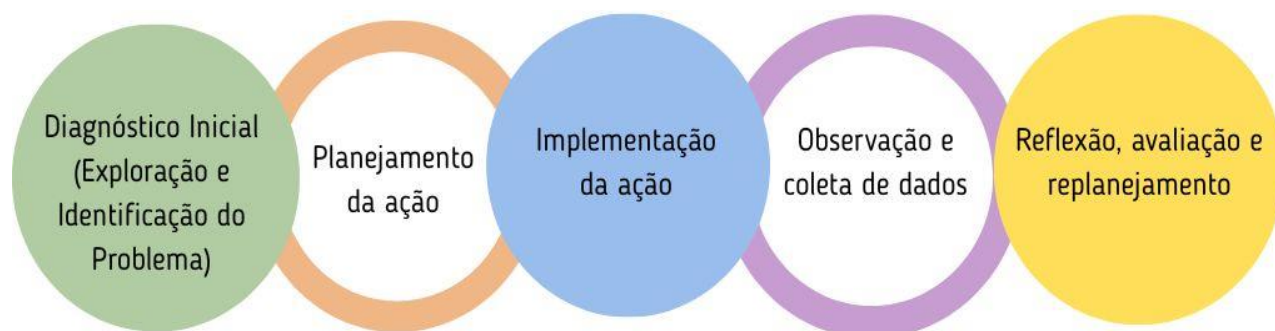
metodológica.

3.1.2 Abordagem da pesquisa

A abordagem é configurada com base nos pressupostos da Pesquisa-Ação. Este tipo de pesquisa tem como um dos seus objetivos, “[...] resolver ou, pelo menos, esclarecer os problemas da situação observada” (Thiollent, 2008, p. 19). Além disso, o autor destaca que isso pode ser feito com a participação ativa do pesquisador e do participante buscando meios de solucionar essas adversidades reais em contextos em que os procedimentos convencionais se mostram pouco eficientes.

No que diz respeito à concepção e organização das etapas dessa abordagem, Thiollent (2008) ressalta que a mesma é flexível, sem seguir uma ordem rígida e ordenada das fases. A Figura 9, mostra a organização em cinco etapas à luz do autor.

Figura 9: Ciclos da Pesquisa-Ação organizados em cinco etapas: Diagnóstico inicial (Exploração e identificação do problema; Planejamento de ação; Implementação da ação; Observação e coletas de dados e Reflexão, avaliação e planejamento.



Fonte: Elaboração própria, com base em Thiollent (2008).

Diante dessas etapas, no contexto deste estudo, ressaltamos que as mesmas não foram tratadas como um roteiro fixo, mas foram utilizadas com um guia adaptado à realidade escolar e também à estrutura que propomos na proposta metodológica integrada ao ensino de Física e estruturada baseada numa SD. Para tornar essa correspondência mais clara, o Quadro 9 estabelece o mapeamento entre cada etapa da Pesquisa-Ação e os momentos específicos da proposta, evidenciando como o referencial teórico é incorporado às práticas desenvolvidas em sala de aula.

Quadro 9: Correspondência entre as etapas da Pesquisa-Ação e o desenvolvimento da proposta

Etapas da Pesquisa-Ação	Correspondência na proposta	Ações desenvolvidas
1. Diagnóstico inicial (Exploração e identificação do problema)	1º Encontro	Aplicação do questionário diagnóstico para levantar conhecimentos prévios e percepções dos estudantes sobre radiação e irradiação de alimentos.

2. Planejamento da ação	Entre 1º e 2º Encontro	Organização dos conteúdos, definição de atividades (palestra, linha do tempo, varal fotográfico, produções textuais) e seleção de recursos/materiais de acordo com as necessidades detectadas no diagnóstico.
3. Implementação da ação	2º ao 6º Encontro	Execução das atividades planejadas: palestra, aula expositiva e dialogada, construção da linha do tempo, exposição de alimentos, montagem do varal fotográfico, produção textual e mapas mentais.
4. Observação e coleta de dados	Durante toda a execução (com foco no 7º e 8º encontro)	Acompanhamento das atividades pelos estudantes, registro das produções, relatos escritos, discussões em grupo e aplicação de questionário final avaliativo.
5. Reflexão, avaliação e replanejamento	7º e 8º Encontro	Roda de conversa, análise crítica das produções, devolutivas da pesquisadora, avaliação dos resultados obtidos e registro para possíveis ajustes na continuidade do trabalho.

Fonte: Elaboração própria, com base em Thiollent (2008).

Como mostrado, as cinco etapas da Pesquisa-Ação foram operacionalizadas de forma integrada à proposta metodológica. A etapa de Diagnóstico inicial foi contemplada no 1º encontro, por meio da aplicação de um questionário semiestruturado com questões abertas para identificar os conhecimentos prévios e percepções dos estudantes sobre a radiação e a irradiação de alimentos.

A etapa de Planejamento da ação ocorreu após a análise desse diagnóstico (Apêndice E), direcionando a definição das atividades, recursos e estratégias pedagógicas que compuseram a proposta. A Implementação da ação correspondeu aos encontros do 2º ao 6º, nos quais foram executadas atividades como palestras, construção de linha do tempo, exposição de alimentos, montagem de varal fotográfico, produções textuais e elaboração de mapas conceituais.

A Observação e coleta de dados se deu de forma contínua durante a execução, com ênfase nos registros das produções dos estudantes, nas interações em sala e na aplicação do questionário final semiestruturado com questões abertas. Por fim, a Reflexão, avaliação e replanejamento foi realizada nos 7º e 8º encontros, em rodas de conversa, análises críticas das produções, devolutivas da pesquisadora e discussão coletiva dos resultados, possibilitando ajustes e direcionamentos para futuras intervenções. Dessa forma, a proposta não apenas incorporou, mas também operacionalizou as fases da Pesquisa-Ação de modo articulado ao contexto escolar investigado.

3.1.3 Instrumentos de Construção e Análise de dados

Para a identificação dos participantes da pesquisa, utilizou-se uma codificação específica, sendo composta pela letra inicial de estudante, seguida por número aleatório entre 1 a 40, como por exemplo, “E1”. As atividades coletivas foram construídas com os estudantes organizados em cinco grupos, os quais foram identificados também com uma codificação com a letra inicial da palavra “grupo” e um número entre 1 e 5, como “G1”.

A construção dos dados foram utilizadas as atividades elaboradas ao longo da proposta. Considerou-se tanto as respostas individuais relacionadas aos questionários, quanto as produções realizadas em grupos. Devido ao grande volume de informações, optamos em apresentar os resultados destacando **três instrumentos de coletas de dados principais**: (i) *Questionário inicial (QI)*, (ii) *Produção Textual (PT)*, (iii) *Questionário Final (QF)*. As outras atividades como *linha do tempo*, *varal fotográfico*, *mapa mental e exposição*, são analisadas de forma mais sintética como **etapas intermediárias** que contribuíram para o processo formativo e serão ilustrados por exemplos representativos.

No que diz respeito aos questionários de sondagem, foram utilizados para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática. As cinco produções textuais foram constituídas como uma etapa central do processo formativo, pois permitiu que os estudantes sistematizassem de forma coletiva suas compreensões sobre a irradiação de alimentos. As etapas intermediárias contribuíram para investigar o processo formativo ao longo da proposta. E por fim, o QF permitiu avaliar os conhecimentos construídos durante o processo.

Os questionários foram utilizados como uma técnica para instigar e obter informações (Gil, 2009). Sua finalidade é diagnosticar os conhecimentos prévios e os construídos dos estudantes e suas percepções sobre radiação, especialmente quando essa tecnologia é utilizada com alimentos no contexto amazônico. Suas perguntas devem ser claras e precisas para servir ao propósito da pesquisa. As atividades intermediárias e as produções textuais permitiram avaliar a compreensão dos estudantes sobre o uso da irradiação de alimentos na realidade amazônica, além de incentivar práticas de leitura e escrita (Melo; Bianchi, 2015).

O diário de bordo permite criar o hábito dos envolvidos na pesquisa de refletir sobre suas práticas cotidianas e a própria aprendizagem, isso desenvolve um caráter mais reflexivo, ajudando a entender o contexto no qual a pesquisa será realizada (Souza; Maia, 2020). Ademais, utilizamos a observação direta como técnica de coleta de dados. Essa abordagem busca obter informações por meio dos sentidos, permitindo ao pesquisador alcançar aspectos da realidade que, à primeira vista, podem ser incompreensíveis. A observação desempenha papel importante, pois obriga o investigador a estabelecer um contato direto com a realidade estudada (Marconi; Lakatos, 2002).

A sistematização dos resultados foi feita à luz da análise de conteúdo conforme Bardin (2016), que pode ser compreendida como um conjunto de técnicas voltadas à interpretação das comunicações, baseando-se em procedimentos sistemáticos e objetivos para descrever mensagens. Essa descrição busca identificar indicadores, quantitativos ou qualitativos, que permitam inferir aspectos relacionados às condições de produção e recepção dessas mensagens. Para isso, a análise é organizada

em três etapas: 1) pré-análise; 2) exploração do material e 3) tratamentos dos resultados.

Além disso, a análise dos dados buscou identificar indicadores de AC, conforme os pressupostos de Sasseron e Carvalho (2008). Por meio dos indicadores é possível perceber se os estudantes se apropriaram dos conhecimentos científicos e a relação entre ciência, tecnologia e sociedade. Tendo esse referencial, foi possível avaliar como eles se posicionam em relação aos temas abordados por meio das atividades desenvolvidas.

O material textual também foi processado no *software* IRAMUTEQ¹⁹ que foi constituído a partir das respostas dos questionários (inicial e final) e das produções textuais dos participantes das pesquisas. Mediante a análise feita das respostas obtidas no questionário inicial, emergiram categorias que foram posteriormente representadas por meio de uma nuvem de palavras com o objetivo de evidenciar a frequência e a centralidade dos termos.

No que tange as produções textuais, também foram identificadas categorias que emergiram por meio da análise de conteúdo. Nessa atividade, realizou-se uma análise de similitude que permitiu visualizar as relações entre os vocábulos e identificar as comunidades semânticas.

Da mesma forma foi adotado o mesmo procedimento metodológico para o questionário final. Após a identificação das categorias que emergiram, foram gerados gráficos de similitude para cada uma delas, possibilitando a compreensão das conexões lexicais e da organização semântica do discurso dos participantes.

3.1.4 Aspectos Éticos da Pesquisa

Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade do Estado do Pará, Campus VIII- Marabá. A mesma encontra-se em consonância com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), e possui o número: 80633224.4.0000.8607 como certificado de Avaliação Ética (CAAE), e parecer de número: 7.026.221 (Anexo 1), assim como também o aceite para o seu desenvolvimento pelo *locus* da pesquisa, (Anexo 2).

Mediante a isso, as atividades e os objetivos da pesquisa foram apresentados aos participantes e pedido seu consentimento de participação por meio da assinatura do **Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)** (Apêndice A). Da mesma forma, para os responsáveis legais e os professores,

¹⁹ Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires. Disponível em: <http://www.iramuteq.org/>. Trata-se de um programa de código livre “que permite fazer análises estatísticas sobre corpus textuais e sobre tabelas indivíduos/palavras. Ele ancora-se no software R e na linguagem Python”, (Camargo; Justo, 2016, p.1).

foi assinado o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)** (Apêndice B1; Apêndice B2). Para a necessidade de gravação foi assinado **Termo de Consentimento para Uso de Imagem e Som de Voz (TCUISV)** (Apêndice C).

Relacionado aos dados coletados durante a pesquisa documental foram mantidos em sigilo e armazenados de forma segura e confidencial sem apresentar riscos, pois não há ligação direta entre os dados coletados dos estudantes com seu nome, por um período de cinco anos em arquivo pessoal e em meio físico na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA/UEPA). Após este período, os dados serão destruídos, assim como também será mantido o anonimato do Colégio Amazonense Dom Pedro II.

3.2 PROPOSTA METODOLÓGICA INTEGRADA AO ENSINO DE FÍSICA E ESTRUTURADA BASEADA NUMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA CENTRADA NA TEMÁTICA DA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS EM CONTEXTO AMAZÔNICO

3.2.1 Metodologia da construção da proposta metodológica

O desenvolvimento ocorreu por meio de uma proposta metodológica integrada ao Ensino de Física e estruturada baseada numa SD em consonância com Zabala e Arnau (2010), com aspectos interdisciplinares balizada epistemologicamente em Japiassú (2006). Esse enfoque metodológico consiste na organização e conexão de atividades que compõem unidades didáticas, elaboradas com base nas habilidades e metodologia, incluindo recursos para avaliações e análise. Além disso, visa promover a autonomia dos estudantes numa construção de conhecimento mais integrada e significativa, e ao mesmo tempo, orienta o professor nas suas práticas pedagógicas (Zabala; Arnau, 2010).

O intuito é que os estudantes desenvolvam as atividades propostas e consigam alcançar as competências e habilidades dialogadas no decorrer do texto. Além disso, o Quadro 10 faz uma relação dessas competências e habilidades dentro da proposta, alinhadas também aos pressupostos de Zabala e Arnau (2010) que visam promover as competências e a aprendizagem de seus componentes Factual, Conceitual, Atitudinal e Procedimental.

Quadro 10: Relação entre Competências, Habilidades e Aprendizagens a serem alcançadas na proposta metodológica integrada ao ensino de Física

Competências e a aprendizagem de seus componentes	Desenvolvimento da Proposta metodológica integrada ao ensino de Física	Adequação às Competências e Habilidades da BNCC
---	--	---

FATOS: Aquisição de informações concretas e específicas. A estratégia de estudo consiste em repetir o objeto de estudo quantas vezes forem necessárias até chegar a uma automatização da informação.	-Conhecimentos prévios sobre a Irradiação de alimentos por meio de avaliação diagnóstica. -Sistematização de dados históricos e científicos na linha do tempo. -Análise de dados comparativos entre alimentos irradiados e não irradiados.	Permite decisões informadas e baseadas em fatos concretos sobre a utilização da radiação. Além disso, incentiva o uso de informações confiáveis para argumentar e defender posições. Consolida também o conhecimento técnico necessário para avaliar utilizações práticas e apoia a análise de materiais e suas implicações na saúde e no meio ambiente.
CONCEITUAL: Está relacionado à compreensão de conteúdos e conceitos. Por meio dessa compreensão é possível utilizá-los para interpretação e exposição.	-Introdução à natureza da radiação com vídeos e roda de conversa. -Análise histórica e científica do percurso da radiação (linha do tempo). -Leitura e diálogo sobre os impactos da irradiação de alimentos comercializados na Amazônia.	Desenvolve competências para tomar decisões responsáveis ao analisar e produzir materiais. Logo, o estudante é estimulado a usar informações confiáveis e o encoraja a utilizar conceitos técnicos em análises práticas. Fomenta soluções criativas e críticas para problemas associados ao uso inadequado da radiação.
PROCEDIMENTAL: Refere-se a habilidades práticas para realizar tarefas. São exemplos dessas habilidades: ler, desenhar, calcular, classificar, traduzir, recortar, inferir, injetar, etc.	-Construção do varal fotográfico para ilustrar alimentos irradiados e não irradiados. -Produção textual e mapa mental destacando benefícios e impactos sociais e ambientais.	Estimula a utilização de informações confiáveis. Encoraja o uso de conceitos técnicos em análises práticas. Fomenta soluções criativas e críticas para problemas associados ao uso inadequado da radiação.
ATTITUDINAL: Engloba valores, atitudes e normas. Todos esses conteúdos são configurados por componentes cognitivos, afetivos e atitudinais. O processo de aprendizagem desses conteúdos significa elaborações complexas de caráter pessoal com grande vinculação afetiva.	-Reflexão durante as rodas de conversa e discussões. -Sensibilização sobre o uso sustentável da radiação na região amazônica. -Apresentação final para avaliação das atividades desenvolvidas durante a proposta.	Promove valores, reforçando o compromisso com o impacto social e ambiental. Cultiva uma consciência socioambiental crítica e o consumo responsável. Reforça atitudes conscientes ao utilizar conhecimentos de radiação e irradiação de alimentos. Estimula o posicionamento crítico e ético sobre a preservação ambiental e saúde.

Fonte: Elaboração própria com base em Zabala e Arnau (2010).

Com essa relação, é possível compreender como as competências e habilidades orientaram a elaboração das atividades na proposta metodológica. A partir dessa estrutura, o seu desenvolvimento ocorreu em oito encontros planejados de forma progressiva, cada um com objetivos específicos e estratégias metodológicas que integraram teoria e prática.

3.2.2 Desenvolvimento da proposta

O Quadro 11 mostra o planejamento geral da proposta, e a seguir, serão descritos detalhadamente os oito encontros, alinhados com as competências e habilidades da BNCC detalhadas no Apêndice D, bem como ao Eixo estruturante VIDA E EVOLUÇÃO e aos pressupostos de Zabala e Arnau (2010), visando os indicadores de AC conforme Sasseron e Carvalho (2008).

Nessa organização, buscou-se evidenciar os aspectos investigativos para favorecer a

aprendizagem ativa dos estudantes. As atividades planejadas não se limitam para a transmissão de conteúdo, mas estão organizadas de forma a instigar a problematização e a busca de informações relevantes para responder às questões propostas.

Desse modo, a proposta busca contemplar momentos em que os estudantes são incentivados a coletar e analisar dados, argumentar coletivamente, o que favorece a construção de conhecimento por meio da reflexão crítica. Logo, os elementos investigativos emergem tanto para a etapa de problematização quanto para a fase de análise e discussão, em que o estudante pode assumir papel de investigador contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

Quadro 11: Organização geral da proposta, relacionando as unidades temáticas com os componentes curriculares, encontros, principais objetivos e atividade final.

Unidade Temática	Componentes Curriculares	Encontros	Principais Objetivos	Atividade Final
Natureza da Radiação	-Física -História	1º	Diagnosticar conhecimentos prévios e introduzir a temática	Questionário e roda de conversa
		2º	Relacionar ciência, história e sociedade	Linha do tempo
Tecnologias na Radiação de Alimentos	-Biologia -Química/Física	3º	Compreender aplicações e impactos	Exposição de alimentos
		4º	Comparar efeitos da técnica	Varal fotográfico
Tecnologias na Radiação de Alimentos em contexto amazônico	-Geografia -Língua Portuguesa	5º	Analisar textos científicos	Produção textual
		6º	Sistematizar informações	Mapa mental
		7º	Compartilhar produções	Exposição dos trabalhos
		8º	Refletir e avaliar a aprendizagem	Questionário final e roda de conversa

Fonte: Elaboração própria (2025).

A proposta foi realizada de forma presencial com uma turma de 1º ano do NEM do “Colégio Amazonense Dom Pedro II”. Serão evidenciadas as etapas, objetivos e recursos utilizados ao longo da aplicação. Ressalta-se que toda a sua organização estrutural encontra-se no Apêndice D.

3.2.2.1 1º Encontro

Inicialmente os estudantes foram previamente informados sobre os objetivos da investigação e assinaram os termo documentais, garantindo a participação voluntária, o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos. Trabalhou-se neste encontro a unidade temática “Natureza da Radiação”, contemplando os objetos de conhecimento: radiação, tipos de radiação, espectro eletromagnético e descoberta da radioatividade (informações científicas e avanços tecnológicos).

Para tal, integraram-se os componentes curriculares de Física e História, favorecendo a articulação dos conhecimentos iniciais sobre o tema. Essa compreensão inicial constitui o alicerce para o entendimento de forma crítica dos estudantes sobre o uso da radiação na conservação de alimentos.

Os principais objetivos deste encontro, foram analisar os conhecimentos prévios dos estudantes por meio de um questionário semiestruturado, fazer a introdução da temática com apoio de um vídeo e promovendo um diálogo sobre radiação e suas manifestações na sociedade.

Nesse sentido, para uma melhor organização, a metodologia foi realizada em três momentos. No primeiro, os estudantes responderam ao questionário com questões abertas e distintas para avaliar seus conhecimentos prévios acerca da temática bem como informações pessoais, como idade, sexo, perfil e reafirmar o caráter progressivo e reflexivo da proposta, ao sistematizar aprendizagens e permitir a síntese coletiva do percurso (Zabala; Arnau, 2010) . Esse registro e análise de tais concepções, a prática assume caráter investigativo, próprio da pesquisa-ação (Thiollent, 2011).

No segundo momento, foi exibido o vídeo intitulado “*Radioatividade e tipos de Radiação*” como um recurso para apresentar acontecimentos históricos como os desastres radioativos e os aspectos físicos da radiação, enfatizando os principais tipos e suas características fundamentais e como estão organizadas no Espectro eletromagnético.

Além disso, o terceiro momento foi específico para dialogar sobre o vídeo numa roda de conversa. Na discussão, foi possível fazer a inserção e a explanação de alguns acontecimentos da História, como a descoberta da radioatividade por Henri Becquerel em 1896, assim como a utilização da radiação em armamentos durante a Segunda Guerra Mundial, Guerra Fria, e os avanços tecnológicos desse fenômeno na ciência, sua utilização e impactos atuais na sociedade.

3.2.2.2 2º Encontro

Este encontro deu continuidade à mesma unidade temática, objeto de conhecimento e componentes curriculares do 1º encontro, sendo organizados em dois momentos. Os objetivos foram explorar os pontos positivos e negativos da temática e fomentar a importância do conhecimento e da informação para desmistificar os mitos e as desinformações que a cercam, além de construir com os estudantes uma linha do tempo sobre o seu processo histórico e evolução na ciência.

Para isso, no primeiro momento, foi realizada uma palestra intitulada: “*Radiação: Vilã ou Mocinha?*”, ministrada por um técnico em radiologia, que faz parte do quadro de professores da instituição na disciplina de Geografia. Na palestra, o especialista ressaltou o que é radiação e seus tipos, exemplificando com situações do dia a dia dos estudantes. Além disso, mostrou aspectos da

radiação como “vilã”, abordando sobre os casos históricos como *Chernobyl*, as bombas de Hiroshima e Nagasaki e o acidente com o Césio-137 em Goiânia.

No âmbito da radiação como “mocinha”, foram salientados sobre seus avanços, aplicações e benefícios tecnológicos para a sociedade, enfatizando sua relevância para a medicina, indústria, agricultura e energia nuclear. Ademais, foram discutidos mitos, verdades, desinformações e o esclarecimento de dúvidas mais recorrentes entre os estudantes.

Para aprofundar os conteúdos trabalhados na palestra, os estudantes, organizados em 5 grupos, receberam da pesquisadora textos impressos contendo imagens, informações históricas, descobertas científicas e avanços tecnológicos relacionados à radiação, bem como materiais como papel 40 kg, canetas, pincéis coloridos, cola, fitas etc. Em posse desse material e a partir da leitura, aliada ao que viram na palestra, eles construíram uma linha do tempo mostrando todos esses fatos. A palestra e a construção da linha do tempo favorecem a ampliação de repertório e a articulação entre os diferentes saberes o que está em consonância com Zabala e Arnau (2010), ao conceberem a proposta como um dispositivo integrador de conteúdos e competências.

Dessa forma, as atividades desenvolvidas neste e no primeiro encontro possibilitaram aos estudantes compreender conceitos fundamentais sobre a natureza da radiação, refletir sobre seus usos e impactos na sociedade e elaborar argumentos fundamentados em informações confiáveis, atendendo às competências e habilidades previstas na BNCC, especialmente no que se refere à análise crítica de fenômenos científicos, à tomada de decisões responsáveis e ao diálogo interdisciplinar entre Física e História.

3.2.2.3 3º Encontro

No terceiro encontro, sua abordagem foi pautada na unidade temática “Tecnologias na Radiação de Alimentos” que concretizou a perspectiva interdisciplinar de Zabala e Arnau (2010), que consideram a proposta como espaço de integração de saberes escolares e situações reais. Integrou-se os componentes curriculares de Biologia, Química e Física com os seguintes objetos de conhecimentos: o que é a irradiação de alimentos, efeitos biológicos nos organismos vivos, tipos de radiação utilizadas, dosimetria, classificação de dosagem e efeito físico-químico nos alimentos.

Como os estudantes já conheciam o fenômeno-base, que é a radiação em sua essência, neste encontro eles puderam compreender como ela é utilizada na conservação de alimentos. Os objetivos deste encontro foram esclarecer o uso da tecnologia nesse processo, pontuando seus efeitos na qualidade, segurança e regulamentação alimentar para a população, além de observar os possíveis impactos para a Amazônia, seja em contexto ambiental, social e econômico.

A metodologia desta etapa foi organizada em dois momentos. No primeiro, a pesquisadora por meio de uma aula expositiva e dialogada intitulada: *“As Tecnologias na Radiação de Alimentos em contexto amazônico: Problema ou solução?”*, explicou sobre o que é a técnica da irradiação de alimentos e os objetos de conhecimentos acima mencionados, além de abordar a viabilidade da técnica para a região amazônica.

Como um exemplo prático, para que os estudantes pudessem observar os efeitos da irradiação, foi feita uma exposição de alimentos. Vale ressaltar que essa exposição teve apenas caráter simbólico, na qual de um lado mostravam os produtos irradiados e de outro, os não irradiados.

O intuito com essa dinâmica era deixar mais claro o que acontece por exemplo, com o tempo de vida útil dos alimentos que são submetidos à irradiação em comparação aos que não são submetidos ao processo. Complementarmente, para exemplificar como é feita a identificação de alimentos industrializados irradiados, utilizou-se o macarrão instantâneo, de modo que os estudantes pudessem visualizar, no rótulo, a forma de identificação. Nesse caso, observou-se que não é utilizado o símbolo da radura, mas sim uma descrição textual: “alimento tratado por irradiação”.

Por fim, como atividade, os estudantes com seus devidos grupos, foram orientados a elaborar um varal fotográfico informativo, a ser montado no encontro seguinte, ilustrando as diferenças entre os alimentos que são beneficiados e aqueles que não são beneficiados pelo uso das tecnologias de radiação.

Para isso, deveriam pesquisar, selecionar e imprimir conteúdos visuais, como fotografias de alimentos que evidenciem os benefícios da irradiação e também possíveis prejuízos decorrentes da ausência dessa tecnologia. Reforçou-se a importância de incluir sempre que possível, produtos amazônicos que são submetidos a essa técnica. Esse planejamento, a execução e a análise dessa atividade representam etapas do ciclo investigativo próprio da Pesquisa-Ação, permitindo ajustes e reflexões ao longo do processo (Thiollent, 2011).

3.2.2.4 4º Encontro

Neste encontro, pautado na mesma unidade temática, objetos de conhecimento e componentes curriculares do anterior, cada grupo de estudantes construiu seu varal fotográfico, o que envolve os estudantes em tarefas significativas, capazes de mobilizar saberes conceituais, procedimentais e atitudinais (Zabala; Arnau, 2010). Antes dessa produção, a pesquisadora precisou imprimir as imagens selecionadas pelos grupos na secretaria da escola, uma vez que muitos deles não possuíam impressora em casa.

Para colaborar nessa construção, a gestão escolar disponibilizou alguns materiais pedagógicos, como papel cartão, barbante, cola quente e prendedores de madeiras. A finalidade dessa atividade lúdica e visivelmente atrativa foi fomentar a investigação sobre os efeitos da irradiação nos alimentos, em especial os amazônicos, além de destacar a importância de informações corretas para desmistificar o receio em consumir esses produtos tratados e encorajar o uso de conceitos técnicos em análises práticas. Além disso, essa pesquisa realizada por cada grupo e a reflexão coletiva sobre os resultados configuram-se como práticas de Pesquisa-Ação em que a aprendizagem se dá simultaneamente com a investigação (Thiollent, 2011).

3.2.2.5 5 ° Encontro

O quinto encontro, teve como unidade temática a “Tecnologia na radiação de alimentos em contexto amazônico”. Um de seus objetivos foi analisar textos científicos sobre a irradiação de alimentos nesse contexto, especialmente os frutos nativos como o buriti, o cupuaçu, açaí e o tucumã. A partir disso, os estudantes desenvolveram uma produção textual.

A atividade pautou-se nos componentes curriculares de Língua Portuguesa e Geografia, sendo que esta última contempla, em seu objeto de conhecimento, a discussão das dinâmicas socioespaciais e da potencialização da tecnologia no país, especialmente na Amazônia.

A metodologia deste encontro foi organizada em quatro momentos. No primeiro, a pesquisadora entregou aos grupos artigos científicos relacionados a alimentos amazônicos, especificamente, que foram submetidos à irradiação de alimentos.

No segundo, os estudantes fizeram a leitura desses textos. No terceiro, organizaram e estruturaram as informações encontradas para facilitar a compreensão e análise do conteúdo. No quarto momento, cada grupo produziu um texto expondo seus entendimentos acerca da irradiação de alimentos nos alimentos amazônicos, destacando benefícios, impactos sociais, na saúde e no meio ambiente.

Esse processo de leitura, análise e produção textual proporcionou aos estudantes não apenas o contato com pesquisas científicas sobre frutos amazônicos irradiados, mas também o desenvolvimento da capacidade de interpretar e sistematizar informações favorecendo aprendizagens ativas e reflexivas (Zabala; Arnau, 2010).

A partir desse exercício, no próximo encontro, eles avançaram na construção de um mapa mental, que servirá para organizar visualmente os principais conceitos e reflexões levantados, ampliando a compreensão coletiva sobre a temática da irradiação de alimentos em contexto

amazônico. Para essa etapa, os estudantes foram novamente orientados a pesquisar imagens relacionadas ao tema do seu texto que considerassem pertinentes para ilustrar seus mapas.

3.2.2.6 6 ° Encontro

Para o desenvolvimento da atividade deste encontro, a pesquisadora novamente realizou, na secretaria da escola, a impressão das imagens selecionadas pelos grupos para ilustrar seus mapas. Além disso, disponibilizou materiais como papel 40 kg, cartolina, canetinhas coloridas, entre outros. A unidade temática, os objetos de conhecimento e os componentes curriculares foram os mesmos do encontro anterior.

O objetivo principal consistiu na construção de um mapa mental sobre os alimentos amazônicos que representa a etapa de sistematização e reconstrução dos conteúdos como defendem Zabala e Arnaus (2010). Para isso, os estudantes utilizaram suas produções textuais, conforme descrito na metodologia do quinto encontro, bem como os textos disponibilizados naquela ocasião, de modo a contribuir para a elaboração do conteúdo que integrará este trabalho.

A construção dos mapas mentais possibilitou aos estudantes organizar de forma visual e criativa os conceitos discutidos, integrando informações científicas e suas próprias interpretações sobre os alimentos amazônicos submetidos à irradiação. Esse recurso favorece tanto a sistematização dos conteúdos quanto a troca de ideias entre os grupos, configurando um movimento investigativo, reflexivo, alinhado com os pressupostos de Thiollent (2011), consolidando as aprendizagens que foram retomadas e apresentadas no encontro seguinte.

3.2.2.7 7 ° Encontro

Neste encontro, utilizando a mesma unidade temática, mesmos componentes curriculares e objetos de conhecimento da Geografia do anterior, além do objeto de conhecimento *Comunicação* de Língua Portuguesa, os grupos de estudantes realizaram a exposição e apresentação das atividades produzidas durante toda a proposta metodológica. Cada grupo, em sua respectiva rotação, apresentou os seus trabalhos desenvolvidos, o que exigiu preparo e organização para a exibição de informações relevantes sobre seus projetos.

As apresentações fortaleceram a socialização do conhecimento, elemento essencial em uma proposta conforme Zabala e Arnau (2010), que ressaltam a importância da avaliação formativa e da interpretação entre pares. Em seguida, cada grupo produziu um relato escrito sobre a apresentação de outra equipe, destacando os pontos compreendidos em cada exposição, promovendo a reflexão e a síntese das informações compartilhadas. Essas trocas de percepções e a devolutiva entre os grupos

constituem práticas próprias da pesquisa-ação, na medida em que possibilitam a retroalimentação contínua do processo pedagógico (Thiollent, 2011).

Os estudantes também tiveram a oportunidade de reler seus próprios textos a partir dos relatos, o que incentivou a revisão e a melhoria na comunicação escrita. Por fim, os relatos foram entregues à professora no encontro seguinte, possibilitando uma avaliação dos entendimentos alcançados e a devolutiva com as considerações necessárias.

3.2.2.8 8 ° Encontro

O último encontro, teve o objetivo de promover a reflexão e a síntese das informações adquiridas sobre a técnica da irradiação de alimentos. A atividade foi dividida em dois momentos. No primeiro, realizou-se uma roda de conversa na qual os estudantes puderam dialogar sobre seus relatos escritos, produzidos na etapa anterior. Nesse momento, a pesquisadora também apresentou suas considerações a respeito dos trabalhos desenvolvidos.

No segundo momento, aplicou-se o QF avaliativo, que teve como finalidade verificar sobre os conhecimentos construídos e observar o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Para o encerramento desse ciclo metodológico evidenciou não apenas o aprofundamento conceitual dos estudantes acerca da irradiação de alimentos, mas também o desenvolvimento de habilidades críticas, interpretativas e comunicativas ao longo das atividades propostas. A roda de conversa e o QF permitiram consolidar aprendizagens, apontar avanços e identificar percepções construídas durante o processo, estabelecendo o fechamento reflexivo da proposta e preparando para as análises de algumas dessas etapas que serão apresentadas no próximo capítulo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados dos oito encontros foi feita à luz da Análise de Conteúdo categorial (Bardin 2016), tendo como referência os indicadores de AC propostos por Sasseron e Carvalho (2008). Além disso, utilizou-se o *software* IRAMUTEQ que possibilitou as análises lexicais complementares para fortalecer a interpretação qualitativa dos resultados.

4.1 Categorização dos Participantes da pesquisa

Estão dispostas no Quadro 12, as informações da amostra dos 40 participantes da pesquisa vinculados ao “Colégio Amazonense Dom Pedro II”.

Quadro 12: Caracterização dos participantes da pesquisa: a variável em cinza corresponde ao sexo dos participantes, enquanto a variável em amarelo refere-se à idade.

Variável	Características	Quantidade
Sexo	Sexo Feminino	23
	Sexo Masculino	17
Idade	Idade 15 anos	21
	Idade 16 anos	19

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Após a caracterização da amostra, passamos a apresentação e análise dos resultados, organizados a partir dos **três eixos principais da investigação**.

4.2 Questionário Inicial (QI): Representações iniciais sobre radiação e irradiação de alimentos

Por meio do questionário inicial (Apêndice E), buscou-se identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da radiação e da irradiação de alimentos. A análise dos dados QI possibilitou a identificação de três categorias emergentes descritas no Quadro 13, o que demonstra a presença de estigmas sociais amplamente difundidos do tema.

Quadro 13: Categorias emergentes a partir do QI

Categoria	Descrição	Unidades de Registros	Quantidade de Unidades de Registros
Visão negativa/mítica da radiação	Radiação como bomba, veneno, tóxico, acidente nuclear.	<i>“Na minha cabeça, a única radiação que vem é uma bomba” (E9).</i> <i>“O contágio de um produto químico de algum lugar” (E10).</i> <i>“já ouvi é que serve para contaminar” (E12)</i> <i>“Energia dos acidentes nucleares” (E14)</i>	21

Desconhecimento /ausência de conceito	Não sabe ou nunca ouviu falar.	<i>“Nunca ouvi falar” (E1).</i> <i>“Primeira vez que ouço falar” (E7).</i> E8: <i>“Serve para conservar os alimentos por mais tempo”</i> <i>“Acho que serve para quando alguém quer contaminar o alimento” (E11).</i> <i>“Não sei o que significa, nunca ouvi falar” (E15).</i>	11
Rudimentos científicos	Ondas eletromagnéticas, sol, raio X, energia.	<i>“É uma energia que pode vir do sol ou dos raios-X” (E22).</i> <i>“A radiação tem sim a importância para as nossas vidas até porque sem ela não existiria remédios, ultrassons, raio-x, vitamina do sol etc” (E24).</i> <i>“Pode ser a criação tecnológica, como celular, ar condicionado, computadores” (E30).</i> <i>“Acho que no ganho de vitaminas devido a radiação solar, não tenho certeza” (E40).</i>	8

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A primeira categoria, **visão negativa/mítica**, foi a mais recorrente caracterizada por associações diretas entre radiação e elementos como “bomba atômica”, “veneno”, “acidente nuclear” e “toxicidade”. Alguns exemplos representativos são as resposta dos estudantes: *“Na minha cabeça, a única radiação que vem é uma bomba” (E9)*; *“O contágio de um produto químico de algum lugar” (E10)*; *“já ouvi é que serve para contaminar” (E12)* e *“Energia dos acidentes nucleares” (E14)*.

Esses tipos de respostas revelam representações sociais que segundo Bardin (2016), constituem sistemas de significados compartilhados culturalmente. Nesses casos específicos, essas representações podem ter sido historicamente alimentadas por discursos midiáticos e por acidentes nucleares como *Chernobyl* e *Fukushima* que acabam sendo fixados no imaginário coletivo a associação de radiação como algo essencialmente perigoso. Levy, Sordi e Villavicencio (2020) também atrelam toda essa construção de concepções equivocadas devido a desinformação e mitos que permeiam sobre o tema.

A segunda categoria, **desconhecimento/ausência de conceito**, mostra respostas em branco ou declarações de total desconhecimento sobre o tema: *“Nunca ouvi falar” (E1)*. *“Primeira vez que ouço falar” (E7)*. De acordo com Pozo e Crespo (2009), essa ausência de referenciais conceituais evidencia lacunas na escolarização prévia, onde as concepções alternativas ou a falta delas não são apenas erros, mas obstáculos epistemológicos que se problematizados podem abrir caminho para a reconstrução conceitual. Nesse sentido, Japiassu (2006) ressalta a importância de reconhecer tais obstáculos como etapas produtivas do processo de aprendizagem, pois é a partir deles que o conhecimento pode ser criticamente reconstruído.

Do mesmo modo, em relação ao questionamento sobre a irradiação de alimentos, grande parte dos estudantes associaram o processo à contaminação e à toxicidade: *“Acho que serve para quando alguém quer contaminar algum alimento” (E11)*. Outros novamente também declararam

desconhecimento: “*Não sei o que significa, nunca ouvi falar*” (E15). Apenas uma minoria antecipou uma aproximação científica, vinculando a irradiação à conservação ou ao comércio de alimentos, como mostra a fala do E8: “*Serve para conservar os alimentos por mais tempo*”.

Já terceira categoria, **rudimentos científicos**, embora em número menor, revela que alguns estudantes associaram a radiação a elementos como sol e exames médicos, apontando uma diferenciação inicial entre radiação natural e tecnológica: “*É uma energia que pode vir do sol ou dos raios-X*” (E22); “*A radiação tem sim a importância para as nossas vidas até porque sem ela não existiria remédios, ultrassons, raio-x, vitamina do sol etc*” (E24); “*Pode ser a criação tecnológica, como celular, ar condicionado, computadores*” (E30); “*Acho que no ganho de vitaminas devido a radiação solar, não tenho certeza*” (E40).

Ainda que incipientes, esses registros já podem ser vistos como indícios de **seriação e classificação das informações**, um dos indicadores de AC (Sasseron; Carvalho, 2008). Entretanto, nesse momento quase não se encontram justificativas, previsões ou explicações, mostrando que os estudantes ainda não mobilizam plenamente raciocínios científicos mais complexos.

Esses resultados iniciais mostram um cenário de concepções alternativas e estigmatizadas, que serviram como o ponto de partida para o processo de intervenção pedagógica. Bardin (2016) destaca que a análise de conteúdo é importante justamente para identificar essas representações iniciais que podem ser retomadas em comparação com os dados finais. Freire (1996), e, Mortimer e Scott (2002), enfatizam que compreender o universo do vocabulário dos estudantes é condição necessária para estabelecer o diálogo e conduzir a ressignificação dos conceitos.

No que se refere à análise lexical realizada pelo *software* IRAMUTEQ mostra o reforço dessa leitura. Na nuvem de palavras do QI, destacaram-se os termos como “*tóxico*”, “*contaminar*”, “*bomba*” e “*acidente*” evidenciando que a compreensão inicial dos estudantes estava marcada por representações negativas e restritas.

Figura 10: Nuvem de palavras referentes às respostas do QI sobre radiação e irradiação de alimentos, evidenciando a predominância de associações negativas.



Fonte: Dados da pesquisa (2025), gerado no software IRAMUTEQ.

Desse modo, os resultados do QI funcionam como um mapa das concepções prévias, que foram progressivamente reelaboradas ao longo das atividades, visto que inicialmente a maioria dos estudantes relacionou radiação à doenças e riscos à saúde, revelando preocupações legítimas, mas pouco fundamentadas cientificamente.

4.3 Produção Textual (PT): Apropriação coletiva e contextualizada

A PT foi realizada no quinto encontro, sendo constituída como uma etapa central do processo formativo, pois permitiu que os estudantes organizados em cinco grupos, sistematizassem de forma coletiva suas compreensões sobre a irradiação de alimentos e estruturarem seus textos conforme descrito no tópico 3.2.2.5. Essa atividade é considerada como uma transição, mesmo que ainda apresentasse algumas limitações conceituais já evidenciava avanços significativos em relação ao QI. As categorias das produções estão sintetizadas no Quadro 14.

Quadro 14: Categorias emergentes da Produção Textual

Categoria	Descrição	Unidades de Registros	Quantidade de Unidade de Registros
Reconhecimento da irradiação de	Compreensão da função básica da técnica ligada à preservação e	<i>“A irradiação de alimentos é uma tecnologia usada para conservar e melhorar a segurança dos alimentos[...]” (G1)</i> <i>“[...] A irradiação é uma tecnologia que quando utilizada no cupuaçu [...] pode permitir prolongar a vida útil do cupuaçu [...]” (G2).</i> <i>“[...]As tecnologias da radiação aplicadas aos</i>	4

alimentos como tecnologia de conservação	segurança alimentar.	<i>alimentos amazônicos são utilizadas o da radiação ionizante para melhorar a conservação e a segurança desses produtos [...]” (G3). “[...] Portanto a tecnologia da radiação é um processo utilizado como ferramenta da indústria alimentícia para conservação [...]” (G5).</i>	
Aplicação a frutos amazônicos	Contextualização local, associando a técnica à valorização cultural e econômica da região.	<i>“O tucumã é um fruto típico da nossa região e pode se beneficiar muito com esse processo[...]” (G1). “A irradiação aplicada ao cupuaçu [...]” (G2). “Socialmente a radiação de alimentos pode gerar impacto positivo porque ela pode colocar os produtos amazônicos em mercados que exigem altos padrões de segurança alimentar [...]” (G3). “[...] Os benefícios da radiação no Buriti fazem com que dure mais e também reduz as perdas pós-colheita dos frutos [...]” (G4). “[...] a irradiação é aplicada no açaí oferece vários benefícios importantes relacionados a segurança alimentar na amazônia [...]” (G5).</i>	5
Preocupações ambientais	Emergência de preocupações ecológicas e de segurança quanto ao uso da tecnologia.	<i>“[...] conservação sem precisar usar produtos químicos[...]” (G3). “[...] radiação excessiva pode alterar o ácido ascórbico [...]” (G4)</i>	2
Impactos econômicos e sociais	Reconhecimento do potencial da irradiação de alimentos para desenvolvimento regional, geração de empregos e exportação.	<i>“[...]isso facilita o transporte para outras regiões...” (G1). “[...]pequenos produtores poderiam alcançar novos mercados...” (G2).</i>	2
Conhecimento e Divulgação Científica	Desinformação pública, importância da educação e divulgação científica.	<i>“[...] vale muito também informar a sociedade de que esse processo é benéfico e ajudaria muito toda a região [...]” (G2). “[...] a radiação é uma ferramenta da indústria alimentícia só que seu uso específico no setor do açaí ainda é coisa nova [...]” (G5).</i>	2

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A categoria **Reconhecimento da irradiação de alimentos como tecnologia de conservação**, foi recorrente entre os grupos. Os estudantes identificaram a irradiação como um processo eficaz para aumentar a durabilidade e melhorar a segurança dos alimentos. Essa compreensão aparece de forma explícita em registros como:

“[...] O tucumã é um fruto típico da nossa região e pode se beneficiar muito com esse processo. Ele é amplamente consumido em sanduíches aqui na nossa região, nosso famoso x-caboquinho e também balas e doces. Porém ele é muito perecível e se estraga rapidamente. Com a irradiação é possível fazer a conservação do tucumã por mais tempo sem usar produtos químicos, isso facilita o transporte para outras regiões do Brasil [...]” (G1).

“[...] A irradiação é uma tecnologia que quando utilizada no cupuaçu [...] pode permitir prolongar a vida útil do cupuaçu [...]” (G2).

“[...]As tecnologias da radiação aplicadas aos alimentos amazônicos são utilizadas o da radiação ionizante para melhorar a conservação e a segurança desses produtos [...]” (G3).

“[...] Portanto a tecnologia da radiação é um processo utilizado como ferramenta da indústria alimentícia para conservação [...]” (G5).

Esse movimento revela uma evolução em relação ao QI, onde predominavam as concepções negativas ou vagas. À luz de Bardin (2016), trata-se de uma primeira sistematização coletiva que traduz significados atribuídos ao termo em função da mediação pedagógica vivida nos encontros. Os indicadores de AC de acordo com Sasseron e Carvalho (2008) estão relacionados à **seriação**, **organização** e **classificação** das informações, quando o grupo listou os benefícios (conservação, segurança) e distinguiu a irradiação de alimentos de outros processos como a pasteurização.

Na Figura 11A, por exemplo, o registro manuscrito do G1 mostra essa sistematização ao integrar a função de conservação à durabilidade do tucumã, a logística de transporte até a regulação por órgãos internacionais como a Organização Mundial da Saúde (OMS). Esse dado é fundamental porque demonstra que além da descrição da técnica, os estudantes passam a justificar sua segurança e utilidade, atingindo indicadores de **seriação**, **classificação** e **justificativa/explicação** (Sasseron e Carvalho, 2008).

A categoria **Aplicação a frutos amazônicos**, destaca-se pela contextualização do conhecimento científico em práticas culturais da região. O G1, por exemplo, citou o tucumã como fruto típico presente no “x-caboquinho”, associando sua conservação ao transporte e até à exportação. O G2 relacionou a irradiação ao cupuaçu, ressaltando o aumento de sua vida útil; já o G3 destacou o potencial social da técnica ao possibilitar a entrada dos produtos amazônicos em mercados internacionais. O G4 mencionou o buriti, valorizando seus benefícios na conservação pós-colheita, e o G5 analisou o açaí como produto estratégico para a Amazônia.

Essa articulação entre ciência e cultura, dialoga com Zabala e Arnau (2010), que defendem a necessidade de tarefas complexas e contextualizadas para que a aprendizagem seja significativa. Ao conectar a tecnologia à sua realidade amazônica, os estudantes ressignificam a irradiação de alimentos como ferramenta próxima do seu cotidiano.

Ainda sobre essa categoria, os indicadores de AC evidenciados são **seriação** e **classificação**, pois os textos dos grupos relacionam explicitamente a irradiação de alimentos aos produtos locais (tucumã, açaí, cupuaçu, buriti) e possibilidades de exportação. A **estruturação de pensamento**

(raciocínio lógico/proporcional) se destacam quando eles estabelecem cadeia casual (irradiação, transporte/exportação, valorização econômica). Isso pode ser visto no registro do G1: “[...] *isso facilita o transporte para outras regiões do Brasil e até para a exportação, valorizando o fruto e os produtos locais*”.

Relacionado à categoria **Preocupações ambientais**, alguns grupos problematizaram os possíveis riscos da técnica, mencionando alterações nutricionais e impactos no ambiente. O G3 destacou a conservação “*sem precisar usar produtos químicos*”, enquanto que o G4 previu que “*radiação excessiva pode alterar o ácido ascórbico*”.

Esse exercício de ponderação evidencia indícios dos indicadores de AC, especialmente na **elaboração de hipóteses e previsões** (Sasseron e Carvalho, 2008). Ainda que algumas hipóteses não sejam conceitualmente corretas, como ideia de perda nutricional, eles demonstram esforço na sua **justificativa/explicação** ao apontar riscos, justificando a necessidade de controle/dosagem.

A categoria **Impactos econômicos e sociais** mostra a percepção dos estudantes sobre a relação CTS, evidenciando a **estruturação do pensamento (raciocínio lógico e proporcional)** ao mencionarem geração de empregos, apoio a pequenos produtores e exportação de frutos regionais. Ademais, os estudantes ampliam o debate para além do aspecto técnico, reconhecendo as implicações sociais da ciência. Tal perspectiva confirma o que Japiassú (2006) propõe ao defender a superação das visões fragmentadas do conhecimento, integrando dimensões científicas, sociais e culturais em uma compreensão mais ampla da realidade.

Ainda nesse sentido e tendo como exemplo de suporte a fala do G1 que destacou a facilidade do transporte e a exportação e o G2 enfatizou que os “*pequenos produtores poderiam alcançar novos mercados [...] promovendo o desenvolvimento econômico da região*”, os estudantes evidenciam a **Busca pelo entendimento da solução**, pois eles fazem **previsão** de impactos econômicos positivos, e **justificativas** para a promoção da técnica (benefício para pequenos produtores).

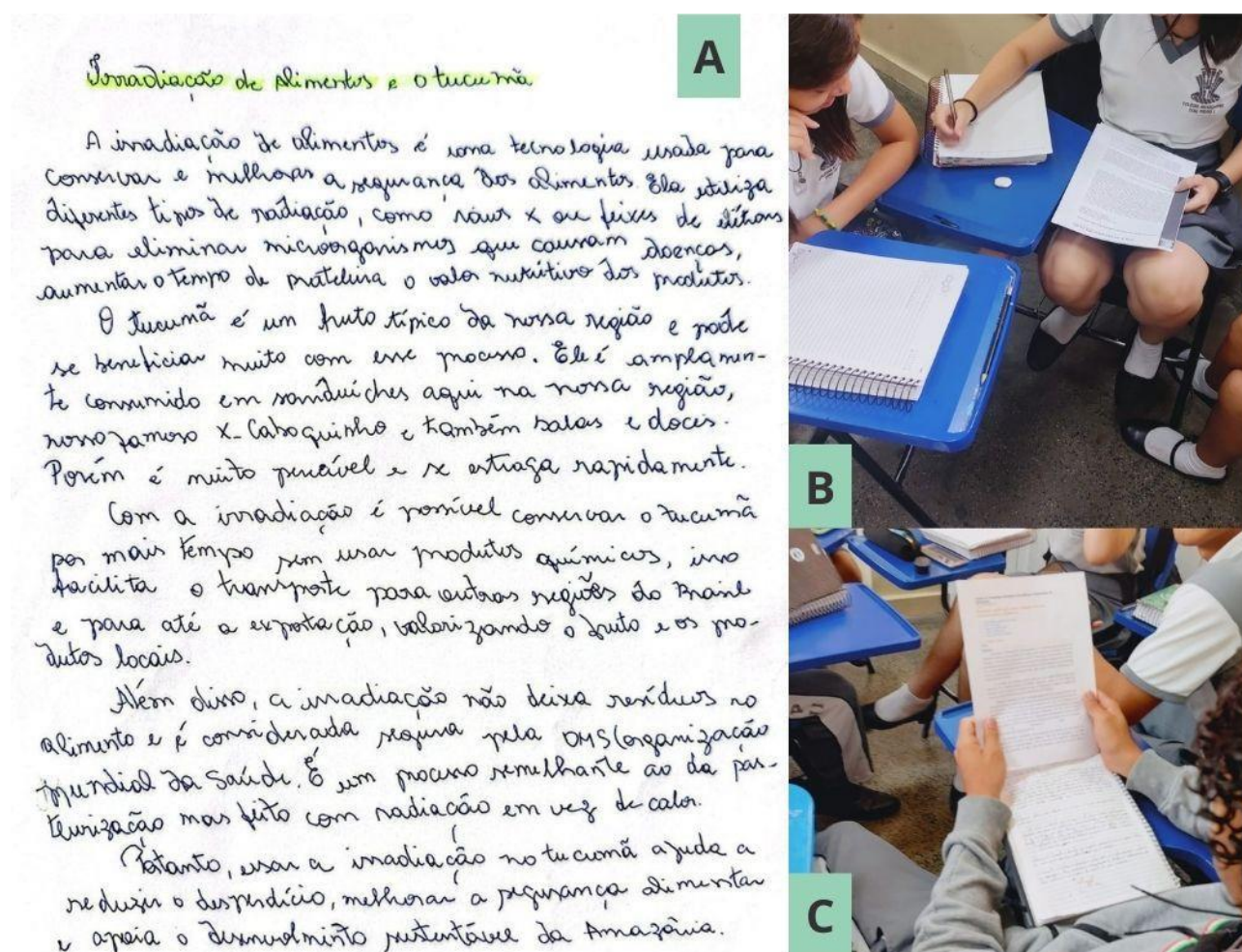
E por fim, a categoria **Conhecimento e Divulgação Científica** amplia a análise ao evidenciar que os estudantes não apenas reconhecem aspectos técnicos e econômicos da irradiação de alimentos, mas também problematizam a relação CTS. O G2 destacou: “[...] *vale muito também informar a sociedade de que esse processo é benéfico e ajudaria muito toda a região*” e o G5 alertou que “*a radiação é uma ferramenta da indústria alimentícia só que seu uso específico no setor do açaí ainda é coisa nova*”.

Essas falas reforçam a necessidade de democratizar o conhecimento científico e se alinha ao que Sasseron e Carvalho (2008) definem como indicadores de AC pois há **justificativas/ explicações**

sobre a importância da informação pública, **raciocínio lógico** ao relacionar divulgação científica à aceitação social. Essa postura mostra amadurecimento crítico, reconhecendo que a compreensão pública da ciência é essencial para o desenvolvimento sustentável.

A Figura 11, ao apresentar tanto o registro manuscrito (A) quanto os momentos da escrita coletiva (B e C), reforça a dimensão processual da PT. Não se trata apenas do resultado final, mas de uma construção compartilhada de significados. Isso confirma a defesa de Zabala e Arnau (2010), que destaca a importância de tarefas coletivas e colaborativas para a aprendizagem significativa.

Figura 11: A- Registros da PT (Grupo 1); B e C- momentos de elaboração coletiva durante o quinto encontro



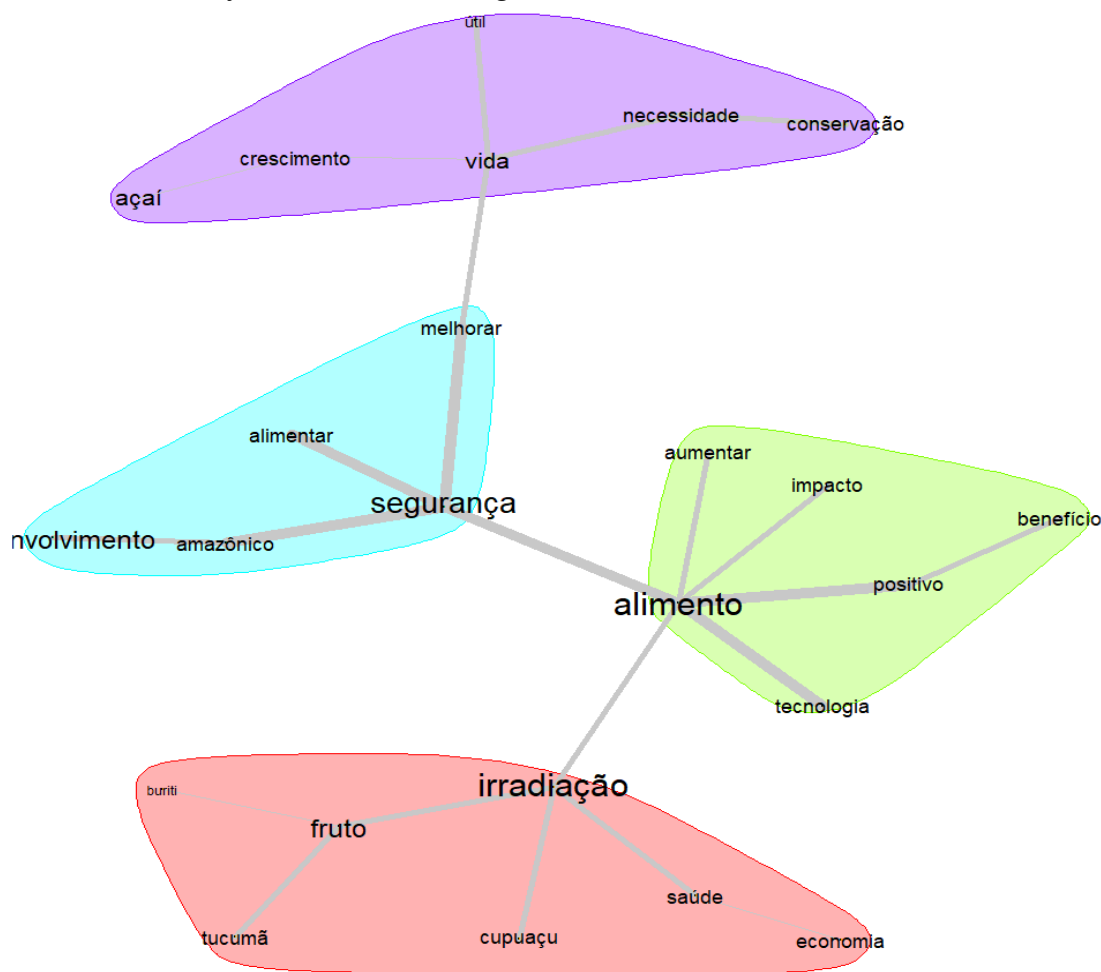
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Desse modo, ao articular ciência (radiação, segurança alimentar), cultura (o x-caboquinho como prato típico regional) e economia (exportação e valorização do tucumã), os estudantes evidenciam uma aprendizagem integradora e situada.

Diante disso, na Figura 12, a análise de similitude das categorias emergentes das produções textuais realizada pelo software IRAMUTEQ reforça esse cenário e evidencia a organização das

respostas em quatro comunidades semânticas.

Figura 12: Análise de similitude das produções textuais sobre a irradiação de alimentos, mostrando a associação entre os termos “alimento”, “irradiação”, “segurança” e “vida”, em articulação com frutos amazônicos (tucumã, cupuaçu, buriti), saúde, economia, conservação e desenvolvimento regional.



Fonte: Dados da pesquisa (2025), gerado no software IRAMUTEQ.

O termo *alimento* aparece como núcleo central conectado a *irradiação* e *segurança*, indicando que os estudantes passaram a relacionar o processo de forma mais consistente com a preservação alimentar.

A comunidade em vermelho reúne *fruto*, *tucumã*, *cupuaçu* e *buriti*, destacando a contextualização da técnica em produtos amazônicos. Já a comunidade em azul, em torno de *segurança* e *desenvolvimento amazônico*, aponta para a preocupação com benefícios sociais e regionais. A comunidade em verde associa *alimento* a *impacto*, *benefício* e *tecnologia*, reforçando uma visão positiva da ciência. Por fim, a comunidade em lilás, organizada em torno de *vida* e *conservação*, sugere que os estudantes passaram a compreender a irradiação como uma tecnologia útil para prolongar a vida útil dos alimentos.

Assim, a Produção Textual funcionou como espaço de mediação no qual os estudantes começaram a integrar o conhecimento científico com a realidade sociocultural amazônica, antecipando categorias que seriam consolidadas no QF.

4.4 Atividades intermediárias: etapas mediadoras do processo formativo

Além dos três instrumentos de coletas de dados principais (QI, PT e QF), o percurso formativo incluiu outras atividades: linha do tempo, varal fotográfico, mapas mentais e a exposição dos trabalhos que embora não tenham sido categorizadas, tiveram papel relevante como etapas mediadoras no processo de construção do conhecimento. A Figura 13 mostra alguns registros desses momentos de construção.

Figura 13: Registros de alguns momentos de construção das atividades da linha do tempo, varal fotográfico e mapa mental.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em todas as atividades intermediárias, a Física se destacou como ciência estruturante do processo formativo, uma vez que os conceitos de radiação, energia e partículas subatômicas foram constantemente mobilizados pelos estudantes para interpretar fenômenos, construir representações (linha do tempo e mapas mentais) e propor relações com o cotidiano (varal fotográfico e exposição). Esse movimento evidencia a Física não apenas como disciplina isolada, mas como linguagem que permitiu aos estudantes articular ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, em consonância com a perspectiva CTS e com as competências previstas na BNCC.

Ressaltamos que optamos em analisar três trabalhos dos Grupos 3, 4 e 5: linha do tempo, varal fotográfico e mapa mental e também uma síntese breve sobre alguns registros das exposições desses trabalhos. Essa escolha é devido a grande quantidade de informações que geraria neste estudo, não sendo possível descrevê-las, caso fossem analisadas todas as construções feitas pelos outros grupos de estudantes.

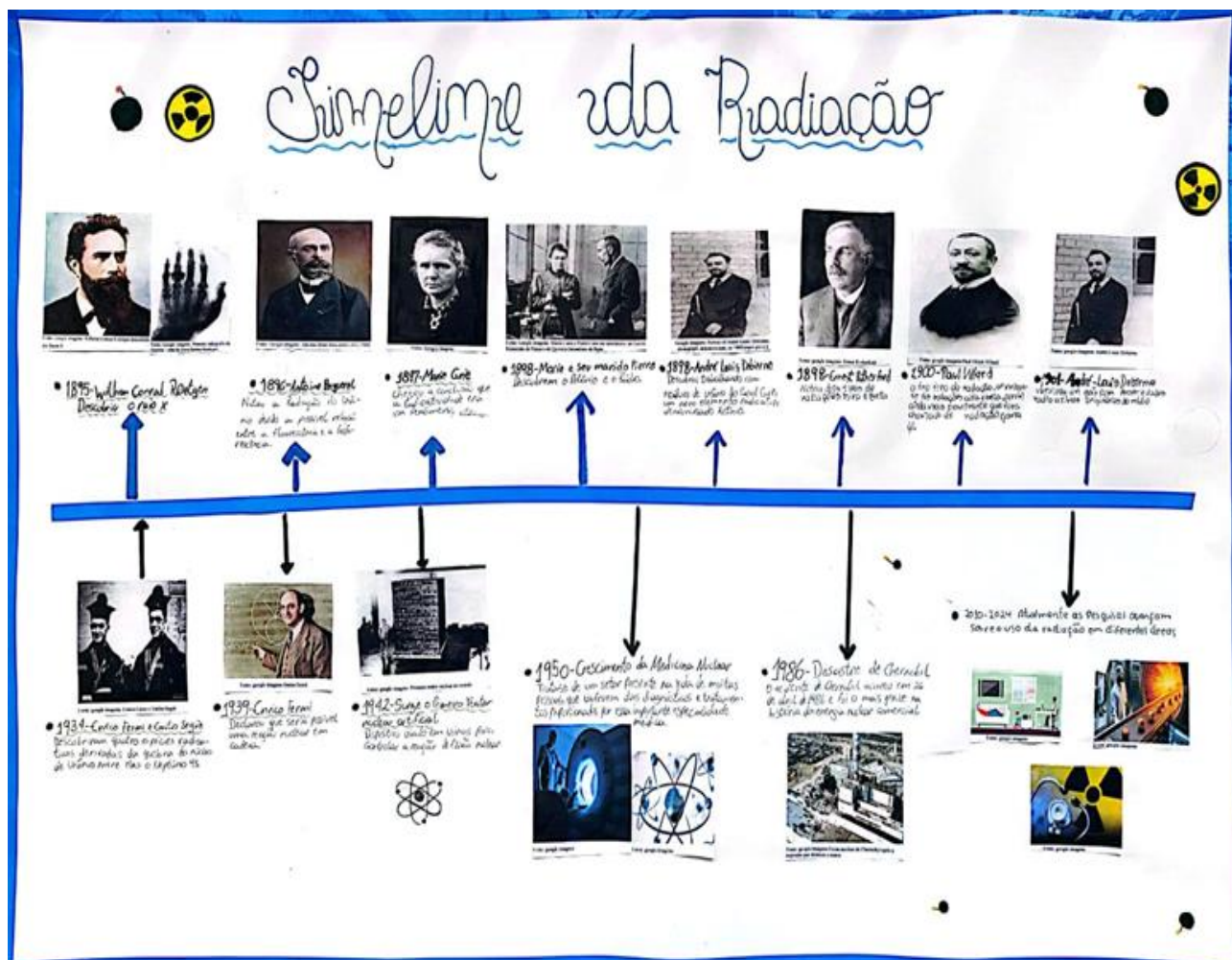
4.4.1 Linha do tempo

Essa atividade foi construída coletivamente a partir da palestra “*Radiação: Vilã ou Mocinha?*” (4.2.2.2 2º Encontro), configurando-se como um espaço privilegiado para a contextualização histórica da ciência e evidenciou o papel da Física como ciência fundamental para compreender fenômenos nucleares e eletromagnéticos, permitindo aos estudantes organizar cronologicamente conceitos da Física e reconhecer sua influência na medicina, na indústria e no meio ambiente.

Os estudantes, organizados em grupos, sistematizaram descobertas, personagens, acidentes e aplicações da radiação, resultando em produções gráficas que representam a evolução do conhecimento científico e seus impactos sociais.

O G3 elaborou uma linha do tempo (Figura 14), incluindo ampla variedade de marcos históricos, desde Roentgen até os avanços atuais da radiação, a organização desse grupo privilegiou a linearidade cronológica e a descrição dos acontecimentos, o que garantiu uma linha do tempo completa e consistente. Porém, observou-se menor destaque para as explicações críticas ou relações explícitas entre a ciência e a sociedade. Do ponto de vista dos indicadores de AC (Sasseron e Carvalho, 2008), se sobressaem a **seriação** e **classificação das informações**, demonstrando capacidade de ordenar e sistematizar o conhecimento científico.

Figura 14: Linha do tempo construída pelos estudantes do G3 com as seguintes descrições nas imagens: **1895 - Wilhelm Conrad Roentgen:** Descobriu o raio x. **1896 - Antoine Henri Becquerel:** notou a radiação do urânio devido a possível relação entre a fluorescência e a fosforescência. **1897 - Marie Curie:** chegou à conclusão que a Radioatividade era um fenômeno atômico. **1898 - Marie e seu marido Pierre Curie:** descobrem o Polônio e o Rádio. **1898 - André Louis Debierne:** descobriu trabalhando com resíduos de urânio do casal Curie, um novo elemento radioativo, denominado Actínio. **1898 - Ernest Rutherford:** notou dois tipos de radiações: Alfa e Beta. **1900 - Paul Villard:** notou outro tipo de radiação, semelhante às radiações alfa e beta, porém ainda mais penetrante que foi chamada de radiação gama. **1901 - André-Louis Debierne:** verificou um gás com propriedades radioativas originárias do rádio. **1934- Os italianos Emílio Segré e Enrico Fermi** descobriram quatro espécies radioativas derivadas da quebra do núcleo de Urânio, entre elas o Neptúncio 93. **1939 - Enrico Fermi** declarou que seria possível uma reação nuclear em cadeia. **1942 -** surge o primeiro reator nuclear artificial. Dispositivo usado em usinas para controlar a reação de fissão nuclear. **1950 -** começa a crescer a medicina nuclear que se trata de um setor presente na vida de muitas pessoas que usufruem dos diagnósticos e tratamentos proporcionados por essa especialidade médica. **1986 -** Desastre de *Chernobyl* que ocorreu em 26 de abril de 1986 e foi o mais grave na história da energia nuclear comercial. **2010- 2024 -** Atualmente as pesquisas avançam sobre o uso da radiação em diferentes áreas.



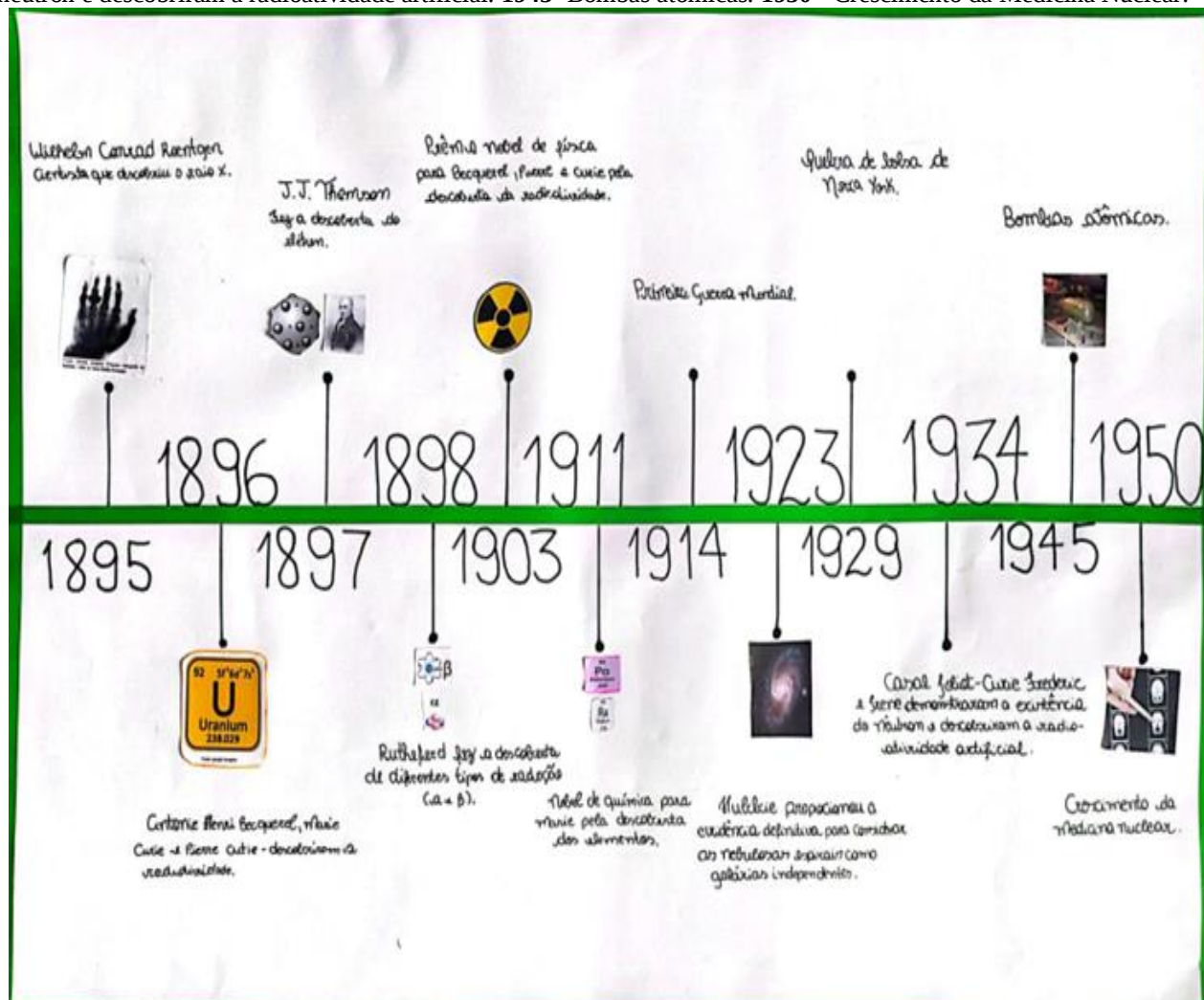
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Dessa forma, essa opção de organização do grupo revela que os estudantes mobilizaram uma concepção de ciência ainda mais próxima à lógica escolar tradicional, marcada pelo acúmulo de fatos e personagens. Isso indica familiaridade com uma abordagem transmissiva de conhecimento, mas que pôde ser enriquecida nas análises posteriores por meio de conexões sociais e tecnológicas destacadas por outros grupos.

O G4 apresentou uma linha do tempo mais equilibrada (Figura 15), com seleção mais criteriosa de personagens e eventos marcantes, como Marie Curie, Rutherford, o acidente de Chernobyl e a expansão da medicina nuclear. As datas e as imagens foram organizadas de forma clara, demonstrando compreensão da ciência como processo histórico e coletivo. Os estudantes conseguiram estabelecer relações entre descobertas e suas consequências, como a associação entre a radioatividade e a criação de tecnologias médicas.

Figura 15: Linha do tempo construída pelos estudantes do G4 com as seguintes descrições nas imagens: 1895 - **Wilhelm Conrad Roentgen:** Cientista que descobriu o raio X. 1896 - **Antoine Henri Becquerel, Marie Curie e Pierre Curie:** descobriram a radioatividade. 1897 - **J.J. Thomson:** fez a descoberta do elétron. 1898 - **Rutherford:** fez a descoberta de diferentes tipos de radiação (α e β). 1903 - Prêmio Nobel de Física para Becquerel, Pierre e Curie pela descoberta da radioatividade. 1911 - Nobel de Química para Marie pela descoberta dos elementos. 1914 - Primeira Guerra Mundial.

1923 - **Hubble**: proporcionou a evidência definitiva para considerar as nebulosas espirais como galáxias independentes. 1929 - Quebra de bolsa de Nova York. 1934 - **Casal Joliot-Curie. Frederic e Irene**: demonstraram a existência do nêutron e descobriram a radioatividade artificial. 1945- Bombas atômicas. 1950 - Crescimento da Medicina Nuclear.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

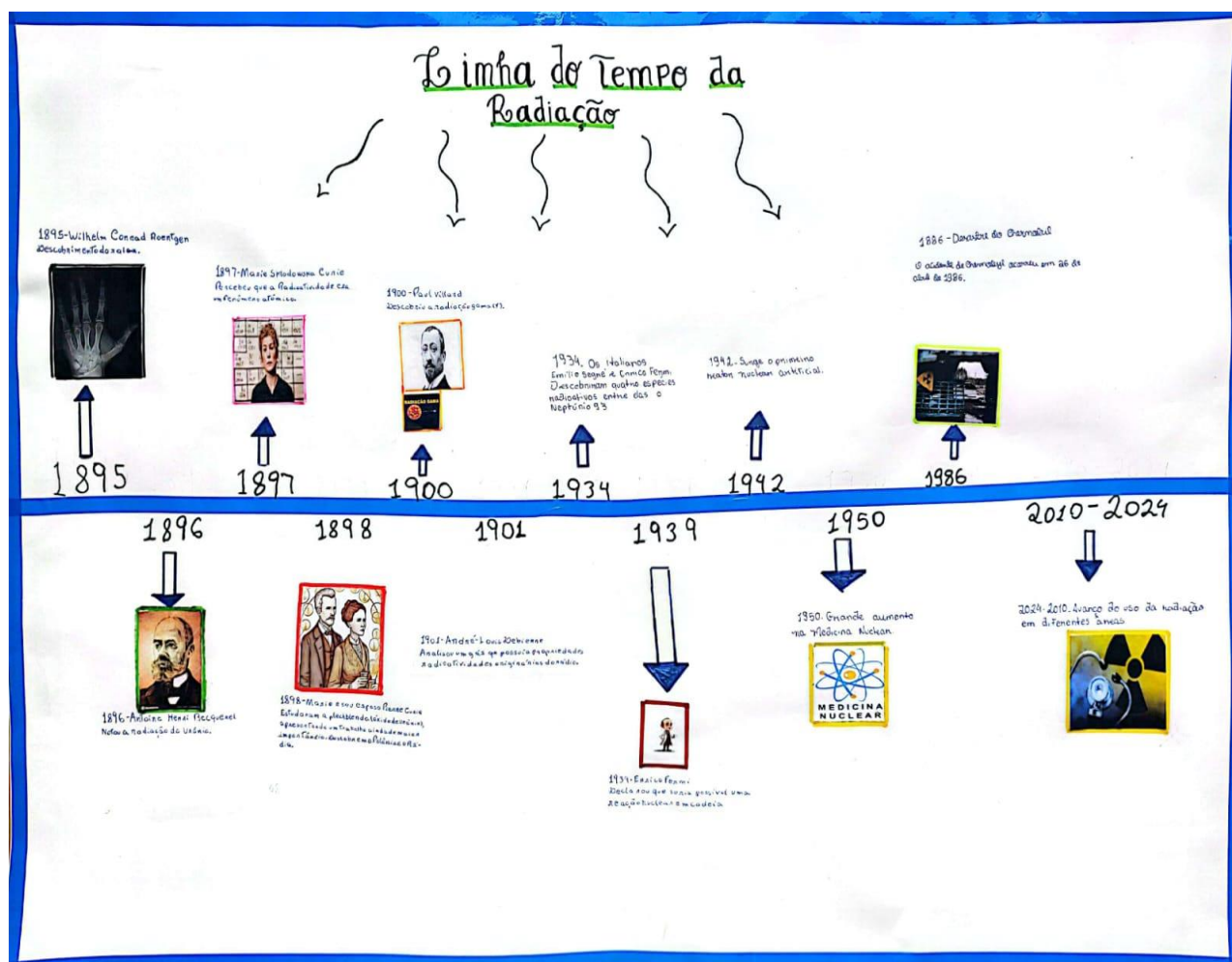
No que tange aos indicadores de AC, nota-se a **estruturação do pensamento lógico** e a **busca por explicações** fundamentadas, além da capacidade de propor hipóteses sobre benefícios e riscos da radiação. A análise revela que o grupo conseguiu avançar de uma visão mítica da radiação para uma compreensão contextualizada, dialogando com Chassot (2003), que defende a AC como forma de leitura do mundo. Percebe-se que a postura crítica adotada pelo grupo foi favorecida pelo debate inicial da palestra, que provocou questionamentos sobre a ambivalência da radiação (vilã ou mocinha).

Já o G5, construiu a linha do tempo mais detalhada em termos de conexões (Figura 16), trazendo descrições de extensão e relacionando os acontecimentos a contextos históricos mais amplos. Além de incluir os principais cientistas a eventos como as guerras mundiais e a evolução da medicina nuclear. Nessa construção, os estudantes evidenciam **seriação, explicação, argumentação**

e **tomada de decisão**, especialmente ao refletir sobre o impacto do desastre de *Chernobyl* e sobre o papel da radiação na saúde pública.

A perspectiva CTS ficou evidente, em consonância com Auler e Delizoicov (2011), ao problematizar os riscos e benefícios da energia nuclear. Dessa forma, observa-se que esse resultado revela não apenas compreensão conceitual, mas também maior engajamento, possivelmente influenciado pelo interesse prévio do grupo em história da ciência e pelos debates interdisciplinares promovidos em sala de aula.

Figura 16: Linha do tempo construída pelos estudantes do G5 com as seguintes descrições nas imagens: **1895 - Wilhelm Conrad Roentgen:** descobrimento do raio x. **1896 - Antoine Henri Becquerel** notou a Radiação do Urânio. **1897 - Marie Skłodowska Curie** percebeu que a Radioatividade era um fenômeno atômico. **1898 - Marie e seu esposo Pierre Curie** estudaram o óxido de urânio, apresentando um trabalho ainda de maior importância. Descobrem o Polônio e o Rádio. **1900 - Paul Villard** Descobriu a radiação gama (γ). **1901 - André-Louis Debierne** analisou um gás que possuía propriedades radioativas originárias do rádio. **1934 - Os italianos Emílio Segré e Enrico Fermi** descobriram quatro espécies radioativas entre elas o Neptúncio 93. **1939 - Enrico Fermi** declarou que seria possível uma reação nuclear em cadeia. **1942- Surge o primeiro reator nuclear artificial.** **1950 - grande aumento na Medicina Nuclear.** **1986 - Desastre de Chernobyl** O acidente de *Chernobyl* ocorreu em 26 de abril de 1986. **2010 - 2024 - Avanço do uso da radiação em diferentes áreas.**



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise mostra que os estudantes foram capazes de perceber a ciência como processo histórico e coletivo, em consonância com Bardin (2016), que ressalta a importância de identificar as representações que os sujeitos constroem sobre fenômenos sociais. Nesse caso, os registros gráficos revelaram um reposicionamento da radiação, antes vista no QI majoritariamente como ameaça, passando a ser entendida também como recurso tecnológico relevante.

O G3 privilegiou a linearidade factual, com ênfase no registro histórico detalhado; o G4 optou por uma síntese mais clara e equilibrada e o G5 trouxe conexões interdisciplinares e análises mais críticas. Essa diversidade mostra que cada grupo mobilizou estratégias próprias de sistematização, todas válidas, mas em diferentes níveis de complexidade analítica.

Do ponto de vista pedagógico, a atividade da linha do tempo se articula com Zabala e Arnau (2010) e Japiassu (2006), ao configurar uma tarefa integradora que mobiliza conhecimentos interdisciplinares (Física, História, Geografia), competências cognitivas (organização da informação, argumentação) e sociais (trabalho em grupo, negociação de sentidos).

Logo, a presença da palestra e do debate coletivo reforça ainda a perspectiva freireana de mediação dialógica (Freire, 1996), na qual o conhecimento científico é posto em diálogo com as concepções e dúvidas dos estudantes. Essa articulação reforça que a AC, deve ir além da simples transmissão de conteúdos, engajando os estudantes na reflexão crítica sobre ciência e sociedade (Chassot, 2016; Cachapuz, 2005).

Portanto, a linha do tempo demonstra ser uma ferramenta didática potente, que promove a compreensão histórica e crítica da radiação, possibilitando a emergência de diferentes níveis de apropriação conceitual entre os grupos. A diversidade de estratégias adotadas confirma que o processo de aprendizagem é dinâmico e reflexivo, exigindo constantes mediações pedagógicas para que o conhecimento científico seja apropriado de forma crítica e transformadora.

4.4.2 Varal fotográfico

O varal fotográfico trouxe representações visuais acerca dos usos da radiação, permitindo que os estudantes mobilizassem tanto concepções científicas quanto percepções do senso comum. Essa atividade mostrou-se importante para a identificação de preconceitos e estigmas que posteriormente foram ressignificados nas etapas seguintes.

Apresentou-se como uma etapa de síntese e visualização concreta sobre os efeitos da irradiação de alimentos, possibilitando aos estudantes diferenciar produtos irradiados e não irradiados. Nesse sentido, confirma-se a perspectiva de Zabala e Arnau (2010), de que recursos didáticos diversificados ampliam a aprendizagem significativa, integrando diferentes áreas do

conhecimento.

A seguir, apresentamos a análise dos três grupos (3, 4 e 5), sendo um que organizou o mapa diferente das instruções dadas pela pesquisadora. Essa flexibilidade pode ser mantida de forma intencional, permitindo que os estudantes exerçam autonomia investigativa e criativa no processo de construção do recurso. Essa liberdade e escolha evidencia como as ações intermediárias geram momentos reflexivos fundamentais para o avanço conceitual ao longo da pesquisa, em consonância com o que destaca Thiollent (2011) sobre o papel da Pesquisa-Ação na promoção de participação ativa e reflexão coletiva.

O G3 estruturou seu varal fotográfico dividindo os alimentos em duas categorias: de um lado os irradiados, de outro os não irradiados (Figura 17). Embora a proposta inicial fosse comparar os mesmos frutos irradiados e não irradiados, os estudantes optaram por essa organização distinta, justificando que assim compreenderam melhor a atividade. Essa escolha revelou uma interpretação alternativa da proposta e demonstrou certa dificuldade em estabelecer comparações diretas.

Figura 17: Varal fotográfico construído pelos estudantes do G3, intitulado: Alimentos Irradiados x Alimentos não irradiados.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

No caso dos alimentos irradiados, os estudantes selecionaram uma ampla variedade de frutos, especiarias e carnes. No registro elaborado pelo grupo, lê-se:

Banana - Apesar de algumas vezes passarem pelo processo de irradiação a banana não é comumente irradiada pois o processo pode afetar sua textura e sabor. **Morango** - são expostos a radiação ionizante e não torna os alimentos radioativos, mas altera o DNA dos microrganismos, inibindo sua capacidade de se reproduzir. **Cupuaçu** - também pode ser irradiado, principalmente quando se deseja prolongar sua vida útil e manter sua qualidade durante o transporte. A irradiação ajuda a prevenir a deterioração por microrganismos. **Castanha-do-Pará** - conhecida como uma oleaginosa, a castanha-do-pará é usada como ingrediente em diversas receitas e pode ser irradiada para eliminar microrganismos e pragas, garantindo a qualidade e segurança alimentar, especialmente para exportação. **Açaí** - um dos frutos da Amazônia, pode ser irradiado para eliminar microrganismos patogênicos, como bactérias e fungos, e para garantir a segurança alimentar, especialmente quando exportado para outros países. **Tucumã** - o tucumã pode ser irradiado em processos específicos para desinfestação e conservação, especialmente quando o objetivo é exportar ou armazenar por longos períodos. **Coco** - A água de coco pode ser irradiada para esterilização, mas o coco em si não é comumente irradiado. **Buriti** - uma fruta rica em óleo e bastante utilizada na produção de cosméticos e alimentos, pode ser irradiada para eliminar microrganismos e garantir uma maior durabilidade do produto, especialmente no mercado internacional. **Cumaru** - é uma especiaria usada em sobremesas e perfumaria. A irradiação pode ser aplicada para eliminar microrganismos e pragas, especialmente quando o cumaru é exportado ou armazenado por longos períodos. **Mamão** - O mamão também é irradiado, principalmente para desinfestação e para aumentar a vida útil, especialmente quando exportado. **Canela** - usada em pó ou em pau, também pode ser irradiada para reduzir a carga microbiana e evitar a contaminação por pragas. **Cravo-da-Índia** - são frequentemente irradiados para esterilizar o produto, eliminando possíveis contaminações por microrganismos e pragas, o que é essencial para exportação e longa vida útil. **Pimenta-do-reino** - Uma das especiarias mais amplamente irradiadas. A pimenta-do-reino é frequentemente tratada para eliminar bactérias, fungos e insetos, garantindo que esteja segura para consumo e preservando sua qualidade durante o armazenamento e transporte. **Cominho** - assim como outras especiarias, pode ser irradiado para eliminar microrganismos e insetos, assegurando que o produto seja seguro para consumo. **Urucum (Açafrão-da-terra)** - O urucum, utilizado como corante natural e tempero, pode ser irradiado para eliminar possíveis contaminações por fungos e bactérias, garantindo que o produto permaneça seguro para consumo e com suas propriedades preservadas durante o armazenamento. **Alho** - O alho pode ser irradiado para evitar a germinação e reduzir a contaminação microbiana, o que é importante para manter o alho em boas condições durante o armazenamento e para exportação. **Cenoura** - A cenoura pode ser irradiada para prolongar sua vida útil e reduzir a carga microbiana, garantindo que ela permaneça segura para consumo e mantendo sua textura crocante e frescor por mais tempo.

Batata - A irradiação é comum em batatas para prevenir a germinação durante o armazenamento, especialmente em regiões onde o armazenamento de longo prazo é necessário. Isso ajuda a manter as batatas frescas e prontas para o consumo por mais tempo. **Cebola** - Assim como a batata, a cebola é irradiada para evitar a germinação e prolongar sua vida útil. A irradiação também ajuda a reduzir a presença de microrganismos, mantendo a qualidade da cebola durante o armazenamento. **Tomate** - Embora menos comum, o tomate pode ser irradiado para prolongar sua vida útil e reduzir a carga microbiana, mantendo sua qualidade durante o armazenamento e transporte. **Carne bovina** - A irradiação da carne bovina é usada para reduzir a presença de patógenos como *Escherichia coli* (E. coli) e *Salmonella*, que podem causar intoxicações alimentares. Esse processo também ajuda a prolongar a vida útil da carne, mantendo sua segurança e qualidade. **Carne suína** - A irradiação da carne suína é eficaz para eliminar parasitas como a *Trichinella*, que causa a triquinose, além de patógenos como *Listeria* e *Salmonella*. Isso é especialmente útil para carne suína fresca e embutidos como linguiças. **Carne seca (charque)** - A irradiação é útil para a carne seca, pois ajuda a eliminar patógenos que podem sobreviver ao processo de secagem. Isso é especialmente importante para garantir a segurança do consumo e prolongar a vida útil do produto. **Carne processada** - Produtos cárneos processados, como salsichas, presuntos, bacon e outros embutidos, também podem ser irradiados para reduzir a carga microbiana, prolongar a vida útil e garantir a segurança alimentar. **Frango** - A carne de frango é frequentemente irradiada para controlar a contaminação por *Salmonella* e *Campylobacter*, que são comuns em produtos avícolas. A irradiação ajuda a garantir que o frango seja seguro para consumo, especialmente quando exportado para mercados com altos padrões de segurança alimentar.

Essa seleção mostra como os estudantes reconhecem a irradiação como uma tecnologia voltada à conservação e segurança alimentar. Contudo, também evidencia lacunas conceituais, pois, em alguns casos, atribuem a irradiação a produtos em que ela não é comumente aplicada. Esse comportamento dialoga com Levy, Sordi e Villavicencio (2020), que ressaltam que a desinformação sobre a radiação gera associações equivocadas. Ainda assim, como destaca Cachapuz (2005), esses obstáculos epistemológicos podem ser superados em processos formativos mediados por reflexão crítica.

Na categoria dos alimentos não irradiados, o grupo destacou itens de consumo cotidiano, como leite, ovos, verduras e produtos orgânicos, conforme registrado:

Leite e Laticínios Frescos - Produtos lácteos frescos, como leite, iogurte e queijos frescos, são mantidos refrigerados para prevenir a deterioração e o crescimento bacteriano. A pasteurização é um método comum usado para eliminar patógenos antes do consumo. Segurança Alimentar: Manter os laticínios em temperaturas seguras e consumir dentro do prazo de validade são práticas essenciais para evitar intoxicações

alimentares. **Leite** - Geralmente pasteurizado, o leite não costuma ser irradiado. A pasteurização é eficaz para matar bactérias patogênicas sem afetar significativamente o sabor e a qualidade do leite. **Iogurtes** - Semelhante ao leite e aos queijos, os iogurtes são geralmente produzidos sem irradiação. O processo de fermentação utilizado para fazer iogurte ajuda a preservar o produto. **Creme de leite e nata** - Estes produtos também são normalmente pasteurizados em vez de irradiados. **Manteiga** - A manteiga é feita a partir do creme de leite e, geralmente, não passa por irradiação. A pasteurização do creme é o método mais comum de garantir a segurança da manteiga. **Queijos** - A maioria dos queijos é produzida sem irradiação. Os queijos passam por processos como fermentação e maturação que inibem o crescimento de microorganismos. A pasteurização do leite utilizado para fazer queijo também ajuda a garantir a segurança. **Ovos Frescos** - Conservação: são geralmente mantidos em refrigeradores para prevenir o crescimento de bactérias como a Salmonella. Em algumas regiões, os ovos não são lavados e podem ser armazenados à temperatura ambiente por curtos períodos. **Segurança Alimentar**: O manuseio correto dos ovos, incluindo a refrigeração e a cocção adequada, é fundamental para evitar doenças transmitidas por alimentos. **Pães e Produtos de Panificação Conservação** - Pães e produtos de panificação são geralmente armazenados à temperatura ambiente, mas por curtos períodos, pois têm tendência a mofo e ressecamento. Alguns produtos podem ser congelados para prolongar a vida útil. **Segurança Alimentar** - A qualidade e a segurança desses produtos dependem de boas práticas de fabricação e armazenamento em condições adequadas para evitar contaminações. **Espinafre** - Depende da refrigeração para manter a frescura e prevenir a deterioração. O controle da umidade é crucial para evitar que murchas e podridões ocorram. **Alface** - Depende da refrigeração para manter a frescura e prevenir a deterioração. O controle da umidade é crucial para evitar que murchas e podridões ocorram. **Produtos de feira orgânica** - As feiras orgânicas trazem produtos que não foram submetidos a irradiação e que seguem práticas agrícolas sustentáveis. **Peixe fresco** - Conservação: são mantidas refrigeradas ou congeladas para prevenir a proliferação de bactérias e prolongar a vida útil. O congelamento é especialmente eficaz para manter a qualidade e a segurança alimentar. **Segurança**: a carne do peixe deve ser manuseada com extremo cuidado para evitar a contaminação cruzada e o crescimento de patógenos como Salmonella e E. coli. A refrigeração constante é essencial para minimizar esses riscos. **Carne bovina fresca** - Conservação: são mantidas refrigeradas ou congeladas para prevenir a proliferação de bactérias e prolongar a vida útil. O congelamento é especialmente eficaz para manter a qualidade e a segurança alimentar. **Segurança**: A carne fresca deve ser manuseada com extremo cuidado para evitar a contaminação cruzada e o crescimento de patógenos como Salmonella e E. coli. A refrigeração constante é essencial para minimizar esses riscos. **Peito de frango cozido orgânico** - Esses produtos geralmente vêm com certificação orgânica que garante que não foram

submetidos a irradiação e que seguem práticas agrícolas sustentáveis. **Arroz integral orgânico** - Esses produtos geralmente vêm com certificação orgânica que garante que não foram irradiados.

Aqui percebe-se a valorização de métodos convencionais de conservação (refrigeração, congelamento, pasteurização), além de uma associação direta entre alimentos orgânicos e ausência de radiação. Essa dicotomia reflete uma visão ainda dualista da ciência, que tende a opor o natural ao tecnológico. Como defende Thiollent (2011), a Pesquisa-Ação é justamente um caminho para problematizar tais concepções, estimulando a reflexão coletiva e a construção de significados mais elaborados.

O G4 construiu um varal fotográfico (Figura 18) mais próximo da proposta inicial, comparando pares de alimentos irradiados e não irradiados com legendas informativas. Destacaram, por exemplo, o cupuaçu e o açaí, relacionando os efeitos da técnica na conservação, no sabor e na segurança alimentar. Essa organização demonstrou clareza e alinhamento com conceitos físico-químicos, como absorção de energia e ação da radiação sobre estrutura moleculares.

Figura 18: Varal fotográfico construído pelos estudantes do G4, intitulado: Irradiação de Alimentos como técnica de conservação.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A construção do G4 representa um avanço em relação ao G3, pois demonstra capacidade de síntese, organização lógica e articulação entre conceitos científicos e aplicações sociais, em

consonância com a perspectiva do ensino problematizador (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011).

O G5 apresentou um varal fotográfico (Figura 19) com comparações ainda mais detalhadas, articulando explicitamente conceitos de Física, Química e Biologia. Ressaltaram os benefícios da irradiação em termos de prolongamento de vida útil e enfatizam sobre o controle de pragas e impactos positivos na economia regional, evidenciando compreensão aprofundada da perspectiva CTS como defendem Auler e Delizoicov (2011). Esses textos anexados às imagens mostram capacidade argumentativa, indo além da simples classificação e trazendo explicações fundamentadas, sinalizando avanço na construção da AC (Chassot, 2016).

Figura 19: Varal fotográfico construído pelos estudantes do G5 intitulado: Quais os benefícios da irradiação em alimentos. Legenda das imagens: **Açaí** - “Irradiação contribui para conservar a cor e sabor do açaí”; **Cupuaçu** - “com irradiação menos perdas e mais segurança alimentar”; **Buriti** - “Irradiado x Não irradiado nutrição preservada, mais tempo de prateleira”; **Tucumã** - “Irradiado x Não irradiado mais segurança e menos perdas no transporte”; **Morango** - “Irradiado mantém frescor e reduz contaminações”; **Manga** - “Irradiadas x não irradiada mais durabilidade e qualidade preservada”; **Banana** - “Irradiação ajuda a manter a banana fresca por mais tempo”; **Abacaxi** - “Irradiado: frescor prolongado e sabor preservado”; **Cebola** - “Irradiada menor brotação, maior tempo de consumo”; **Tomate** - “Com irradiação mais tempo para consumo sem perder qualidade”; **Mamão** - “Irradiação ajuda a controlar pragas e aumenta a vida útil” e **Batata** - “Irradiação evita brotação e aumenta o tempo de armazenamento”.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O varal fotográfico do G5 revela o mais alto nível de apropriação crítica entre os três grupos, ao articular ciência, tecnologia e sociedade em diálogo com o contexto amazônico,

confirmando a relevância de práticas investigativas no ensino de ciências.

Diante da análise dessas construções é possível perceber que o varal fotográfico serviu como diagnóstico (devido a presença de entendimentos diferentes sobre sua construção), reflexão e avanço conceitual. Enquanto G3 apresentou dificuldades iniciais de compreensão, sua produção indicou a necessidade de mediações pedagógicas fundamentais para consolidação posterior dos conceitos. Já G4 e G5 organizaram de acordo com a proposta, estruturando comparações claras, utilizando saberes interdisciplinares e relacionando a temática com questões sociais, econômicas e ambientais, conforme a perspectiva interdisciplinar de Japiassu (2006).

Logo, essa disposição visual, lúdica e visivelmente atrativa constituiu-se em um recurso didático potente, pois tornou tangível o contraste entre os efeitos da tecnologia de irradiação e sua ausência. Por meio dessa organização, os grupos foram instigados a refletir como a irradiação atua na conservação, no aumento da durabilidade e nos impactos socioambientais dessa tecnologia — com destaque para produtos da região amazônica, em que os estudantes citaram buriti, cupuaçu, tucumã e açaí em suas elaborações.

Dessa forma, eles fizeram a associação entre conceitos científicos fundamentais, o que exigiu, por exemplo, a compreensão de dosimetria, absorção de energia e efeitos da radiação em estruturas moleculares. Essa conexão de saberes vincula a aprendizagem aos campos da Física, da Química e da Biologia.

Nesse mesmo contexto, com essa atividade, ficou mais palpável para os estudantes como a radiação ionizante interage com a matéria e quais são os efeitos físico-químicos associados à conservação e ao prolongamento da vida útil dos alimentos. Ademais, por meio da observação de que os alimentos irradiados apresentavam maior tempo de conservação e durabilidade em relação àqueles que não foram submetidos à técnica, eles mobilizaram também conhecimentos acerca dos impactos sociais da técnica, tais como saúde e economia.

Do ponto de vista da análise de conteúdo, identificam-se indicadores de AC (Sasseron; Carvalho, 2008). Os varais evidenciam a **Seriação e classificação**, em que os estudantes categorizam alimentos com base em critérios objetivos (tratados ou não pela radiação). **Organização das informações**, pois a forma que o varal foi montado demonstra a capacidade de estruturar visualmente o conhecimento adquirido, **justificativas e explicações**, pois os textos anexados a cada alimento indicam argumentos sobre benefícios (conservação, segurança alimentar) e riscos potenciais (desinformação pública, receios culturais) e **tomada de decisão** quando os estudantes refletem sobre os benefícios da técnica.

Em termos de CTS, a atividade permitiu relacionar ciência e sociedade ao evidenciar como a irradiação pode impactar diretamente a vida cotidiana, especialmente em contextos amazônicos na conservação de frutas regionais, ampliação da exportação, geração de renda e segurança alimentar.

4.4.3 Mapa mental

Para Buzan (2009), os mapas mentais são ferramentas que favorecem a organização criativa do pensamento, uma vez que permitem estruturar ideias de forma não linear, explorando conexões entre conceitos centrais e secundários. Essa perspectiva dialoga com Zabala e Arnau (2010), que compreendem a proposta como espaço de integração de saberes e competências, e com Thiollent (2011), ao considerar que a Pesquisa-Ação deve promover práticas reflexivas e colaborativas.

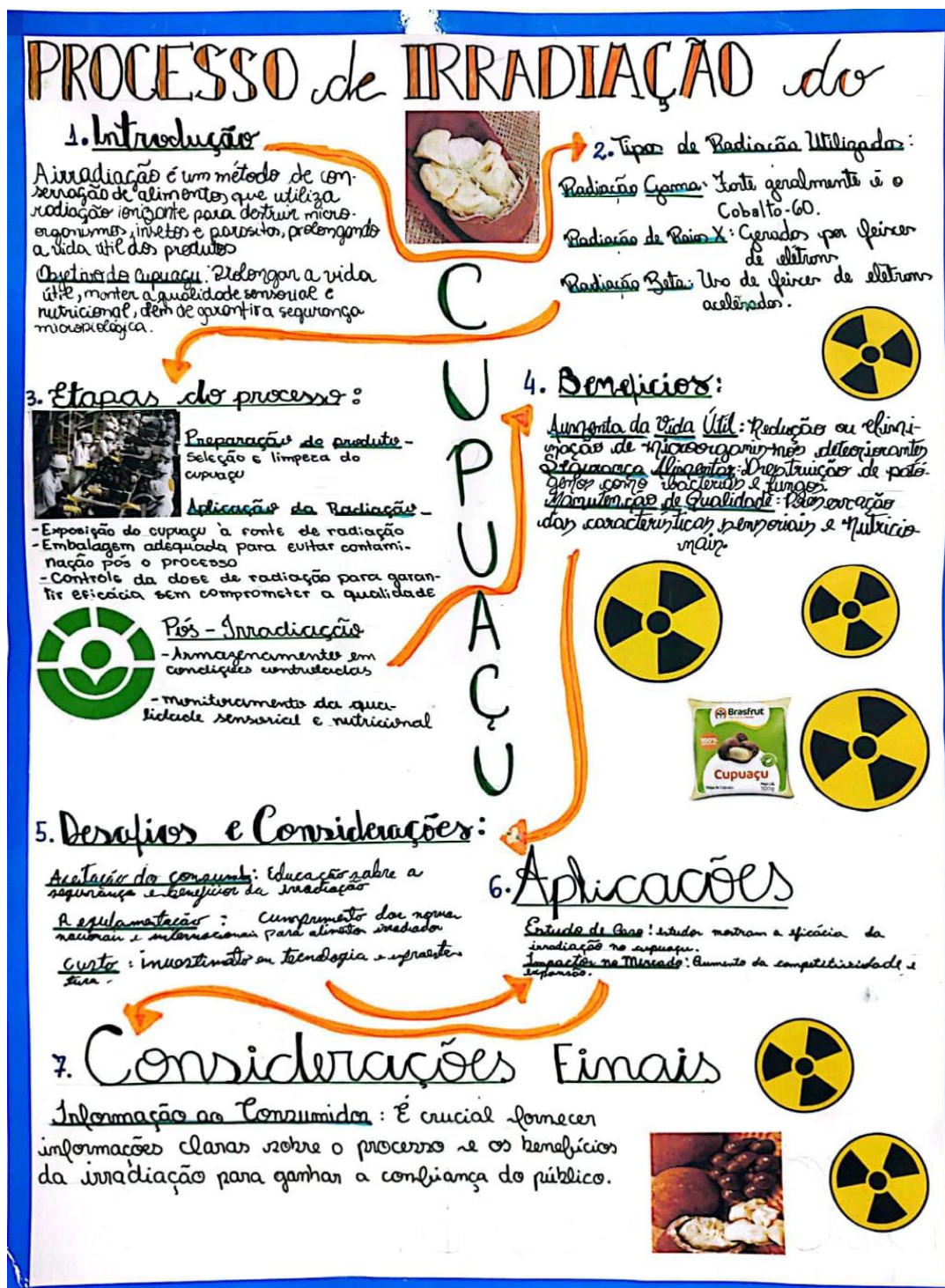
A elaboração dos mapas mentais constituiu uma etapa de sistematização e reconstrução dos conteúdos relacionados à irradiação de alimentos, especialmente dos frutos amazônicos. Essa atividade permitiu que os estudantes representassem visualmente as relações entre conceitos científicos, aplicações tecnológicas e implicações sociais, ambientais e econômicas, configurando um momento de síntese coletiva.

Nos mapas produzidos pelos grupos, observa-se que os estudantes escolheram como núcleo central o fruto amazônico (cupuaçu, açaí e tucumã), a partir do qual desenvolveram ramificações como: processo de irradiação, tipos de radiação utilizados, benefícios, desafios, aplicações e considerações finais. Essa estrutura evidencia um movimento de **organização e classificação de informações**, indicador fundamental da AC, segundo Sasseron e Carvalho (2008).

Embora ambos os grupos tenham utilizado a estrutura de mapa mental para sistematizar os conteúdos, nota-se diferenças significativas na forma de organização das informações, o que revela distintos níveis de apropriação conceitual e de elaboração crítica.

O mapa do G3 (cupuaçu), mostrado na Figura 20, foi elaborado de forma sequencial e descritivo, organizado em tópicos numerados.

Figura 20: Mapas mental elaborado pelo G3: Processo de Irradiação do Cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*)

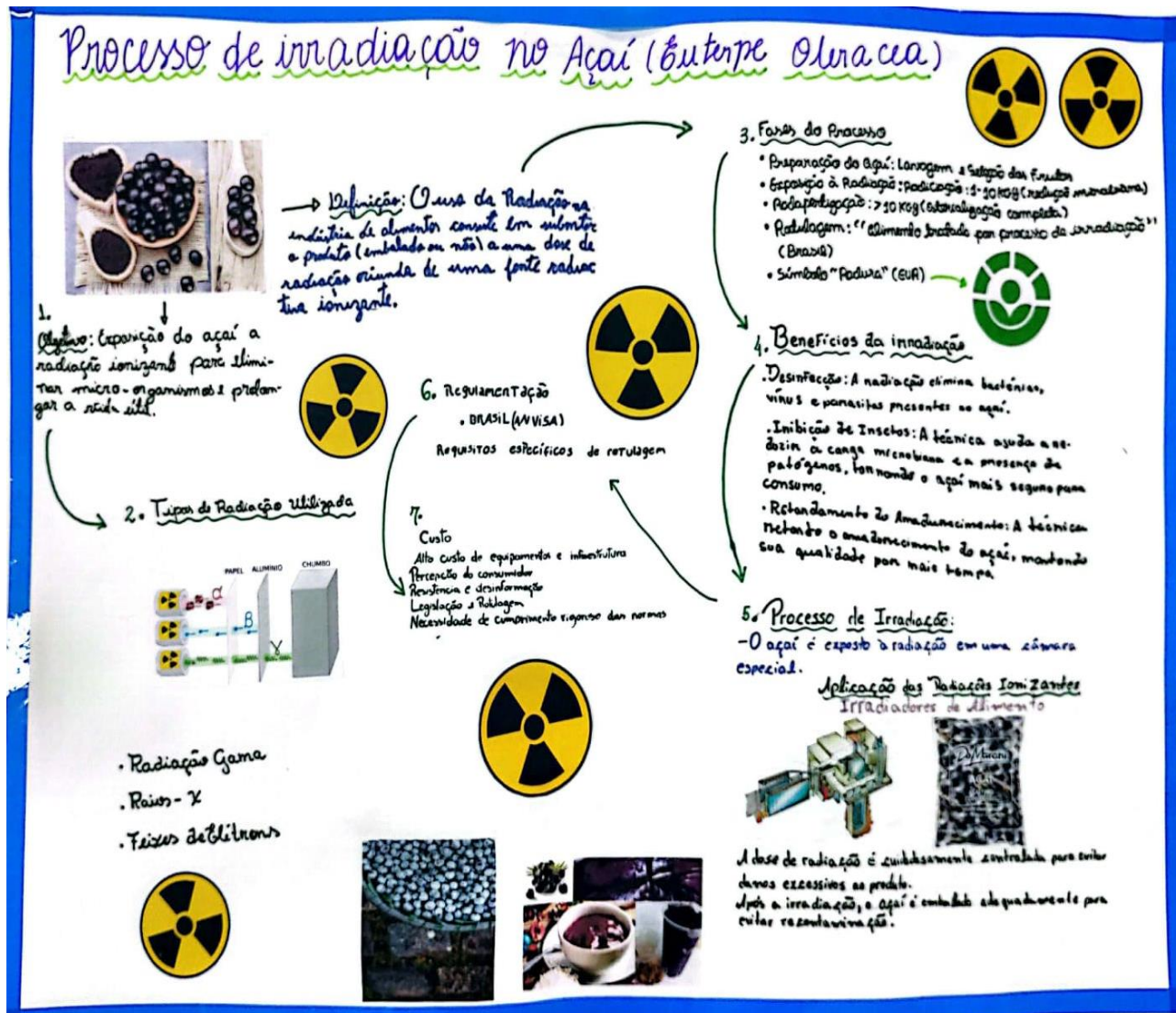


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Percebe-se que o foco do G3, nessa construção, recai sobre a explicação técnica do processo, com ênfase na Física (radiação gama, raios X, feixe de elétrons), nos procedimentos e nos benefícios diretos da irradiação (aumento da vida útil, preservação da qualidade). Há também espaço para a problemática social, pois o grupo destaca a importância da educação do consumidor e da divulgação científica para superar a desinformação. Esse mapa reflete a **organização lógica** e a **seriação de informações**, indicadores de AC, conforme Sasseron e Carvalho (2008).

Por sua vez, no mapa do G4 (Figura 21), os estudantes elaboraram uma estrutura mais visual e ramificada, aproximando-se mais da proposta de Buzan (2009), com setas e conexões celulares. O fruto açaí se desdobra em ramificações que relacionam processos técnicos, benefícios, regulamentação e custos, conectando dimensões científicas, econômicas e sociais.

Figura 21: Mapa mental elaborado pelo G4: Processo de irradiação no Açaí (*Euterpe oleracea*)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

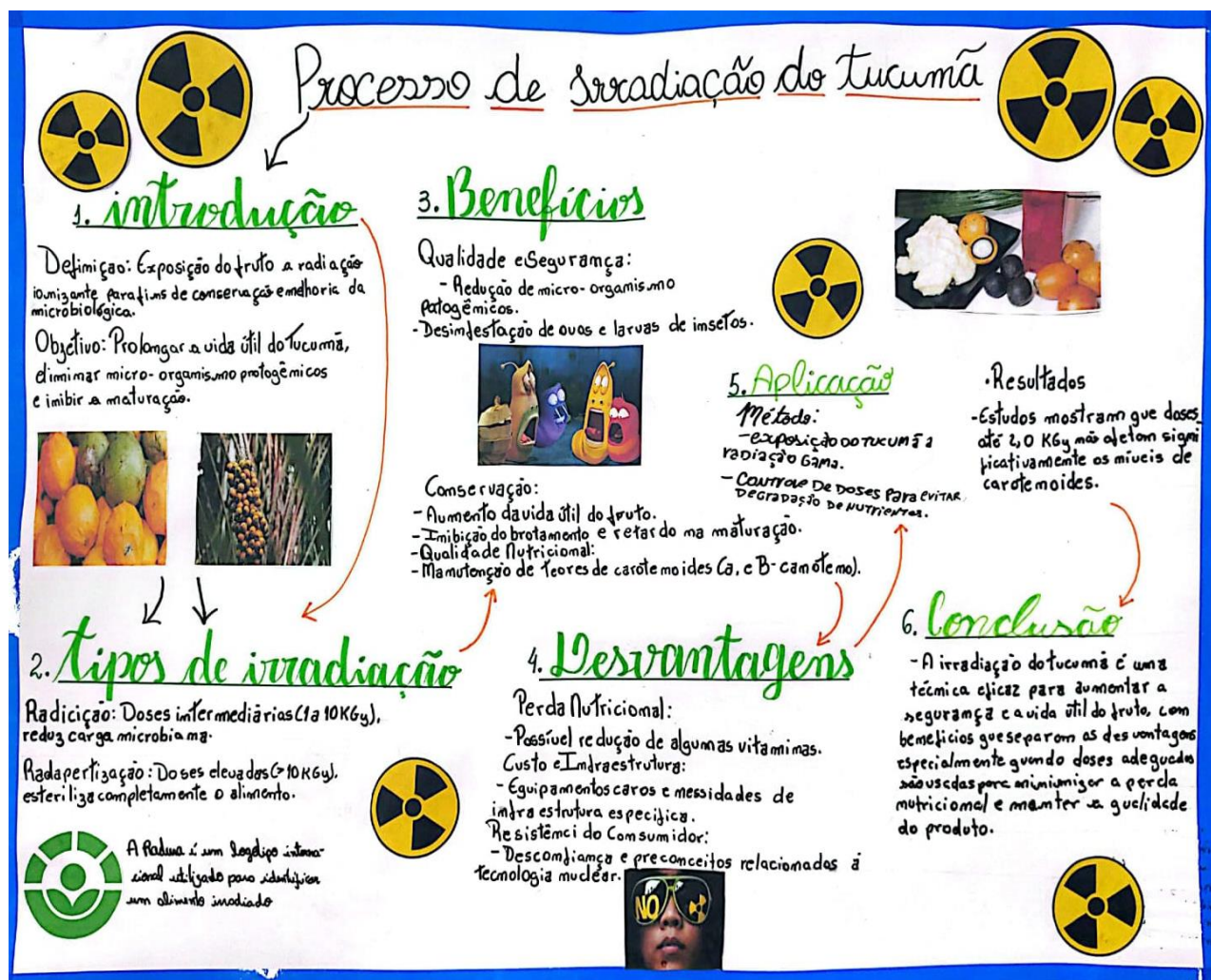
Os estudantes também destacam na sua construção de forma explícita a regulamentação brasileira (ANVISA) e a questão dos custos, indicando maior articulação com aspectos de política pública e infraestrutura. Esse mapa também evidencia fortemente a perspectiva CTS, articulando ciência com economia, legislação e desenvolvimento regional.

Após essa análise dos três mapas, é possível perceber que o G3 privilegiou uma abordagem mais conceitual e procedimental, concentrada na explicação do processo físico-químico, enquanto que o G4 adotou uma perspectiva mais integradora e crítica, conectando ciência, tecnologia e

sociedade. Diante disso, ambos revelam apropriação do conhecimento científico e avançam em indicadores de AC: **Seriação** e **classificação** ao separarem etapas, tipos de radiação, benefícios e desafios; **raciocínio lógico** ao relacionar causas e efeitos da técnica e **Busca por entendimento**, ao levantarem hipóteses sobre impactos sociais e econômicos.

Ao observar o G5 (Figura 22), percebe-se que a organização se aproxima de uma síntese crítica, integrando dimensões científicas e culturais da irradiação do tucumã. Além do processo físico e da simbolização (radura), os estudantes destacaram benefícios regionais, apontaram desafios relacionados ao custo e à aceitação da população, e problematizaram o impacto econômico da tecnologia na Amazônia.

Figura 22: Mapa mental elaborado pelo G5: Processo de irradiação do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Ainda no que se refere ao G5, essa produção evidencia indicadores de AC ao articular a **problematização** (questionamento dos usos), a **seriação** (organização em categorias) e a **busca por entendimento** (elaboração de hipóteses acerca dos impactos locais). E, diante da construção desses

mapas mentais, é possível perceber que os estudantes foram capazes de romper com a visão fragmentada da ciência, muitas vezes presente nos livros didáticos (Okuno, 2018; Pinto; Marques, 2010), e construir uma representação mais ampla, interdisciplinar e contextualizada. Esse movimento está em consonância com Lima (2017), que destaca a presença da radiação em múltiplas dimensões do cotidiano, e com Delizoicov e Auler (2011), ao apontarem a necessidade de conectar conceitos científicos às dimensões sociais e éticas.

A escolha dos frutos amazônicos como núcleo central também reforça a perspectiva de Japiassu (2006) sobre a importância da interdisciplinaridade como forma de aproximar ciência e realidade local. Além disso, os mapas mentais revelam avanços significativos: G3, que sistematizou de forma mais técnica o processo físico, ao G4, que explorou conexões CTS, até o G5, que articulou ciência e desenvolvimento regional. Essa diversidade de enfoques representam diferentes níveis de apropriação conceitual, mas todos sinalizam um caminho de fortalecimento da AC.

4.4.4 Exposição dos trabalhos

A exposição dos trabalhos, na qual a Figura 23 mostra o registro de alguns momentos, constituiu o momento de culminância do percurso metodológico, em que cada grupo apresentou suas produções desenvolvidas ao longo do processo formativo. Essa etapa exigiu dos estudantes organização, clareza e preparo, evidenciando não apenas os conteúdos científicos, mas também a capacidade de comunicação e argumentação, vinculada ao componente curricular de Língua Portuguesa.

Figura 23: Alguns registros de momentos da exposição e apresentação dos trabalhos construídos ao longo do processo formativo.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

De acordo com Zabala e Arnau (2010), a socialização e a avaliação formativa são elementos essenciais, pois permitem que os estudantes confrontem suas compreensões com as de seus colegas,

ampliando a aprendizagem por meio da interação e da interpretação entre pares. Esse processo esteve presente nas apresentações e nos relatos escritos elaborados pelos grupos, que possibilitaram não apenas a devolutiva, mas também a revisão crítica de seus próprios textos, mobilizando competências de metacognição.

Conforme Bardin (2016), esse momento representa uma fase de validação interpretativa em que os discursos dos estudantes são confrontados, reorganizados e ressignificados coletivamente, fortalecendo a coerência entre as categorias construídas e os sentidos atribuídos.

Já no plano científico e educacional, a exposição possibilitou que os estudantes articulassem o panorama histórico e regulamentar da irradiação de alimentos com suas produções. Nesse sentido, Josephson (1983) e Agbaka e Ibrahim (2020) evidenciam que a irradiação de alimentos foi consolidada internacionalmente a partir de programas regulatórios rigorosos, enquanto autores como Ratner (2021) e Félix et al. (2025) apontam para as perspectivas atuais de expansão da tecnologia em diferentes contextos sociais e econômicos.

Quando os estudantes relacionaram a conservação de frutos amazônicos à necessidade de inovação tecnológica no Polo Industrial de Manaus/AM, aproximaram-se das discussões de Levy, Sordi e Villavicencio (2020) e de Costa e Souza (2023), que ressaltam a carência de irradiadores no Brasil e a lacuna tecnológica na região Norte, apesar de seu potencial industrial.

Do mesmo modo, houve também a discussão sobre normatizações brasileiras. Como mostram Ornellas et al. (2006), a legislação sanitária nacional, regulamentada por órgãos como ANVISA, CNEN e MAPA, garante a segurança da técnica e exige rotulagem específica, seja pela presença do símbolo Radura ou pela expressão “alimento tratado por irradiação” (Sharma; Sharma; Mittal, 2020). Alguns grupos de estudantes abordaram essa questão durante a exposição, evidenciando a compreensão de que a irradiação de alimentos não é uma prática descontrolada, mas regulada por instâncias nacionais e internacionais.

A atividade reforçou os indicadores de AC (Sasseron; Carvalho, 2008). Seriação e organização das informações, pela estrutura lógica das apresentações; Raciocínio lógico e justificativas, ao defenderem suas escolhas conceituais e exemplos regionais e a Explicação e previsão quando os estudantes relacionam o uso da irradiação com potenciais impactos futuros na Amazônia, como a exportação de frutos regionais (Lima et al., 2009; Carvalho et al., 2020).

A Física também se fez presente, pois os grupos precisaram explicar conceitos como tipos de radiação (gama, raios X, feixe de elétrons), dosimetria e efeitos físico-químicos nos alimentos, reforçando o caráter interdisciplinar da proposta e dialogando com Mortimer e Scott (2002), que

destacam o papel do discurso escolar na negociação de significados científicos.

Assim, a exposição dos trabalhos configurou-se como momento integrador em que ciência, linguagem, regulamentação e reflexão crítica se articularam, ampliando os horizontes de compreensão sobre a irradiação de alimentos em contexto amazônico e fortalecendo a formação científica e cidadã dos estudantes. Embora não tenham sido objeto de categorização específica, elas reforçaram a trajetória de aprendizagem e contribuíram diretamente para a mudança conceitual identificada no QF. Essa perspectiva se alinha a Freire (1996), ao compreender a problematização e o diálogo como práticas fundamentais para a construção coletiva do conhecimento e também para a transformação das concepções do sujeito.

4.5 Questionário Final (QF): Consolidação das concepções

O Questionário Final (Apêndice F), aplicado ao término do percurso formativo, constituiu-se no eixo central da análise. Foi a partir dele que se identificaram as categorias emergentes mais consistentes de compreensão sobre radiação e irradiação de alimentos evidenciando as mudanças conceituais promovidas ao longo dos encontros.

Conforme Bardin (2016), a categorização permite organizar e interpretar o conteúdo em unidades temáticas, de modo a apreender os significados atribuídos pelos sujeitos. Nesse sentido, a análise revelou cinco categorias principais, apresentadas no Quadro 15.

Quadro 15: Categorias emergentes a partir do QF

Categoria	Descrição	Unidade de Registros (UR)	Quantidade de UR
Compreensão da radiação no cotidiano	Reconhecimento da radiação em múltiplos contextos: sol, saúde, energia, comunicação, conservação de alimentos.	<i>“A radiação está presente em tudo como no sol, nos exames médicos e até na conservação de alimentos” (E1).</i> <i>“Ela está presente na medicina, comunicação, energia e conservação dos alimentos” (E2).</i> <i>“A radiação faz parte da vida pois está presente na comunicação, na saúde e nos alimentos” (E8).</i>	34
Irradiação de alimentos e relevância para a Amazônia	Entendida como técnica de preservação e segurança; destacada pela conservação de frutos regionais, exportação e combate ao desperdício.	<i>“A irradiação é um processo para preservar e melhorar a segurança dos alimentos e se torna importante para a Amazônia quando pensamos em preservação e desperdício” (E1).</i> <i>“Ajuda a evitar desperdício de frutas e a conservá-las por mais tempo” (E7).</i> <i>“Serve para conservar alimentos como açaí e cupuaçu” (E8).</i>	36
Impactos da irradiação de alimentos na saúde	Percepção de alimentos mais seguros, prevenção de doenças e uso em exames médicos.	<i>“A radiação melhora a qualidade do alimento, logo isso ajuda na saúde humana” (E6).</i> <i>“A irradiação é importante para a saúde porque diminui riscos de doenças” (E9).</i> <i>“A irradiação é importante para evitar intoxicação alimentar” (E17).</i>	28

Impactos da irradiação de alimentos na economia	Relação com exportação, geração de empregos e instalação de indústrias locais.	<i>“Se tivesse uma empresa desse ramo no distrito teria mais emprego” (E3).</i> <i>“A técnica pode gerar empregos para a população”(E4).</i> <i>“Ajuda na exportação de frutas e fortalece a economia regional”(E20).</i>	22
Impactos da irradiação de alimentos na sociedade	Menções ao preconceito, à necessidade de informação e à aceitação social da tecnologia.	<i>“Ainda existe muito preconceito e isso faz com que seus benefícios sejam despercebidos” (E2).</i> <i>“Muitos ainda não aceitam alimentos irradiados por falta de conhecimento”(E4)</i> <i>“A sociedade pode rejeitar os alimentos por falta de informação”(E7).</i>	18

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Ao analisar o Quadro 16, percebe-se que a maioria dos estudantes consolidou a compreensão de que a radiação está presente em diferentes dimensões do cotidiano. Da mesma forma, foram amplamente reconhecidas a irradiação como técnica segura e sua relevância para a região amazônica. Outras categorias — como saúde, economia e sociedade — evidenciam uma ampliação da visão dos estudantes para além do domínio puramente conceitual, incorporando dimensões sociais e críticas da ciência e da tecnologia.

4.5.1 Primeira Categoria: Compreensão da radiação no cotidiano

A análise do QF revela que 34 dos 40 estudantes reconheceram a presença da radiação em diferentes dimensões do cotidiano como a luz solar, os exames médicos, a comunicação e a conservação de alimentos, sendo essa categoria a mais representativa no *corpus* analisado. Tal resultado evidencia uma ampliação significativa em relação ao QI, no qual predominavam associações negativas ou mistificadas (por exemplo, bombas nucleares e contaminação). Essas transformações conceituais emergem nas falas dos estudantes.

A radiação está presente em tudo como no sol, nos exames médicos e até na conservação de alimentos (E1).

Ela está presente na medicina, comunicação, energia e conservação dos alimentos (E2).

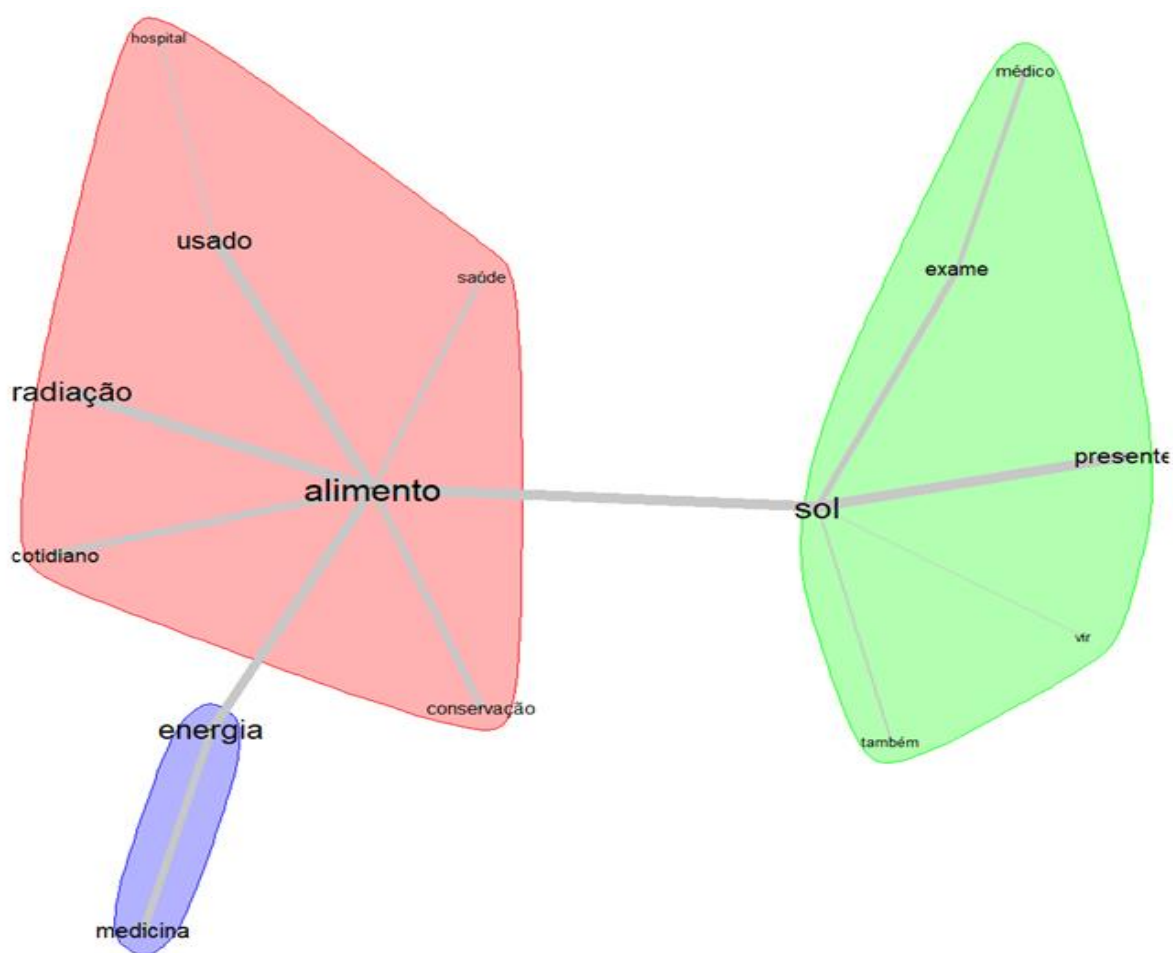
A radiação faz parte da vida, pois está presente na comunicação, na saúde e nos alimentos (E8).

Esses enunciados indicam que os estudantes passaram a conceber a radiação não apenas como um fenômeno perigoso ou distante, mas como parte integrante da vida diária, articulando aplicações em saúde, tecnologia e alimentação; e, nesse contexto, segundo Bardin (2016), o processo de categorização permite identificar deslocamentos conceituais que evidenciam a reorganização cognitiva dos sujeitos — notando-se, assim, a transição de representações negativas e reducionistas

presentes no QI para representações mais amplas e fundamentadas no QF.

A Figura 24 apresenta a análise de similitude realizada pelo IRAMUTEQ, a qual corrobora esse cenário. Observam-se três comunidades, cujos termos mais associados à radiação no QF foram “alimento”, “sol” e “energia” — em contraste com o QI, no qual predominavam “bomba”, “tóxico” e “contaminar”. Essa alteração nos campos semânticos ilustra a ressignificação conceitual vivenciada pelos estudantes e evidencia um avanço no processo de AC, pois estes desenvolveram a capacidade de compreender, comunicar e aplicar conceitos científicos em diferentes contextos sociais (Chassot, 2018; Sasseron; Carvalho, 2008).

Figura 24: Análise de similitude referente à categoria ‘Compreensão da radiação no cotidiano’, evidenciando a centralidade dos termos ‘alimento’, ‘sol’ e ‘energia’ e suas associações no QF.



Fonte: Dados da pesquisa (2025), gerado no *software* IRAMUTEQ.

No que se refere à comunidade vermelha — cujo núcleo é a palavra “alimento” — observam-se conexões com os termos “radição”, “conservação” e “saúde”, indicando que os estudantes já consolidaram a compreensão da irradiação de alimentos como tecnologia segura de preservação. Na comunidade verde, centrada na palavra “sol”, remete-se ao fenômeno físico da radiação

eletromagnética, fundamental para a vida no planeta e já explorado nos encontros anteriores, evidenciando que os estudantes conseguiram relacionar conceitos de Física a situações cotidianas. Além disso, os termos associados como “presente”, “médico” e “exame” sugerem que os estudantes consolidaram conhecimentos científicos relacionados à utilização da radiação. A comunidade azul, com “energia” como núcleo central, apresenta ligações com “medicina”, demonstrando que eles conseguem estabelecer relações entre a radiação e sua relevância tanto na geração de eletricidade quanto em aplicações médicas.

Do ponto de vista de Sasseron e Carvalho (2008) a categoria evidencia diferentes indicadores de AC, a **seriação, organização e classificação das informações**, uma vez que os estudantes conseguiram identificar e agrupar diferentes aplicações da radiação em áreas diversas. Além disso, observa-se também indícios de **raciocínio lógico**, ao relacionar usos práticos (medicina, energia, conservação) a um mesmo conceito científico, estabelecendo conexões entre fenômenos aparentemente distintos e **justificativa e explicação** ao explicitar benefícios práticos da radiação.

No que tange aos aspectos histórico e regulamentar, Josephson (1983) destacava a diversidade de usos da radiação desde o início do século XX, enquanto Ratner (2021) reforça que sua incorporação em diferentes setores contribuiu para que fosse reconhecida como tecnologia estratégica e não apenas um risco. No contexto brasileiro, como ressaltam Levy, Sordi e Villavicencio (2020), ainda há uma lacuna na compreensão pública sobre os usos seguros da radiação, o que reforça a relevância de atividades formativas como esta, que permitem ressignificar concepções enraizadas em mitos e medos.

Logo, esses achados dialogam com a literatura que defende a necessidade de promover a AC como forma de aproximar ciência e cotidiano (Chassot, 2003; Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002). Ao reconhecerem a presença da radiação em seu dia a dia, os estudantes demonstram um avanço não apenas conceitual, mas também formativo, aproximando-se de uma compreensão mais crítica e contextualizada da ciência.

Assim, os achados desta categoria evidenciam não apenas um avanço conceitual, mas também formativo em que os estudantes passaram a reconhecer a presença da radiação como fenômeno de caráter interdisciplinar, aproximando ciência, tecnologia e sociedade. Esse resultado corrobora o que defendem Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) ao enfatizarem a necessidade de conectar conteúdos escolares às situações reais, e também dialoga com a concepção de Mortimer e Scott (2002) sobre mudança de perfil conceitual que ocorre quando os estudantes reestruturam suas concepções de forma mais ampla e fundamentada.

4.5.2 Segunda Categoria: Irradiação de alimentos e relevância para a Amazônia

A segunda categoria, emerge como a mais recorrente nas respostas ao QF, mencionada por 36 dos 40 estudantes. Esse dado evidencia uma mudança expressiva em relação ao QI, no qual predominavam associações da técnica com ideias de contaminação e toxicidade. Após a intervenção didática, os estudantes passaram a atribuir à irradiação de alimentos significados relacionados à preservação, conservação, durabilidade, prevenção do desperdício e potencial de exportação de frutos amazônicos. Uns exemplos ilustrativos são as seguintes falas:

A irradiação é um processo para preservar e melhorar a segurança dos alimentos e se torna importante para a Amazônia quando pensamos em preservação e desperdício (E1).

Ajuda a evitar desperdício de frutas e a conservá-las por mais tempo (E7).

Serve para conservar alimentos como açaí e cupuaçu (E8).

Esses enunciados traduzem a ampliação da compreensão conceitual, articulando a dimensão científica (segurança e preservação dos alimentos) à realidade socioeconômica regional (redução de perdas e incentivo à exportação).

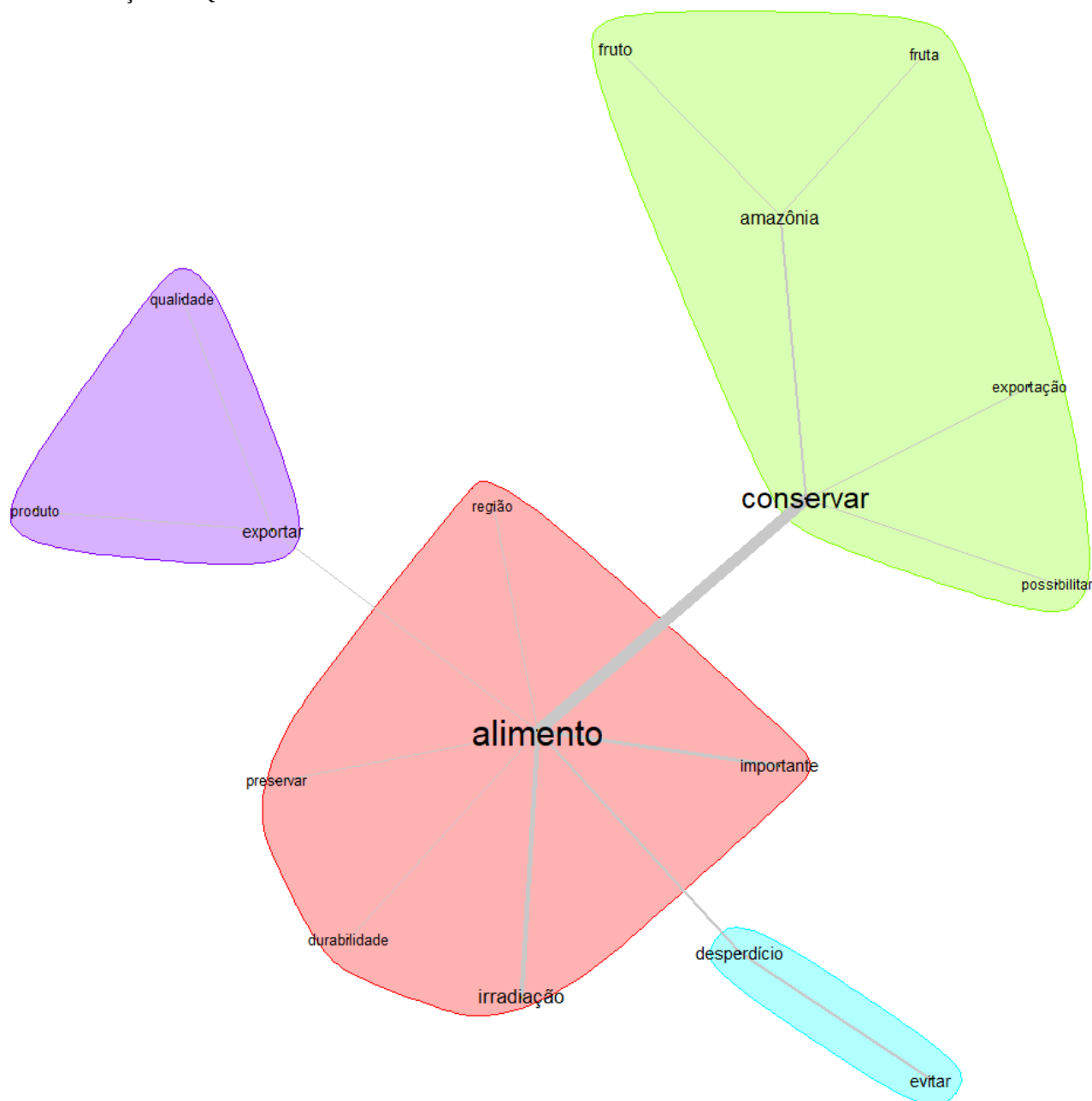
Segundo Bardin (2016), tal mudança pode ser interpretada como a reorganização das representações iniciais, em que novos referenciais foram incorporados, permitindo superar visões estigmatizadas e simplistas. O conceito de irradiação foi, portanto, ressignificado e passou a ser percebido como uma tecnologia com benefícios concretos, sobretudo no contexto amazônico.

A análise de similitude realizada pelo IRAMUTEQ (Figura 25) reforça esse resultado. As palavras mais recorrentes foram “alimento”, “conservar”, “Amazônia”, “exportação”, “preservar” e “desperdício”, compondo uma rede semântica que evidencia a apropriação crítica e contextualizada do tema. Em contraste, no QI, os termos dominantes foram “contaminação” e “tóxico”, reforçando a mudança de perspectiva dos estudantes após a abordagem didática.

A comunidade verde (núcleo em “conservar” e “Amazônia”): associa-se a “*fruto*”, “*fruta*”, “*exportação*” e “*possibilitar*”. Aqui se evidencia a dimensão contextual da aprendizagem, em que os estudantes vinculam a técnica às frutas amazônicas e ao potencial de exportação, reforçando a relevância local da tecnologia. Na comunidade lilás (núcleo em “qualidade” e “produto”): destaca-se pela menção à qualidade dos alimentos e produtos, mostrando que os estudantes compreendem a irradiação de alimentos também como estratégia para manter atributos nutricionais e comerciais.

A comunidade azul (núcleo em “desperdício” e “evitar”) aponta para a dimensão socioambiental, ressaltando o papel da técnica na redução de perdas alimentares, aspecto que se conecta diretamente aos debates de sustentabilidade. Essa distribuição semântica mostra que os estudantes foram capazes de articular ciência, tecnologia e sociedade, ampliando sua compreensão sobre o tema para além do aspecto estritamente físico-químico.

Figura 25: Análise de similitude referente à categoria ‘Irradiação de alimentos e relevância para a Amazônia’, evidenciando a centralidade dos termos “alimento”, “conservar”, “Amazônia”, “exportação”, “preservar” e “desperdício” e suas associações no QF.



Fonte: Dados da pesquisa (2025), gerado no *software* IRAMUTEQ.

Essa evolução conceitual está em consonância com os pressupostos de Mortimer e Scott (2002) e Cachapuz et al. (2011), que destacam a importância da contextualização no ensino de

Ciências, especialmente quando vinculada a elementos culturais e econômicos locais. No caso desta pesquisa, a associação entre a irradiação e a conservação de frutos amazônicos funcionou como um mediador cultural, permitindo que os estudantes reconhecessem o potencial da tecnologia para o desenvolvimento regional.

Sob a perspectiva da Física, essa apropriação também se alicerça em conceitos fundamentais discutidos no referencial teórico (Seção 2.1.2), como interação da radiação com a matéria, energia dos fótons, dosimetria e meia-vida radioativa. A compreensão desses conceitos foi essencial para que os estudantes percebessem a irradiação de alimentos não como algo abstrato, mas como uma aplicação tecnológica respaldada pelo conhecimento científico, com impacto direto na sociedade e no cotidiano alimentar.

Logo, a categoria “Irradiação de alimentos e relevância para a Amazônia” evidencia não apenas uma mudança conceitual, mas também a emergência de uma compreensão ampliada, que articula ciência, tecnologia, cidadania e sustentabilidade. Esse resultado demonstra o potencial da temática para promover a AC e favorecer a formação de sujeitos capazes de analisar o papel da ciência tanto em sua dimensão teórica quanto em suas implicações sociais, econômicas e ambientais.

Portanto, nesta categoria identificaram-se dois indicadores fundamentais: a **Organização de Classificação de informações**, quando os estudantes relacionam a irradiação de alimentos a conceitos científicos (radiação, conservação, durabilidade), reorganizando as informações trabalhadas em sala de aula e **Justificativa e previsões** ao atribuírem a importância da irradiação de alimentos para a região, ancorada em benefícios sociais e econômicos, demonstrando a capacidade de usar o conhecimento científico para interpretar a realidade e projetar soluções sustentáveis. Além disso, eles conseguem fazer a relação entre fenômenos e conceitos ao conectarem a técnica ao contexto amazônico (exportação de frutos, redução de desperdício), evidenciaram a construção de significados contextualizados.

4.5.3 Terceira Categoria: Impactos da irradiação de alimentos na saúde

A terceira categoria identificada no QF, é mencionada por 28 dos 40 estudantes. Esse resultado sugere que a compreensão sobre irradiação avançou para além de sua presença no cotidiano (categoria 1) e de sua importância socioeconômica (categoria 2), alcançando também outras dimensões como biológicas e sanitárias. Exemplos disso são as seguintes respostas:

A radiação melhora a qualidade do alimento, logo isso ajuda na saúde humana (E6).

A irradiação é importante para a saúde porque diminui riscos de doenças (E9).

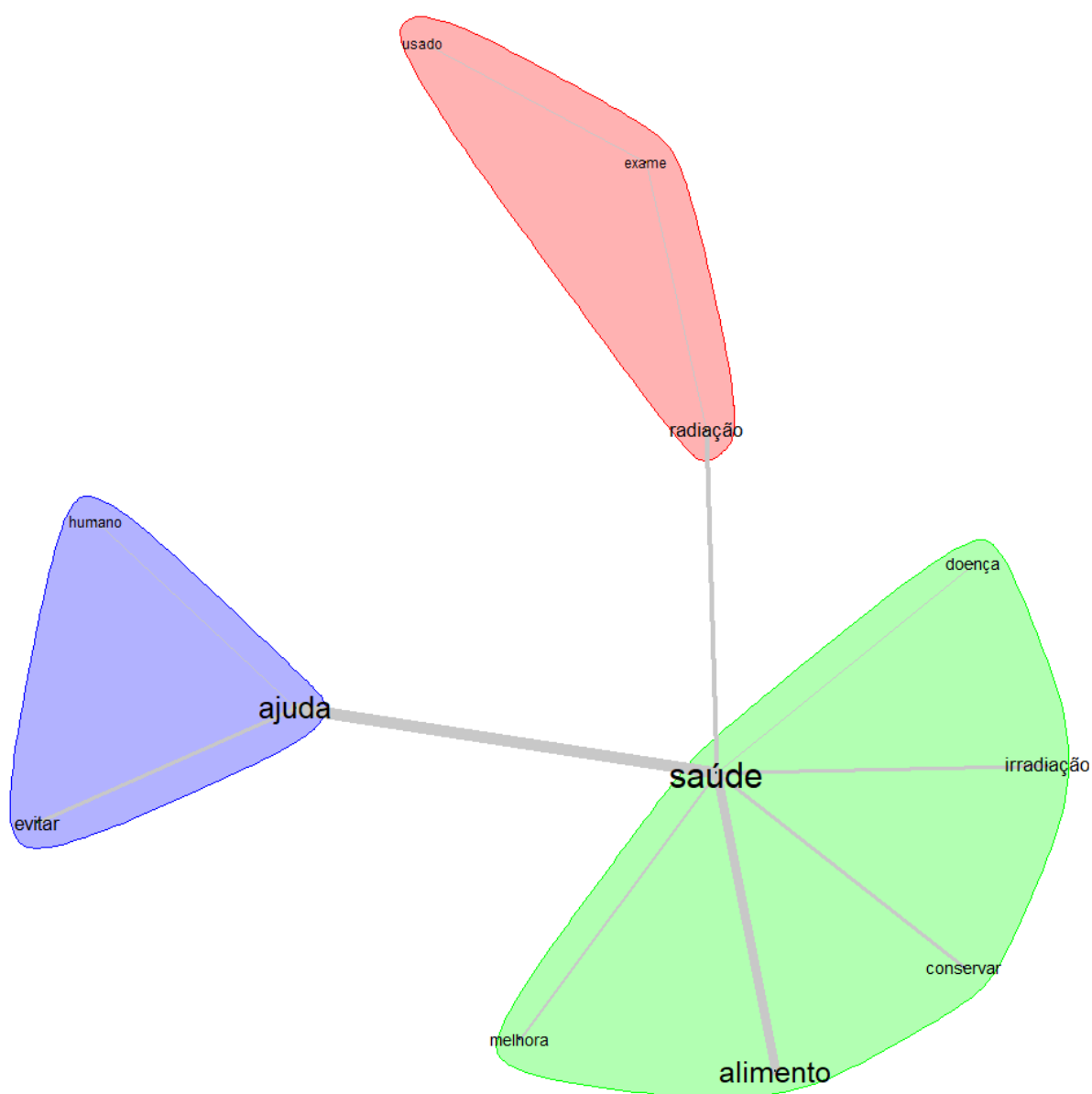
A irradiação é importante para evitar intoxicação alimentar (E17).

Essas falas sintetizam a ideia de que a técnica não apenas preserva os alimentos, mas também colabora com a prevenção de doenças e promoção da saúde coletiva, a reconhecendo como um recurso tecnológico em prol do bem-estar humano.

Bardin (2016) enfatiza que esse tipo de organização das apresentações aponta para a construção de novas categorias de sentido, em que a irradiação de alimentos passa a ser entendida como aliada da saúde pública, superando visões reducionistas centradas apenas no risco e na contaminação.

Nesse viés, a análise feita pelo IRAMUTEQ (Figura 26), mostra três comunidades principais articuladas em torno do termo central “saúde”. A comunidade verde (saúde, alimento, irradiação, conservar, melhora, doença), indica que os estudantes relacionam diretamente a técnica ao papel de garantir alimentos conservados, de melhor qualidade e seguros, prevenindo doenças. Na comunidade vermelha (radiação, exame, usado), evidencia a ampliação conceitual, pois além dos alimentos, os estudantes lembraram do uso da radiação em exames médicos, associando-a a diagnósticos e tratamentos de saúde. Já na comunidade azul (ajuda, humano, evitar), traduz a percepção de que a técnica contribui para evitar prejuízos à saúde humana, reforçando o caráter preventivo da irradiação no combate a microrganismos e na conservação alimentar.

Figura 26: Análise de similitude referente à categoria “Irradiação de alimentos e relevância na saúde”, evidenciando a centralidade dos termos “saúde”, “ajuda”, “alimento” e “radiação” e suas associações no QF.



Fonte: Dados da pesquisa (2025), gerado no *software* IRAMUTEQ.

Esse arranjo revela que os estudantes conseguiram articular diferentes dimensões da saúde: preventiva (evitar doenças), diagnóstica (exames médicos) e promocional (qualidade de vida via alimentos mais seguros).

Na categoria também destacam-se os indicadores de AC conforme Sasseron e Carvalho (2008). A explicação de fenômenos quando os estudantes associam a ação da radiação à conservação de alimentos e à prevenção de doenças. A previsão ao inferirem que a técnica evita contaminações e melhora a qualidade dos alimentos e a justificativa, quando eles sustentam que a saúde humana é beneficiada por aplicações médicas e alimentos da radiação.

A literatura reforça que esses achados de acordo com Lima (2007) e Pinto e Marques (2010) que a radiação já está integrada ao cotidiano da saúde, seja em diagnósticos médicos, seja na

conservação de alimentos, embora muitas vezes isso não seja reconhecido socialmente. Do mesmo modo, Okuno (2018) explica que sobre os efeitos da radiação ionizante que quando aplicados em doses controladas, os mesmos não tornam os alimentos radioativos, mas são capazes de eliminar microrganismos contribuindo com a saúde coletiva.

4.5.4 Quarta Categoria: Impactos da irradiação de alimentos na economia

A quarta categoria identificada no QF refere-se aos impactos da irradiação de alimentos na economia, mencionada por 22 dos 40 estudantes. Essa frequência embora menor que a das categorias anteriores, mostra que mais da metade dos participantes reconheceu a relevância econômica da tecnologia, ampliando a compreensão do tema para além da esfera científica e sanitária. Duas falas ilustrativas são a do estudante:

Se tivesse uma empresa desse ramo no distrito teria mais emprego (E3).

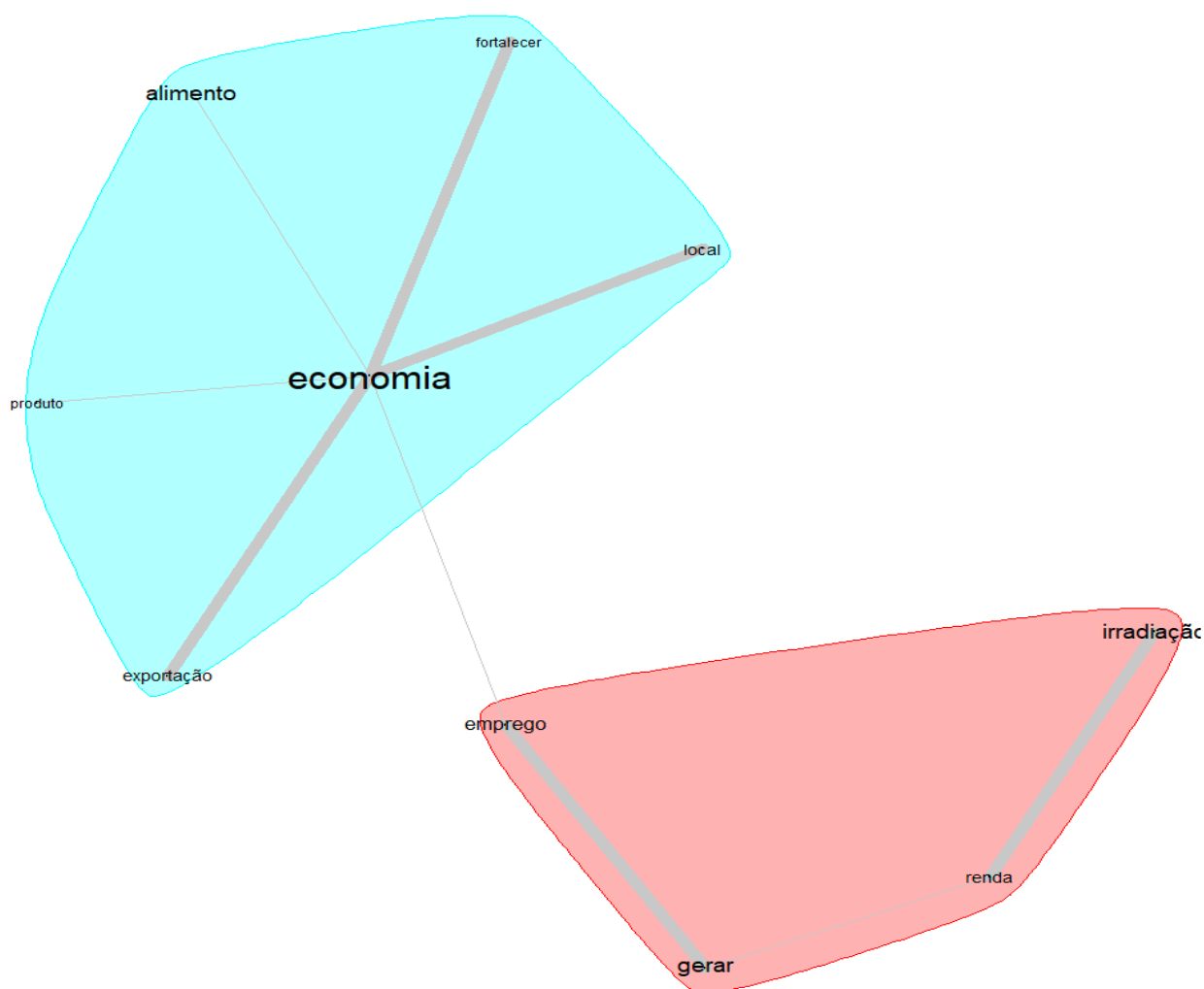
A técnica pode gerar empregos para a população (E4).

Ajuda na exportação de frutas e fortalece a economia regional (E20).

Essas respostas indicam a percepção da irradiação de alimentos como uma oportunidade de fortalecimento do setor produtivo local, gerando empregos, renda e desenvolvimento regional. A emergência dessa categoria em consonância com Bardin (2016), indica a incorporação de novas referências que reorganizam as apresentações iniciais, sugerindo que os estudantes foram capazes de relacionar ciência e tecnologia a desdobramentos socioeconômicos concretos. Isso foi reforçado na análise de similitude (Figura 27), revelando duas comunidades principais em torno da temática.

A comunidade azul (economia, alimento, fortalecer, local, produto, exportação), aponta para a compreensão da irradiação de alimentos como uma tecnologia capaz de fortalecer a economia regional, agregando valor aos produtos alimentícios e ampliando as possibilidades de exportação, especialmente de frutos amazônicos. Já na comunidade vermelha (emprego, gerar, renda, irradiação), evidencia a percepção dos estudantes de que a irradiação pode ser indutora de oportunidades de trabalho e geração de renda, conectando a tecnologia ao desenvolvimento socioeconômico direto da população.

Figura 27: Análise de similitude referente à categoria ‘Impactos da irradiação de alimentos na economia’, evidenciando a centralidade dos termos “economia” e “emprego” e suas associações no QF.



Fonte: Dados da pesquisa (2025), gerado no software IRAMUTEQ.

Essas comunidades indicam que os estudantes conseguiram estabelecer relações entre produção, circulação e consumo, reconhecendo que a irradiação pode dinamizar cadeias produtivas locais, potencializar exportações e ampliar a empregabilidade. Como indicadores, destacam-se o **Raciocínio lógico** quando relacionam a instalação de empresas de irradiação à geração de emprego e renda; **Levantamento de hipóteses** ao projetarem cenários de fortalecimento econômico regional com a adoção técnica e por fim, a justificativa, ao explicarem que a exportação de produtos irradiados poderia beneficiar diretamente a economia local e nacional (Sasseron; Carvalho, 2008).

No viés de conexões teóricas, autores com Levy, Sordi e Villavicencio (2020) e Costa e Souza (2023), salientam que o potencial econômico da irradiação no Brasil ainda é pouco explorado, devido à carência de irradiadores industriais e ao alto custo de implementação, além disso, é preciso também investir em informação para desmistificar concepções equivocadas sobre essa tecnologia que também apareceu com uma fala do E1: “*A sociedade precisa conhecer mais sobre a irradiação para aceitar a técnica*”. A literatura aponta que sua adoção poderia fortalecer muitos setores como o do

agronegócio, ampliar mercados de exportação e reduzir perdas alimentares, com benefícios econômicos diretos (Levy; Sordi; Villavicencio, 2020).

A BNCC, prevê a análise crítica das implicações do uso de tecnologias na produção de alimentos, considerando aspectos de sustentabilidade e desenvolvimento regional o que é refletido nesta categoria.

4.5.5 Quinta Categoria: Impactos da irradiação de alimentos na sociedade

A quinta categoria é mencionada por 18 dos 40 estudantes e embora com frequência menor que as demais, essa categoria é significativa porque desloca o olhar dos estudantes para aspectos sociais, culturais e de aceitação pública da tecnologia, revelando uma visão crítica em construção, como mostra nas falas dos seguintes estudantes:

Ainda existe muito preconceito e isso faz com que seus benefícios sejam despercebidos (E2).

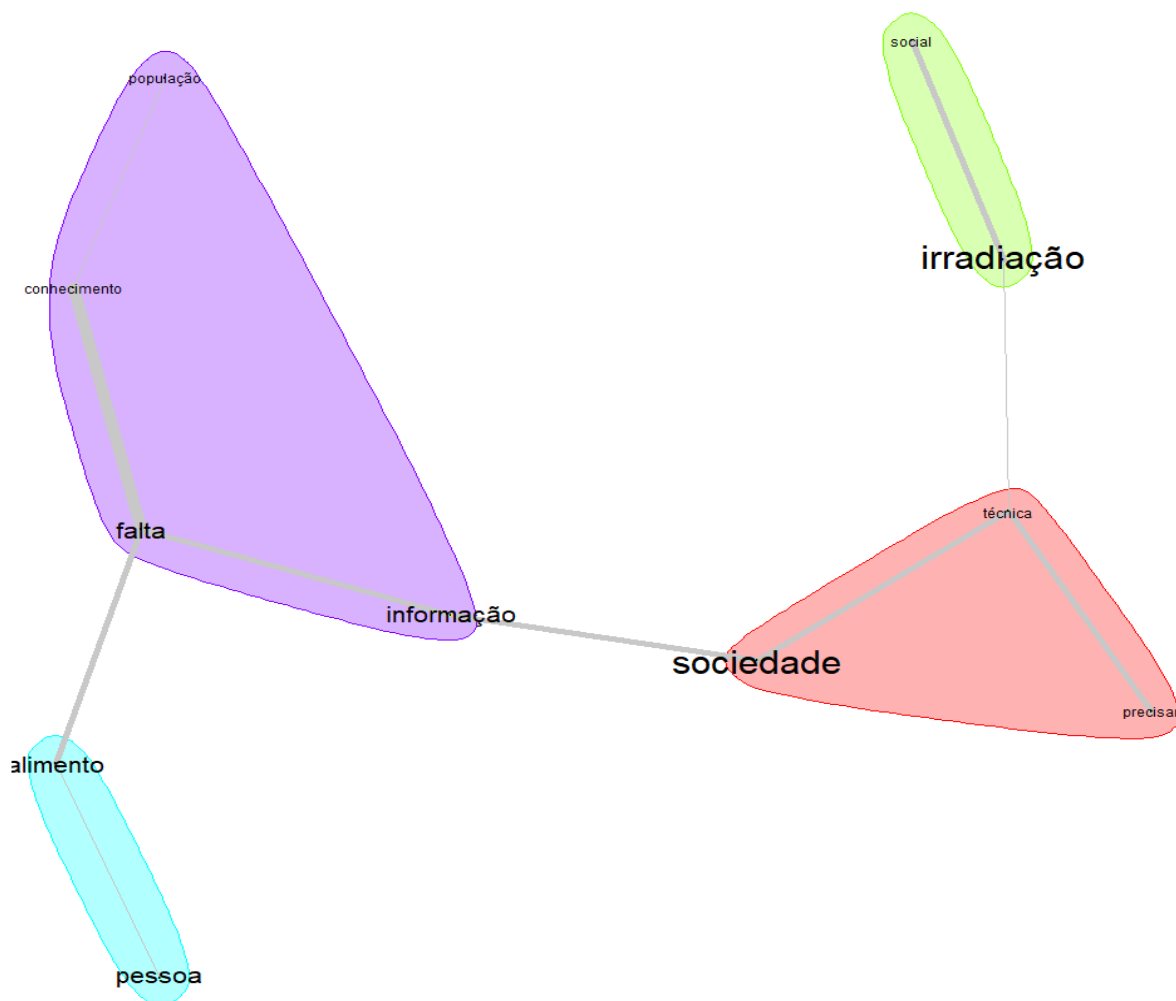
Muitos ainda não aceitam alimentos irradiados por falta de conhecimento (E4).

A sociedade pode rejeitar os alimentos por falta de informação (E7).

Diante dessas respostas fica explícito a percepção de que a ausência de informação e os preconceitos sociais ainda são barreiras centrais para a difusão da irradiação de alimentos. Do mesmo modo E11 enfatiza que: *“As pessoas precisam aprender mais sobre o processo”*. Para Bardin (2016), essas categorias evidenciam a emergência de representações que ultrapassam o domínio técnico-científico, mobilizando interpretações ligadas à cultura, ao imaginário social e as práticas cotidianas.

Nesse viés, a análise de similitude (Figura 28), apresenta quatro comunidades distintas que reforçam a análise. Na comunidade lilás (informação, falta, conhecimento, população), mostra a percepção dos estudantes sobre a desinformação da sociedade a respeito da técnica, reforçando a necessidade de estratégias de divulgação científica.

Figura 28: Análise de similitude referente à categoria “Impactos da irradiação de alimentos na sociedade”, evidenciando a centralidade dos termos “sociedade” e “informação” “irradiação” “alimento” e suas associações no QF.



Fonte: Dados da pesquisa (2025), gerado no *software* IRAMUTEQ.

A comunidade vermelha (sociedade, precisar, técnica) evidencia a compreensão de que a sociedade precisa da tecnologia, mas carece de entendimento para sua aceitação. Já a comunidade verde (irradiação, social), associa diretamente a técnica a um impacto coletivo, reconhecendo que seus efeitos não se restringem ao campo produtivo ou econômico, mas envolvem a vida social. E por fim, a comunidade azul representa a dimensão mais prática relacionando os alimentos irradiados ao consumo humano, revelando preocupação com a aceitação da técnica pelos indivíduos.

Logo, essas comunidades indicam que os estudantes não apenas compreenderam o processo físico e econômico da irradiação de alimentos, mas também refletiram sobre sua aceitação social e os entraves comunicacionais que influenciam sua difusão. Nesta categoria também emergiram indicadores de AC como **levantamento de hipóteses** quando os estudantes projetam cenários de aceitação social por meio da informação adequada; **justificativa** quando apontam a falta de conhecimento como causa da rejeição da técnica e a **previsão** indicando que se houver mais divulgação científica, a sociedade pode reconhecer os benefícios da irradiação.

Levy, Sordi e Villavicencio (2020) apontam que a resistência social à irradiação de alimentos é devido a quase total desinformação, reforçando achados desta categoria. Da mesma forma, Lima (2007) e Okuno (2018) destacam que a percepção social da radiação ainda é fortemente marcada por coisas negativas como bombas e acidentes nucleares, o que prejudica sua aceitação como tecnologia segura.

Esses resultados também convergem com Pinto e Marques (2010), que defendem a necessidade de um ensino de ciências contextualizado, capaz de desmistificar concepções equivocadas e aproximar a ciência da realidade social dos estudantes. O que está diretamente relacionado com esta categoria é o que propõe a BNCC quando enfatiza que os estudantes sejam capazes de avaliar as implicações sociais e ambientais de uso de tecnologias.

4.6 Síntese da evolução conceitual dos estudantes

Para apresentar de forma sistemática a evolução conceitual dos estudantes ao longo do percurso formativo, foram elaboradas novas categorias analíticas construídas a partir da comparação entre as respostas do QI, da PT e do QF. Essas categorias: concepções sobre radiação, concepções sobre irradiação de alimentos, relação com a Amazônia, impactos percebidos e progressão conceitual emergiram do processo de categorização e reagrupamento das unidades de sentido identificadas em cada etapa, permitindo evidenciar as mudanças conceituais e a ampliação do entendimento dos estudantes no decorrer da proposta. O Quadro 16 sintetiza essa trajetória, destacando as transformações observadas em cada categoria.

Quadro 16: Síntese da evolução conceitual dos estudantes entre QI, PT e QF

Categoria	QI	PT	QF
Concepções sobre radiação	Associada a bomba, veneno, tóxico, medo e desconhecimento. “Na minha cabeça, a única radiação que vem é uma bomba” (E9).	Reconhecimento inicial como tecnologia de conservação, aplicada a frutos amazônicos. “[...] A irradiação de alimentos usada para conservar [...] o tucumã por mais tempo [...]” (G1)	Reconhecimento ampliado da presença no cotidiano: saúde, comunicação, energia e alimentos. “Ela está presente na medicina, comunicação, energia e conservação dos alimentos” (E2).
Concepções sobre irradiação de alimentos	Confundida com contaminação química; muitos responderam “não sei”. “Achei que era colocar veneno no alimento.” (E7)	Compreensão científica: técnica segura que conserva alimentos sem alterar nutrientes. “[...] não se coloca nada no alimento, só usa radiação para conservar [...]” (G2)	Reconhecimento da relevância para a Amazônia (conservação, exportação, combate ao desperdício). “Pode ajudar a conservar os frutos da região e vender para outros lugares.” (E6)

Relação com a Amazônia	Praticamente inexistente ou negativa (“vai deixar o alimento tóxico”). “Acho que se usar aqui vai deixar o alimento tóxico.” (E3)	Aplicação direta a frutos amazônicos (tucumã, açaí, cupuaçu, buriti). “[...] Dá para usar no açaí para durar mais e não estragar no transporte.” (G3)	Reconhecimento da importância para a economia regional, logística e geração de empregos. “Isso pode ajudar a economia, porque os frutos chegam mais longe sem perder qualidade.” (E14)
Impactos percebidos	Predominantemente negativos (doença, contaminação, morte). “Pode causar câncer se a pessoa comer irradiado.” (E5)	Impactos positivos: conservação, exportação, segurança alimentar e algumas preocupações ambientais. “[...] Ajuda a conservar, mas fico pensando se tem algum risco para o ambiente [...]” (G4)	Impactos diversificados: saúde (alimento seguro, exames médicos), economia (emprego, exportação) e social (preconceito e aceitação). “Além de deixar o alimento seguro, pode gerar emprego e diminuir o preconceito sobre radiação.” (E12)
Progressão conceitual	Predomínio do desconhecimento e de concepções alternativas. “Nunca ouvi falar disso e acho perigoso.” (E8)	Construção coletiva e contextualizada (apropriação crítica). “[...] Agora entendo melhor porque estudamos isso na Física e como serve para o dia a dia.[...]” (G5)	Compreensão integrada e fundamentada, articulando ciência, sociedade e região. “ <i>é uma tecnologia segura e importante para a Amazônia, ligando ciência, economia e sustentabilidade.</i> ” (E13)

Fonte: Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A partir da comparação, percebe-se que os estudantes passam de um quadro inicial marcado por desconhecimento e concepções alternativas, no qual predominam imagens negativas sobre a radiação, para uma apropriação crítica e fundamentada. Esse processo de evolução evidencia a emergência dos indicadores de AC, entre eles a seriação, organização e classificação das informações, pois os estudantes identificam e agrupam diferentes aplicações da radiação (medicina, energia, alimentos). Há também a presença de formulação de explicações quando os estudantes compreendem a irradiação como técnica segura de conservação de alimentos, desmistificando concepções equivocadas e a capacidade de prever argumentar e tomar decisões ao reconhecerem impactos sociais, econômicos e ambientais, incluindo questões como preconceito, emprego e exportação de frutos amazônicos.

Diante disso, foi notório a importância da contextualização para promover aprendizagem mais significativa, assim como também, o potencial da categorização na organização das representações (Bardin, 2016; Mortimer; Scott, 2002). Do ponto de vista curricular, os resultados estão em consonância com a BNCC, ao articular ciência, tecnologia e sociedade.

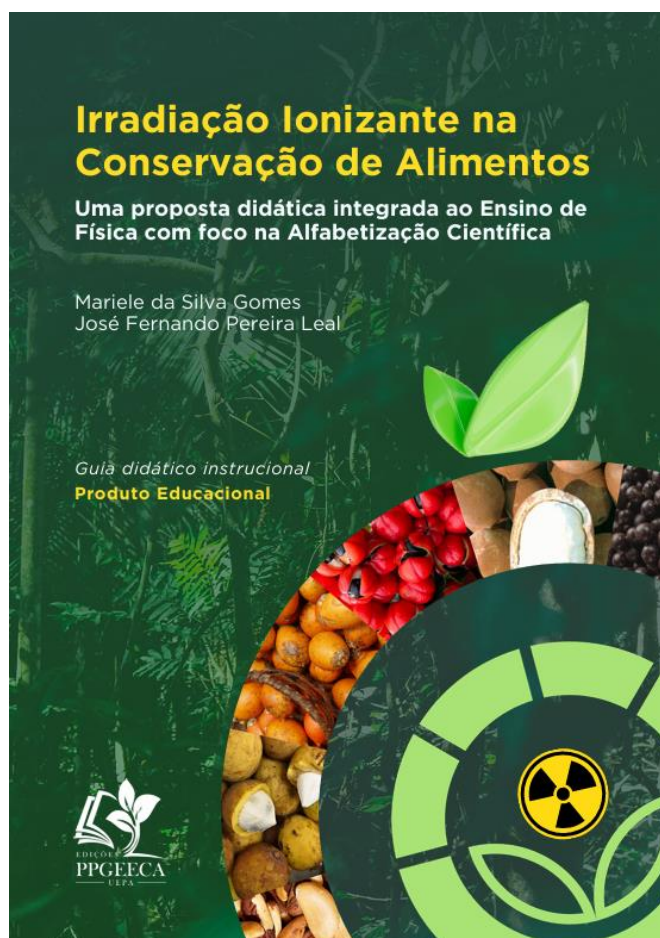
Portanto essa síntese apresentada no Quadro 16 mostra que a proposta metodológica

contribuiu não apenas para ampliar o domínio conceitual, mas também para promover uma formação científica crítica, interdisciplinar e situada, capaz de aproximar os estudantes da realidade amazônica e de prepará-los para a vida social e cidadã.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

O PE corresponde a uma Proposta didática baseada em uma SD ancorada nos pressupostos de Zabala e Arnau (2010), visando aprendizagens factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais. Foi desenvolvido em uma escola estadual de Manaus, no estado do Amazonas, com uma turma do 1º ano no NEM e intitula-se: “Irradiação Ionizante na Conservação de Alimentos: Uma Proposta Didática integrada ao Ensino de Física com foco na Alfabetização Científica”. Trata-se de um guia didático instrucional gerado a partir deste estudo.

Figura 29: Capa e Sumário do Produto Educacional



Fonte: Autores da pesquisa (2025).

Enquadra-se na categoria de proposta didática e tem como finalidade contribuir para o desenvolvimento de estratégia integrada ao ensino de Física sobre a radiação ionizante como técnica de conservação de alimentos em especial ao cenário amazônico, de forma a proporcionar aos professores e estudantes um processo formativo instigante, motivador e contextualizado. O PE com aspectos interdisciplinares está alinhado à BNCC no eixo Vida e Evolução, alcançando os componentes do campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Física, Química e Biologia.

Além disso, integram-se as seguintes disciplinas, a saber: História, que auxiliará com a

pesquisa orientada sobre o contexto histórico da irradiação; Geografia, com o intuito de associar e contextualizar o tema ao cenário amazônico e, por último, a Língua Portuguesa, visando apoiar a interpretação, produção textual e promover a leitura.

Busca-se também, fomentar a AC conforme Chassot (2018), e o alcance de seus indicadores, em consonância com Sasseron e Carvalho (2008), os quais enfatizam que é por meio da AC que os estudantes conseguem desenvolver habilidades para compreender, interpretar e discutir melhor os conceitos científicos, relacionando-os com o seu cotidiano.

O PE apresenta-se como uma nova proposta, uma vez que, até o presente momento, não foram encontrados na literatura trabalhos envolvendo a temática no contexto amazônico e voltados para a educação básica. É altamente replicável, pois as atividades são flexíveis e adaptáveis, além de conter informações relevantes para a compreensão do professor. Será divulgado de forma digital e impresso, disponibilizado em plataforma online (PPGEECA e EDUCAPES).

Seu impacto é contribuir para a sensibilização sobre métodos sustentáveis de conservação de alimentos, o que pode beneficiar a segurança alimentar e reduzir o desperdício. Ao fomentar o diálogo entre ciência e sociedade, estimula a formação de cidadãos críticos, capazes de decidir conscientemente sobre o uso de tecnologias no dia a dia.

Destina-se a estudantes do 1º ano do Ensino Médio, com mediação de um professor do campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, uma vez que o conteúdo é trabalhado no âmbito do NEM. Todavia, poderá ser replicado também no ensino fundamental conforme a necessidade, abrangendo o conteúdo de forma ampla e utilizando as estratégias didático-metodológicas sugeridas.

A sua forma de avaliação foi concebida em uma turma do 1º ano do Ensino Médio e validado, envolvendo o desenvolvimento das atividades em sala de aula, seguido de análises conduzidas pela professora/pesquisadora e submetido à apreciação de uma banca examinadora. O PE está organizado da seguinte forma (Figura 30):

Figura 30: Sumário do Produto Educacional



The image shows a colorful table of contents for an educational product. The title 'SUMÁRIO' is in large green letters at the top right. The background is light green with various food-related illustrations: orange grapes at the top left, a kiwi at the bottom left, a kiwi and a strawberry at the bottom center, and a strawberry at the bottom right. There are also several yellow radiation warning symbols scattered throughout the page. The table of contents lists the following sections and their page numbers:

APRESENTAÇÃO.....	10
CAPÍTULO 1: CONHECIMENTOS FUNDAMENTAIS	11
IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS.....	11
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	12
INDICADORES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	13
CAPÍTULO 2: PROPOSTA DIDÁTICA	14
DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA.....	15
1º ENCONTRO.....	17
2º ENCONTRO.....	19
3º ENCONTRO.....	22
4º ENCONTRO.....	26
5º ENCONTRO.....	28
6º ENCONTRO.....	30
7º ENCONTRO.....	32
8º ENCONTRO.....	34
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

Fonte: Autores da pesquisa (2025).

É constituído por uma apresentação, na qual traz um diálogo breve sobre sua estrutura, seguido do Capítulo 1 que compõe a fundamentação teórica com a base de conhecimentos fundamentais para sua utilização, como Irradiação de Alimentos, Alfabetização Científica e os Indicadores de Alfabetização Científica, apresentado também materiais complementares como vídeos, artigos, livros visando auxiliar o professor nas suas práticas pedagógicas.

No Capítulo 2 é apresentada a proposta didática, acompanhada das orientações para o seu desenvolvimento em oito encontros. Em cada encontro, é detalhado ao professor a estrutura do planejamento como mostra a Figura 31, incluindo unidade temática, componentes curriculares, objeto do conhecimento, objetivos, metodologias e materiais que a serem utilizados, além sugestões de materiais e caixinhas de interação.

Figura 31: Exemplo do planejamento de cada encontro no PE

1º ENCONTRO	
UNIDADE TEMÁTICA	Natureza da Radiação
COMPONENTES CURRICULARES	Física e História
OBJETO DO CONHECIMENTO	• Física: Radiação, tipos de radiação e espectro eletromagnético; • História: Descoberta da radioatividade, informações científicas e avanços tecnológicos.
OBJETIVOS	• Analisar os conhecimentos prévios dos estudantes por meio de um questionário com questões abertas; • Fazer a introdução da temática utilizando vídeos; • Dialogar sobre radiação e suas manifestações na sociedade.
METODOLOGIA	• 1º Momento: Avaliação diagnóstica; • 2º Momento: Exibição de um vídeo “Radioatividade e Tipos de Radiação”; • 3º Momento: Roda de conversa sobre o vídeo e discussão sobre os conceitos físicos.
MATERIAIS	Questionário impresso, data show, computador, caixinha de som.

Fonte: Autores da pesquisa (2025).

Por fim, são apresentadas as considerações finais e as referências que ancoram toda a sua construção. Dessa forma, espera-se que este PE possa contribuir e servir de inspiração para novas práticas pedagógicas, e que amplie a abordagem da ciência em sua dimensão tanto social, como regional. Que sua replicabilidade alcance os diferentes níveis de ensino, assim como a possibilidade de ser adaptado para recursos digitais e estratégias experimentais, abrindo caminho para novas pesquisas e práticas que valorizem a integração entre o conhecimento científico, contexto amazônico e formação cidadã.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação permitiu analisar a contribuição de uma proposta metodológica integrada ao ensino de Física e estruturada baseada numa Sequência Didática com aspectos interdisciplinares sobre a temática irradiação de alimentos em contexto amazônico, no tocante ao desenvolvimento da Alfabetização Científica dos estudantes do Novo Ensino Médio. Os resultados obtidos ao longo do processo indicam que a questão norteadora foi adequadamente respondida, evidenciando avanços significativos na compreensão científica dos participantes.

Inicialmente, os estudantes apresentavam dificuldades conceituais e associavam a temática somente aos aspectos negativos que foram superados de forma gradual durante as atividades e discussões ao longo da intervenção. Após as construções das atividades, os mesmos passaram a compreender os conceitos científicos e associá-los a sua realidade, em especial ao contexto amazônico. Assim, tornou-se possível mapear as percepções e os conhecimentos prévios dos estudantes do Novo Ensino Médio acerca da irradiação de alimentos, considerando seu vínculo com o contexto amazônico.

A articulação entre as diferentes áreas de conhecimento e a diversidade metodológica, exposições dialógicas, análise simbólica de alimentos irradiados e não irradiados, varal fotográfico, produções escritas e atividades colaborativas também favoreceram um ambiente formativo dinâmico e investigativo contribuindo para a promoção da alfabetização científica dos estudantes.

Em relação a análise comparativa entre o Questionário Inicial, a Produção Textual e o Questionário Final, observou-se uma evolução conceitual significativa, evidenciando que os estudantes passaram de concepções negativas e fragmentadas para uma compreensão científica, contextualizada e crítica da irradiação de alimentos. Esse avanço se materializou em indicadores de alfabetização científica, como a organização e classificação de informações, formulação de explicações fundamentadas, reconhecimento dos impactos sociais, econômicos e ambientais, capacidade argumentativa e tomada de decisão consciente.

Os estudantes também participaram de forma significativa, em especial nas práticas que envolviam manipulação de materiais, observação e discussão em grupo, indicando que a proposta foi eficaz em promover curiosidade, participação e reconstrução conceitual. Além disso, o caráter interdisciplinar da proposta permitiu que a irradiação de alimentos fosse compreendida como fenômeno científico-tecnológico com forte potencial de utilização na realidade amazônica, aproximando o ensino de Física dos desafios e possibilidades regionais.

Nesse sentido, os estudantes passaram a relacionar a irradiação de alimentos à conservação

de frutos amazônicos, diminuição do desperdício, ao fortalecimento da economia regional e a outras utilizações da radiação no cotidiano, como medicina, telecomunicações e energia. Essa mudança indica que a proposta metodológica foi capaz de promover uma formação científica mais ampla, articulada e situada, fortalecendo a compreensão dos estudantes sobre ciência e sociedade.

Mesmo com os resultados obtidos de forma positiva, a experiência evidencia que é possível que a temática seja mais explorada em outros contextos e com novos artefatos para aprofundar melhor a compreensão dos conceitos básicos e também para incentivar novos estudos.

Ademais, a partir desta pesquisa surgiram publicações em eventos nacionais e em periódicos com destaques para os artigos “Radiação em alimentos: explorando concepções de alunos em contexto amazônico” e “Irradiação de Alimentos: experiências no novo ensino médio da Amazônia manauara”.

Diante do exposto, esse estudo pôde proporcionar aos participantes e aos pesquisadores a aquisição de novos saberes, contribuindo significativamente para a promoção de uma comunidade mais cientificamente alfabetizada, e por meio do acesso à dissertação e ao Produto Educacional intitulado: “Irradiação Ionizante na Conservação de Alimentos: Uma Proposta Didática Integrada ao Ensino de Física Desenvolvida na Amazônia, novos estudantes e professores serão contemplados com estratégias de fácil replicação e com a possibilidades de adaptações necessárias para cada contexto escolar.

REFERÊNCIAS

AGBAKA, J. I.; IBRAHIM, A. N. **Irradiation: Utilization, Advances, Safety, Acceptance, Future Trends, and a Means to Enhance Food Security**. *Advances in Applied Science Research*, v. 11, n. 3, p. 1, 2020. DOI:10.36648/0976-8610.11.3.1. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/irradiation-utilization-advances-safety-acceptance-future-864yfkzim5.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos**. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/rdc0021_26_01_2001.html. Acesso em: 22 de nov. 2025

AMADO, Manuella Villar. **Contributos da Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas na Educação para o Desenvolvimento Sustentável em Espaços de Educação não Formal**. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 2014. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/8743> . Acesso em 2 out. 2024.

AMAZONAS. **Referencial Curricular Amazonense do Ensino Médio**. Secretaria de Educação do Amazonas. Manaus. 2021. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1TD5GSOu7Opy2ByYEWJubPOfBH1Qg_4N9/view . Acesso em: 4 ago. 2024.

ANGOTTI, José. André; AUTH, Milton Antonio. **Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação**. *Ciência & Educação*, Campinas, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2001. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5274170.pdf>. Acesso em 20 jul. 2025.

ARAÚJO, Emanuelle Silva. **Desenvolvimento urbano local: o caso da Zona Franca de Manaus**. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 33-42, jan./jun. 2009. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/Urbe/article/view/4255/4177> Acesso em 31 jan. 2025.

ARTHUR, Valter; MACHADO, Lucas Rodrigues; ARTHUR, Paula Bergamin; ARTHUR, Vanessa; ARTHUR, Bruna Bergamin. **Effects of gamma radiation on physical, chemical and microbiological qualities of papaya (Carica papaya L.)**. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, v. 5, n. 5, p. 438-451, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X22009784>. Acesso em: 2 ago. 2025.

AZİZOĞLU, Nursen; PEKDAĞ, Bülent; BOSTAN SARIOĞLAN, Ayberk; KUZUCU, Gülnur. **An inquiry-based instruction on the main subatomic particles: Enhancing high-school students' achievement and motivation**. *Science Education International*, Paris, v. 33, n. 1, p. 75-85, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i1.8>.

BARDIN, Lawrence. **Análise de conteúdo**. SP: Edições 70, 2011.

BARRAGAN, Patrícia; MORTIMER, Eduardo; LEAL, Alexandre. **Avaliação preliminar sobre o conceito de radiação e algumas de suas tecnologias: ideias informais de estudantes do ensino médio**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação. Florianópolis-SC, 2009. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p1090.pdf> . Acesso em: 4 nov. 2024.

BEDIN, Flávia Caroline; FANTINELLI, Maiara; SANTOS, Mateus Carneiro Guimarães dos; BALDAQUIM, Matheus Júnior; KIOURANIS, Neide Maria Michellan; MARANI, Pâmela Franco. **Abordagem CTS como promotora da alfabetização científica: concepções de um grupo de licenciandos em química**. Scientia Naturalis, Rio Branco, v. 1, n. 4, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2607> Acesso em 17 fev. 2025.

BEZ, Tiago Velho; ALEXANDRE, Wesley; COSTA, Samuel. **A radioatividade na visão dos alunos de um curso de licenciatura em ciências da natureza**. In: II Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/1125/829> . Acesso em 2 ago. 2024.

BRASIL. Decreto-Lei nº 986/PR, de 21 de outubro de 1969. **Institui normas básicas sobre alimentos**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0986.htm. Acesso em: 22 de nov. de 2025.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Diário Oficial da União: seção 1 , Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf . Acesso em: 2 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. **Altera as Leis n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 17 fev. 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm. Acesso em: 11 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRITO, E, S. **Radioatividade no Ensino Médio Orientações para a implementação de uma proposta didática com enfoque CTS**. 1ª ed. 2019. São Luís. Disponível em: <https://arquivos.ufma.br/arquivos/20200522158f961244029676c9a5eff61/ELISIANY.pdf> . Acesso em: 3 ago. 2024.

BUZAN, Tony. **Mapas Mentais**. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

CACHAPUZ, António; GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CAMARGO, Brígido Vizeu; JUSTO, Ana Maria (2016). **Tutorial para uso do software de análise textual IRAMUTEQ**. Laboratório de Psicologia Social da Comunicação e Cognição - UFSC - Brasil. 2016. Disponível em: http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/Tutorial%20IRaMuTeQ%20em%20portugues_17_03.2016.pdf . Acesso em 11 fev. 2025.

CARVALHO, Lucia Maria Jaeger de; PARANHOS, Bruno; JESUS, Edgar Francisco Oliveira de; CARVALHO, José Luiz Viana de. **Gamma radiation applied in Euterpe oleracea e pulps**.

European Journal of Nutrition & Food Safety, v. 12, n. 10, p. 134–145, 2020. DOI: 10.9734/EJNFS/2020/v12i1030310. Disponível em: <https://journalejnfs.com/index.php/EJNFS/article/view/498/1001>. Acesso em: 16 jul. 2025.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, n. 22, pp. 89-100, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 10 fev. 2025.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 7. ed. Ijuí, RJ: Unijuí, 2016.

CHASSOT, Attico. **A alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 8. ed. Ijuí: Unijuí, 2018.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, n. 22, pp. 89-100, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 dez. 2024.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN. Resolução nº 5 de 10 de setembro de 1980. **Aprova em caráter experimental o Anteprojeto da Norma Irradiação de Alimentos**. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-a-informacao/atos-normativos-cnen/comissao_deliberativa/resolucoes/1980/rs_cnencd_05_1980.pdf. Acesso em: 22 de nov. 2025.

COSTA, Cláudia Lopes Santos Pereira; PENHA, Pedro Xavier da; MACIEL, Maria Delourdes. **A abordagem CTS e as percepções dos professores municipais de Ciências em Ouro Branco/MG**. 2017. Revista Educação Pública. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/23/o-enfoque-cts-e-as-percepcoes-dos-professores-municipais-de-ciencias-em-ouro-brancomg>. Acesso em 17 fev. 2025.

COSTA, Liege. **Seca na Amazônia: uma crise que não acabou**. Le Monde diplomatique Brasil, 2024. Disponível em: <https://diplomatie.org.br/seca-amazonia/#:~:text=A%20seca%20na%20Amaz%C3%B4nia%20%C3%A9,que%20contribui%20para%20a%20seca>. Acesso em: 5 nov. 2024.

COUTO, Renata Ribeiro; SANTIAGO, Arnaldo José. **Radioatividade e irradiação de alimentos**. Revista Ciências Exatas e Naturais – RECEN, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/230455808.pdf>. Acesso em 3 ago. 2025.

DANYO, Emmanuel Kormla; IVANTSOVA, Maria; SELEZNEVA, Irina SStanislavovna. **Ionizing radiation effects on microorganisms and its applications in the food industry**. International Journal of Food Microbiology, v. 380, p. 109941, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374497012_Ionizing_radiation_effects_on_microorganisms_and_its_applications_in_the_food_industry. Acesso em: 3 ago. 2025.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DELIZOICOV, Demétrio; AULER, Décio. **Educação científica: a abordagem CTS**. São Paulo: Cortez, 2011.

DINIZ, Rafaela Maria; ZACCHI, Rochelle; CLAUS, Thiago Victorino; FREITAS, Otavio Bitencourt de; GONÇALVES, Geórgia. **Acidente nuclear de Fukushima e as consequências para o meio ambiente e a sociedade**. Braz. J. Hea. Rev., Curitiba, v. 2, n. 5, p. 4221-4231, sep./out. 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/3491/3876> . Acesso em 24 de ago. 2024.

EL-HANI, Charbel Niño; MORTIMER, Eduardo Fleury. **Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching**. Cultural Studies of Science Education, Dordrecht, v. 2, n. 3, p. 657-702, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/14463/1/art%253A10.1007%252Fs11422-007-9064-y.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

FABRICIO, Lucimara; MARTINS, Alisson Antonio. **Alfabetização científica no ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental: percepções de professores da rede municipal de ensino de Curitiba**. Actio Docência em Ciência v.4, n. 3 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/10610/7397> . Acesso em: 1 dez. 2024.

FÉLIX, Bruna Soares; PEREIRA, Maria Alice de Souza; MEDEIROS, Manoel Moisés Batista; FERREIRA, Monique Cristina de Sousa; OLIVEIRA, Vinícius Felipe Sampaio de. **Brazilian and international legislation applied to food irradiation: a historical review**. Brazilian Journal of Radiation Sciences. Rio de Janeiro, v. 13, n. 2A, p. e2827, 13 jun. 2025. DOI: 10.15392/2319-0612.2025.2827. Disponível em: <https://bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/2827/1742> . Acesso em: 10 ago. 2025.

FERNANDEZ, João Vitor Martins; LIXANDRÃO FILHO, Arnaldo Luis; GUEDES, Sandro; MONTELEONE, Pedro Duran; PREARO Ivan; CORDEIRO, Gustavo; HERNANDES Andrei Arruda; HADLER NETO, Julio Cesar. **Uma nova estratégia para o ensino de física nuclear e radioatividade para o novo ensino médio: auto aprendizagem guiada por aplicativo web**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, e20210295, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/DRQLY4pC8YRvZgvqq5vWPfy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 ago. 2025.

FEYNMAN, Richard Phillips. QED: **A Estranha Teoria da Luz e da Matéria**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2008.

FREIRE. Paulo. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE JUNIOR, Murillo; SOUZA, André Luis Rodrigues de; CABRAL, Lourdes Maria Corrêa; SOARES, Antônio Gomes; SOARES, Celina Mara. **Irradiação de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2010. (Comunicado Técnico, 163). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/871746/1/CT163.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GOMES, Mariele da Silva.; SOUZA, Ronilson Freitas de Souza; LEAL, José Fernando Pereira. **Irradiação de Alimentos: experiências no novo ensino médio da Amazônia manauara**. Revista Cocar, [S. l.], v. 23, n. 41, 2025. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/10140/4720>. Acesso em: 27 fev. 2026.

GOMES, Mariele da Silva; LEAL, José Fernando Pereira. **Radiação em alimentos: explorando concepções de alunos em contexto amazônico**. Revista Kiri-Kerê, v. 1, n. 21, 2025. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/kirikere/article/view/46495/32114>. Acesso em: 27 fev. 2026.

GRAFFUNDERG, Karine Gehrke; CAMILLO, Cíntia Moralles; OLIVEIRA, Natiéle Medina; GOLDSCHMIDT, Andréa Inês. **Alfabetização científica e o ensino de Ciências na Educação Básica: panorama no contexto das pesquisas acadêmicas brasileiras nos últimos cinco anos de ENPEC**. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, ed 313997122, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/7122/6467/107434>. Acesso em: 1 dez. 2024.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física. Vol. 4 – Óptica e Física Moderna**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEPP, Diego; NONOHAY, Juliana Schmitt de. **A importância das técnicas e análises de DNA**. Scientia Tec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS – Campus Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 114-124, jun./dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/ScientiaTec/article/download/1592/1351/4561>. Acesso em: 12 ago. 2025.

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY. **Food irradiation: information statement**. Londres: Institute of Food Science & Technology, nov. 2022. Disponível em: <https://www.ifst.org/resources/information-statements/food-irradiation> . Acesso em: 5 jul. 2025.

JAPIASSÚ, Hilton. **O espírito interdisciplinar**. Cadernos EBAPE.BR, v. IV, N. 3, p 1-9 Outubro 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/J3xx9Xfc8NqRnzdJzQ3rGk/?format=pdf> Acesso em: 17 de mai. de 2024.

JOSEPHSON, Edward S. **An historical review of food irradiation**. Journal of Food Safety, v. 5, n. 4, p. 161–189, dez. 1983. DOI: 10.1111/j.1745-4565.1983.tb00469.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4565.1983.tb00469.x>. Acesso em: 5 ago. 2025.

JUNIOR, Murillo Freire; VITAL, Hélio de Carvalho. **Tecnologia de Alimentos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec), 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/irradiacao> . Acesso em: 22 jan. 2025.

_____. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Lei nº. 9394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm . Acesso em: 3 ago. 2024.

LEVY, D., SORDI, G.M.A.A., VILLAVICENCIO, A. **Irradiação de alimentos no Brasil: revisão histórica, situação atual e desafios futuros**. Brazilian Journal Of Radiation Sciences, 2020.

Disponível em: <https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/download/1241/634/7445> . Acesso em 22 jan. 2025.

LIMA, Abílio Alberto Machado. **As radiações no ensino básico e secundário**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Física da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2007. Disponível em <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/2549> . Acesso em: 2 ago. 2024.

LIMA, Antônio Luís dos Santos; LIMA, Keila dos Santos Cople; COELHO, Maysa Joppert; SILVA, Jaqueline Michele; GODOY, Ronoel Luiz de Oliveira; PACHECO, Sidney. **Avaliação dos efeitos da radiação gama nos teores de carotenóides, ácido ascórbico e açúcares do fruto buriti do brejo (*Mauritia flexuosa* L.)**. *Acta Amazonica*, v. 39, n. 3, p. 649-654, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/9GKdhs7GSBQCMJhGBJg75WB/>. Acesso em: 2 ago. 2025.

LIMA, Antônio Luís dos Santos; LIMA, Keila dos Santos Cople; GODOY, Ronoel Luiz de Oliveira; ARAÚJO, Leandro Moreira; PACHECO, Sidney. **Aplicação de baixas doses de radiação ionizante no fruto brasileiro tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.)**. *Acta Amazonica*, v. 41, n. 3, p. 377-382, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/8cHzDpvfMn456PrzDtKJCN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 jun. 2025.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MELO, Waisenhowerk; BIANCHI, Cristina. **Discutindo estratégias para a construção de questionários como ferramenta de pesquisa**. R. Bras. de Ensino de C&T, vol 8, núm. 3, mai-ago.2015. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1946>. Acesso em 30 de abr. de 2024.

MINAYO, Maria. Cecília. de Souza. (Org.). **PESQUISA SOCIAL: Teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes. 2002.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa Nº 9, de 24/02/2011. **Adota as diretrizes da Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias - NIMF nº 18 como orientação técnica para o uso da irradiação como medida fitossanitária com o objetivo de prevenir a introdução ou disseminação de pragas quarentenárias regulamentadas no território brasileiro**. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-9-2011_78333.html. Acesso em: 22 de nov. 2025.

MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino de Ciências e aprendizagem significativa**. São Paulo: Cortez, 2011.

MORTIMER, Eduardo Fleury; SCOTT, Philip Hugh. **Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283–306, 2002. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/562/355>. Acesso em 4 set. 2025.

MSHELIA, Rebecca Dan-zaria; DIBAL, Nathan Isaac; ADENIJI, Samaila Musa. **Food irradiation: a public health perspective**. Environmental Science and Pollution Research, v. 30, p. 69495–69504, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27635->. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10439058/pdf/13197_2022_Article_5564.pdf. Acesso em: 20 mai. 2025.

NAMORATO, Pussente; BARROS, Almeida Barbosa; COIMBRA, da Silva; CÚGOLA Coelho. **Abordagem da radiação no Ensino Médio: Desafios e Paradigmas**. In: XV Simpósio Brasileiro de Educação Química. Saberes tradicionais e científicos: Diálogos na Educação Química, 2017. Disponível em: <https://www.abq.org.br/simpequi/2017/trabalhos/90/10796-21696.html>. Acesso em: 2 ago. 2024.

NOVAK, Joseph. **Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations**. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 2a ed, 2010. Disponível em: <http://rodallrich.com/advphysiology/ausubel.pdf> . Acesso em: 9 fev. 2025.

OKUNO, Emico. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia** Estudos avançados. 27 (77), 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100014>. Acesso em: 15 fev. 2025.

OKUNO, Emico. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2018. Disponível em: <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/Radiacao-Efeitos-Riscos-e-Benef%C3%ADcios-DEG.pdf> Acesso em: 3 out. 2024.

ORNELLAS, Cléia Batista Dias; GONÇALVES, Maria Paula Junqueira; SILVA, Patrícia Rodrigues; MARTINS, Renaldo Travassos. **Atitude do Consumidor frente à Irradiação de Alimentos**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 26(1): 211-213, jan.-mar. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/qQM9N39NP8Y8zwXg4qMTKWY/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em 22 jan. 2025.

PACHECO, Natália Hidalgo dos Reis. **Irradiação de Alimentos: um estudo de caso**. 2013. 58. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

PINTO, Giovana Teixeira; MARQUES, Deividi Marcio. **Uma Proposta Didática na Utilização da História da Ciência para a Primeira Série do Ensino Médio: A Radioatividade e o cotidiano**. História da Ciência e Ensino v. 1, 2010, p.27-57. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/3024/2037>. Acesso em: 2 ago. 2024.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: Do Conhecimento Cotidiano ao Conhecimento Científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/ensino-superior/disciplinas/instrumentacao-para-o-ensino-de-quimica-i/pozo-j.-i.-crespo-m.-a.-g.-a-aprendizagem-e-o-ensino-de-ciencias-do-conhecimento-cotidiano-ao-conhecimento-cientifico.-5.-ed.-porto-alegre-artmed-2009/view?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 4 set. 2025.

PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO. Colégio Amazonense Dom Pedro II. 2024.

RATNER, Barton D. **Introduction to food irradiation and medical sterilization**. In: RATNER, Barton D. (ed.). The effect of sterilization on plastics and elastomers. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2012.

p. 1-23. DOI: [10.1016/B978-1-4557-2598-4.00001-0](https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-2598-4.00001-0).

REIS, Deborah Lucas dos; FERREIRA, Geovanna Martins; LACERDA, José Matheus Ferreira; SOUZA JÚNIOR, Teles Henrique Alvino; CAETANO, Graciele Araújo. **Desastre Ambiental de Chernobyl**. Reiva Revista, v. 6, n. 4, 2023. Disponível em: <https://reiva.unifaj.edu.br/reiva/article/download/445/238/1075> Acesso em: 24 ago. 2024.

REIS, Nirly Araujo; OLIVEIRA, Angélica Santos dos; SILVA, Erivanildo Lopes da. **Contribuições da Radioatividade para o desenvolvimento das teorias atômicas de Thomson a Rutherford: um debate histórico epistemológico no Ensino de Química**. Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ) UFBA, UESB, UESC e UNEB, 2012. Disponível em <https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/download/7548/5334/21662> . Acesso em 23 de set. 2024.

RIZZATTI, Ivanise Maria; MENDONÇA, Andréa Pereira, MATTOS, F., RÔÇAS, Gisele., SILVA, Marcos André B Vaz da, CAVALCANTI, Ricardo Jorge de S., OLIVEIRA, Rosemary Rodrigues de. (2020). **Os produtos e processos educacionais dos programas de pós-graduação profissionais: proposições de um grupo de colaboradores**. ACTIO, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 1-17, mai/ago.2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/12657> . Acesso em: 15 de mai. 2024.

ROEHRIG, Silmara; CAMARGO, Sergio. **Educação com abordagem CTS em documentos curriculares regionais: o caso das diretrizes curriculares de física do estado do Paraná**. Ciência & Educação, Bauru, v. 20, n. 4, p. 871-887, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731>. Acesso em 17 fev. 2025.

RUFINO J.; VENTURA. D.; NUNES C. E.; MENDES N. **Utilização Da Irradiação No Tratamento De Alimentos**. Escola Superior Agrária de Coimbra, jan., 2010.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. **Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 13, n. 3, pp. 333-352, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336559638_ALMEJANDO_A_ALFABETIZACAO_CIENTIFICA_NO_ENSINO_FUNDAMENTAL_A_PROPOSICAO_E_A_PROCURA_DE_INDICADORES_DO_PROCESSO Aiming at scientific literacy in elementary school a proposal and the search for indicators. Acesso em: 1 dez. 2024.

SASSERON, Lúcia. Helena; CARVALHO, Ana. Maria. Pessoa de. **Alfabetização científica: uma revisão baseada em dados da pesquisa**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 13, n. 2, p. 333-352, 2008. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/download/246/172/482>. Acesso em: 10 ago. 2025.

SHAHIRIN, Shahida; MACDONALD, Digby D.; ENGELHARDT, George R.; KHAN, Ruhul A. **A brief review on the food irradiation process: radiolysis of water by irradiation**. Modern Concepts in Material Science, v. 3, n. 5, p. 1–8, 2021. DOI: 10.33552/MCMS.2021.03.000574. Disponível em: <https://irispublishers.com/mcms/pdf/MCMS.MS.ID.000574.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2025.

SHARMA, Pallavi; SHARMA, Sajeev Rattan; MITTAL, Tarsem Chand. **Effects and application of ionizing radiation on fruits and vegetables: a review**. Journal of Agricultural Engineering, v. 57,

n. 2, p. 98-109, Apr./June 2020. DOI: <https://doi.org/10.52151/jae2018551.1708>. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/The-Radura-symbol-as-required-by-U-a-food-has-been-treated-wi-The-Radura-symbol-as_fig1_343106746. Acesso em 11 ago. 2025.

SILVA, Flávia Cristiane Vieira da; CAMPOS, Angela Fernandes; ALMEIDA, Maria Angela Vasconcelos. **Ensino e aprendizagem de radioatividade: análise de artigos em periódicos nacionais e internacionais**. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI) Salvador, BA, Brasil, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/download/7328/5109/21312> . Acesso em: 4 ago. 2024.

SILVA, Keila Crystyna Brito; SOUZA, Ana Cláudia Ribeiro de. (2018). **MEPE: metodologia para elaboração de produto educacional**. Manaus: IFAM, Campus Manaus Centro. Disponível em <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/355>. Acesso em 20 mai. 2024.

SILVA, Virginia Roters da; LORENZETTI, Leonir. **A alfabetização científica nos anos iniciais: os indicadores evidenciados por meio de uma sequência didática**. Educação e Pesquisa, v. 46, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/swHL9FCwBrVv8nsVJq76zRH/?format=pdf&lang=pt> Acesso em 11 fev. 2025.

SOUZA, Jefferson; MAIA, Aline. **O uso do Diário de Bordo como Suporte ao Ensino Aprendizagem na Educação em Ciências: refletindo sobre o lugar e seus problemas socioambientais**. Revista Ciências e Ideias, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), volume 11, N.2, p 68-79, fevereiro de 2020. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/reci/article/view/1110>. Acesso em: 30 de abr. 2024.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. 16. ed. São Paulo, SP: Cortez, 2008.

TRIVIÑOS, Augusto. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. 1ª ed. 23. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2015.

ZABALA, Antoni. ARNAU, Laia. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre : Penso, 2014. E-PUB. Editado como livro impresso 2010.

ANEXO 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE DO ESTADO
DO PARÁ - CAMPUS VIII -
MARABÁ - UEPa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ENSINO DE CIÊNCIAS SOBRE RADIAÇÃO DE ALIMENTOS: PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTEXTO AMAZÔNICO.

Pesquisador: MARIELE DA SILVA GOMES

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 80633224.4.0000.8607

Instituição Proponente: Universidade do Estado do Pará - Campus VIII

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.026.221

Apresentação do Projeto:

O ensino sobre Radiação de Alimentos enfrenta diversos desafios, incluindo o receio e a aversão dos alunos. Portanto essencial que a temática radiação e suas relações sejam trabalhadas por meio de atividades que promovam uma aprendizagem significativa. A estratégia da Sequência Didática (SD) com abordagem interdisciplinar visa organizar e conectar atividades que compõem unidades didáticas. Essas unidades são elaboradas com base em habilidades e metodologia, incluindo recursos para avaliações, isso proporciona contextualização significativa e eficácia na aprendizagem. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é integrar práticas de alfabetização científica sobre o tema “o uso da radiação ionizante como técnica de conservação de alimentos processados que são vendidos na região da Amazônia”. Para isso, será utilizado uma SD como um recurso metodológico, com atividades teórico-práticas em aulas das Ciências da Natureza e suas Tecnologias do novo ensino médio. Trata-se de uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada. A pesquisa ocorrerá em uma escola estadual da rede pública, situada no município de Manaus, estado do Amazonas. O Colégio Amazonense Dom Pedro II. Os participantes da pesquisa são alunos do 1º ano do ensino médio, com idades entre 15 e 16 anos, regularmente matriculados, com rendimento acima da média. Haverá seleção e participação de 45 alunos para coleta e análise de suas narrativas sobre a aplicação da estratégia de ensino. Essa amostra foi considerada por ser relevante para o que se pretende investigar e aplicar diante da temática, correspondendo a 30% em relação ao

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Avenida Hiléia, s/nº 2, Agrópolis do Incra bloco 4 terreo
Bairro: AMAPA **CEP:** 68.502-100
UF: PA **Município:** MARABA
Telefone: (94)3198-1886

E-mail: cepmaraba@uepa.br

ANEXO 2- PARECER DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO



AMAZONAS
GOVERNO DO ESTADO

Colégio Amazonense Dom Pedro II
Ato de Criação Regulamento Nº 18 de 14/03/1869
Coordenadoria Distrital de Educação 01.



DECLARAÇÃO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO

Declaramos em nome do Colégio Amazonense Dom Pedro II, ter conhecimento do projeto de pesquisa intitulado "ENSINO DE CIÊNCIAS SOBRE RADIAÇÃO DE ALIMENTOS: PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTEXTO AMAZÔNICO", sob a responsabilidade do Prof. Dr. José Fernando Pereira Leal, sua orientanda Mariele da Silva Gomes, número de matrícula 20241000947, ambos vinculados ao Mestrado Profissional em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará (UEPA), dando-lhes consentimento para realizar as atividades do referido projeto, nesta instituição de Ensino, durante o período pré-estabelecido no cronograma do projeto.

Estou ciente e concordo com a publicação dos resultados encontrados.

Manaus, 11 de junho de 2024.

Adriana de Lima Brasil

ADRIANA DE LIMA BRASIL
DIRETOR (A)
PORT. GS 827/20
COLÉGIO AMAZONENSE DOM PEDRO II

Adriana de Lima Brasil
Gestora Escolar
Port. GS 827/2020
Colégio Amazonense Dom Pedro II

Alexandra Maria Pessoa

ALEXSANDRA MARIA PESSOA
SECRETÁRIA
PORT. GSE 111/21
COLÉGIO AMAZONENSE DOM PEDRO II

Alexandra Maria Pessoa
SECRETÁRIA
Port. GSE 111/21
Colégio A. Dom Pedro II

www.seduc.am.gov.br
instagram.com/seducamazonas/
facebook.com/seduc.amazonas/
Avenida Waldomiro Lustoza, 250, Japlim II
Manaus-AM - CEP 69076-830

Secretaria de
Educação e
Desporto
Escolar

APÊNDICE A: TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO-TALE



Para crianças e adolescentes (maiores que 6 anos e menores de 18 anos) e para legalmente incapaz.

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “ENSINO DE CIÊNCIAS SOBRE RADIAÇÃO DE ALIMENTOS: PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTEXTO AMAZÔNICO”, que está sendo desenvolvida por Mariele da Silva Gomes, telefone (92) 99150-5184, Av. Coronel Teixeira nº 5803, bairro Ponta Negra, Manaus, Amazonas, Brasil, E-mail: mariele.ds.gomes@aluno.uepa.br, do Curso de Mestrado Profissional em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA), da Universidade do Estado do Pará, sob a orientação do Prof. José Fernando Pereira Leal, telefone (91) 99260-2275, Rua Pedro Porpino da Silva, nº 1181, bairro São José, Castanhal, Pará, Brasil E-mail: jfpleal@uepa.br.

Qual o objetivo da pesquisa?

O objetivo desse projeto é colaborar para o ensino de ciências visando o senso crítico, reflexivo e próximo da realidade, sobre método de conservação de alimentos industrializados por radiação com comercialização na região Amazônica. E a elaboração de um Produto Educacional (PE), que surgirá desta pesquisa como sugestão para professores, sendo um Guia de atividades didático-metodológicas para trabalhar a temática com outros estudantes.

Com quem e onde a pesquisa será realizada?

A pesquisa será realizada com estudantes do 1º ano do ensino médio do Colégio Amazonense Dom Pedro II, localizado na cidade de Manaus/AM.

De que forma a pesquisa será realizada?

Acontecerá no formato de sequência didática, envolvendo os campos de conhecimento das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, História e Língua Portuguesa, alinhadas a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), nos eixos VIDA E EVOLUÇÃO. A execução da Sequência Didática (SD) ocorrerá durante a aula da disciplina de física ministrada pela professora/pesquisadora da turma, totalizando 8 encontros. Os encontros da SD serão os seguintes:

1º ENCONTRO-ACOLHIDA: Apresentação do projeto, tema e objetivos. Solicitação de autorização.

2º ENCONTRO - Palestra com Radiologista: Discussão sobre radiação e sua aplicação segura;

3º ENCONTRO -PALESTRA COM PALESTRANTE E EXPOSIÇÃO DE ALIMENTOS: ÀS TECNOLOGIAS NA RADIAÇÃO DE ALIMENTOS EM CONTEXTO AMAZÔNICO: SOLUÇÃO O PROBLEMA? Análise dos benefícios e riscos da radiação em alimentos.

4º ENCONTRO: CONSTRUÇÃO DO VARAL FOTOGRÁFICO: objetiva ilustrar as diferenças entre alimentos que são beneficiados e aqueles que não são beneficiados pelo uso das tecnologias de radiação;

5º ENCONTRO- PRODUÇÃO TEXTUAL: os alunos, já em grupos farão leitura e análise de material escrito contendo informações sobre a Radiação de Alimentos em contexto amazônico;

6º ENCONTRO - ELABORAÇÃO DE MAPA MENTAL: o objetivo é vocês construam e apresentem um mapa informativo sobre o uso das tecnologias na radiação de alimentos em contexto amazônico;

7º ENCONTRO - EXPOSIÇÃO DOS PRODUTOS PRODUZIDOS DURANTE TODA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: o intuito é que vocês realizem uma exposição sobre os trabalhos desenvolvidos ao longo da sequência didática; e,

8º ENCONTRO - RODA DE CONVERSA E APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO FINAL AVALIATIVO: neste encontro vamos conversar e avaliar nossos encontros.

O que será usado para desenvolver a pesquisa?

A coleta de dados será realizada por meio de observação da professora, registro em diário de bordo, questionários, e caso haja necessidade será feito registro de imagens e gravações por meio de áudio e vídeo.

Quais os riscos da pesquisa?

Quanto ao risco da perda de sigilo, cabe ressaltar, que apenas o pesquisador terá acesso aos vídeos gravados com a intenção de transcrever os momentos de intervenção da pesquisa, somente as transcrições que serão analisadas. Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. O pesquisador buscará meios para diminuir os riscos dos participantes se sentirem desconfortáveis durante sua participação, enfatizando que vocês têm liberdade para se expressarem. Cabe ressaltar, que apenas os pesquisadores terão acesso aos vídeos gravados e as imagens com a intenção de utilizá-los como instrumentos de coleta de dados da pesquisa. Portanto, este será contornado com a manutenção das identidades dos participantes preservadas

com total confidencialidade por parte do pesquisador.

Quais os benefícios da pesquisa?

Contribuir com o processo de ensino-aprendizagem das Ciências da Natureza e suas Tecnologias no contexto amazônico, por meio do uso de metodologias ativas, através de sequência didática com abordagem interdisciplinar objetivando promover o pensamento crítico-reflexivo e o protagonismo dos alunos no processo de construção do conhecimento.

Como será a divulgação da pesquisa?

Quando a pesquisa terminar, seus resultados serão divulgados sem identificar seu nome, pois será mantido em sigilo absoluto. Também nos comprometemos com a guarda, cuidado e utilização das informações apenas para cumprimento dos objetivos previstos nesta pesquisa aqui referida. Qualquer outra pesquisa, em que necessitemos coletar informações, será submetida para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa. Os dados coletados durante a pesquisa documental serão mantidos em sigilo e armazenados de forma segura e confidencial sem apresentar riscos, pois não haverá ligação direta entre os dados coletados dos alunos com seu nome, por um período de cinco anos em arquivo pessoal e em meio físico na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA/UEPA). Após este período, os dados serão destruídos. Ao publicar os resultados da pesquisa, manteremos o anonimato das pessoas cujos dados foram pesquisados, bem como o anonimato do Colégio Amazonense Dom Pedro II.

Posso deixar de participar da pesquisa?

Sim. Se você não quiser mais participar da pesquisa, você tem todo o direito, pode se recusar e sair a qualquer momento que nada vai acontecer e ninguém vai ficar chateado com você.

É preciso pagar para participar da pesquisa?

Não. Seus pais não precisam pagar nada para que você participe desta pesquisa. E você também não receberá nada para participar.

Se houver dúvida, como faço?

Se você tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar. Escrevemos os telefones na parte de cima deste texto.

Eu _____ aceito participar da pesquisa “ENSINO DE CIÊNCIAS SOBRE RADIAÇÃO DE ALIMENTOS: PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTEXTO AMAZÔNICO”. fui informado (a) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar. O pesquisador certificou-me que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais. Também sei que caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dúvidas poderei contatar com a pesquisadora Mariele da Silva Gomes no telefone ou e-mail citados no início deste documento, ou o Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos, localizado nas dependências do bloco IV, no térreo, da Universidade do Estado do Pará, Campus Marabá - Avenida Hiléia, s/nº – Agrópolis do Incra – Bairro Amapá, por meio do Fone (94) 3198- 1886 ou por e-mail: cepmaraba@uepa.br.

Manaus (AM), X de agosto de 202X.

Assinatura do menor de idade

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE B1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO- TCLE

Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para responsável legal por menor de 18 anos

(De acordo com a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012- adultos ou pais ou responsáveis (maiores de 18 anos) de participantes menores de 18 anos)

Estamos solicitando a você a autorização para que o menor pelo qual você é responsável participe da pesquisa intitulada “ENSINO DE CIÊNCIAS SOBRE RADIAÇÃO DE ALIMENTOS: PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTEXTO AMAZÔNICO”. O início da pesquisa ocorrerá após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus VIII - Marabá, que garante a segurança e os direitos dos participantes.

A pesquisa será conduzida pela professora e pesquisadora Mariele da Silva Gomes, aluna do Mestrado Profissional em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA) da Universidade do Estado do Pará. As atividades ocorrerão no Colégio Amazonense Dom Pedro II e envolverão aulas teóricas e práticas nas disciplinas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, contribuindo para o aprendizado dos alunos.

O objetivo deste projeto é colaborar para o ensino de ciências visando o senso crítico, reflexivo e próximo da realidade, sobre método de conservação de alimentos industrializados por radiação com comercialização na região Amazônica. E a elaboração de um Produto Educacional (PE), que surgirá desta pesquisa como sugestão para professores, sendo um Guia de atividades didático-metodológicas para trabalhar a temática com outros estudantes.

Gostaríamos de contar com a sua colaboração, autorizando a participação do menor sob sua responsabilidade em um projeto de intervenção, que será conduzido por meio de uma sequência didática. Este projeto integrará os campos de conhecimento das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, História e Língua Portuguesa, em conformidade com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com foco nos eixos 'Vida e Evolução'. A implementação da Sequência Didática (SD) ocorrerá durante as aulas de Física, ministradas pela professora e pesquisadora da turma, totalizando 8 encontros. A programação dos encontros da SD será a seguinte:

1º ENCONTRO-ACOLHIDA: Apresentação do projeto, tema e objetivos. Solicitação de autorização.

2º ENCONTRO - Palestra com Radiologista: Discussão sobre radiação e sua aplicação segura;

3º ENCONTRO -PALESTRA COM PALESTRANTE E EXPOSIÇÃO DE ALIMENTOS: ÀS TECNOLOGIAS NA RADIAÇÃO DE ALIMENTOS EM CONTEXTO AMAZÔNICO: SOLUÇÃO O PROBLEMA? Análise dos benefícios e riscos da radiação em alimentos.

4º ENCONTRO: CONSTRUÇÃO DO VARAL FOTOGRÁFICO: objetiva ilustrar as diferenças entre alimentos que são beneficiados e aqueles que não são beneficiados pelo uso das tecnologias de radiação;

5º ENCONTRO- PRODUÇÃO TEXTUAL: os alunos, já em grupos farão leitura e análise de material escrito contendo informações sobre a Radiação de Alimentos em contexto amazônico;

6º ENCONTRO - ELABORAÇÃO DE MAPA MENTAL: o objetivo é vocês construam e apresentem um mapa informativo sobre o uso das tecnologias na radiação de alimentos em contexto amazônico;

7º ENCONTRO - EXPOSIÇÃO DOS PRODUTOS PRODUZIDOS DURANTE TODA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: o intuito é que vocês realizem uma exposição sobre os trabalhos desenvolvidos ao longo da sequência didática; e,

8º ENCONTRO - RODA DE CONVERSA E APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO FINAL AVALIATIVO: neste encontro vamos conversar e avaliar nossos encontros.

A pesquisadora pode pedir sua permissão para apresentar os resultados deste estudo em eventos de educação e para publicá-los em revistas científicas, tanto no Brasil quanto no exterior. Caso os resultados sejam publicados, garantimos que seu nome será mantido em sigilo absoluto. Durante a pesquisa, faremos o possível para garantir que você se sinta confortável. Você terá liberdade para expressar suas ideias e opiniões nas atividades propostas. Somente os pesquisadores terão acesso aos vídeos e imagens gravados, que serão usados como parte da coleta de dados. A identidade dos participantes será mantida em total confidencialidade. Você terá todas as informações necessárias sobre a pesquisa e poderá esclarecer qualquer dúvida que tiver. Seu consentimento será solicitado por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Sua participação é completamente voluntária e não envolve compensação financeira. Você pode recusar a participação, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento, sem qualquer custo ou prejuízo para você.

O(s) pesquisador(es) irá(ão) tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Seu nome ou o material que indique a sua

participação não será liberado sem a sua permissão. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada no Curso de Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do estado do Pará, e outra será fornecida a você. Também nos comprometemos com a guarda, cuidado e utilização das informações apenas para cumprimento dos objetivos previstos nesta pesquisa aqui referida. Qualquer outra pesquisa, em que necessitemos coletar informações, será submetida para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa. Os dados coletados durante a pesquisa documental serão mantidos em sigilo e armazenados de forma segura e confidencial sem apresentar riscos, pois não haverá ligação direta entre os dados coletados dos alunos com seu nome, por um período de cinco anos em arquivo pessoal e em meio físico na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA/UEPA). Após este período, os dados serão destruídos. Ao publicar os resultados da pesquisa, manteremos o anonimato das pessoas cujos dados foram pesquisados, bem como o anonimato do Colégio Amazonense Dom Pedro II.

Eu, _____ fui informada (o) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar. O pesquisador certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais. Em caso de dúvidas poderei chamar os pesquisadores responsáveis José Fernando Pereira Leal (orientador do mestrando/pesquisador) no telefone (91) 99260-2275, Rua Pedro Porpino da Silva, nº 1181, bairro São José, Castanhal, Pará, Brasil, E-mail: jfpleal@uepa.br e Mariele da Silva Gomes no telefone (92) 9150-5184, Av. Coronel Teixeira nº 5803, bairro Ponta Negra, Manaus, Amazonas, Brasil, E-mail: mariele.ds.gomes@aluno.uepa.br ou o Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos, localizado nas dependências do bloco IV, no térreo da Universidade do Estado do Pará, campus VIII, Av. Hiléia s/n. Agrópolis do INCRA, Bairro Amapá – Marabá – Pará. Telefone: (94) 3198-1886. E-mail: cepmaraba@uepa.br.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Assinatura do Participante

Data: ____/____/____

Assinatura do Pesquisador ¹

Assinatura do Pesquisador ²

APÊNDICE B2: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO- TCLE

Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) participante legalmente capaz - maior de 18 anos (De acordo com a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012)

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada “ENSINO DE CIÊNCIAS SOBRE RADIAÇÃO DE ALIMENTOS: PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTEXTO AMAZÔNICO”. O início da pesquisa ocorrerá após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus VIII - Marabá, que garante a segurança e os direitos dos participantes.

A pesquisa será conduzida pela professora e pesquisadora Mariele da Silva Gomes, aluna do Mestrado Profissional em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA) da Universidade do Estado do Pará. As atividades ocorrerão no Colégio Amazonense Dom Pedro II e envolverão aulas teóricas e práticas nas disciplinas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, contribuindo para o aprendizado dos alunos.

O objetivo deste projeto é colaborar para o ensino de ciências visando o senso crítico, reflexivo e próximo da realidade, sobre método de conservação de alimentos industrializados por radiação com comercialização na região Amazônica. E a elaboração de um Produto Educacional (PE), que surgirá desta pesquisa como sugestão para professores, sendo um Guia de atividades didático-metodológicas para trabalhar a temática com outros estudantes.

Agradeceríamos se você colaborasse em participar de um projeto de intervenção que será desenvolvido na forma de uma sequência didática. Este projeto integrará os campos de conhecimento das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, História e Língua Portuguesa, em conformidade com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com foco nos eixos 'Vida e Evolução'. A implementação da Sequência Didática (SD) ocorrerá durante as aulas de Física, ministradas pela professora e pesquisadora da turma, totalizando 8 encontros. A programação dos encontros da SD será a seguinte:

1º ENCONTRO-ACOLHIDA: Apresentação do projeto, tema e objetivos. Solicitação de autorização.

2º ENCONTRO - Palestra com Radiologista: Discussão sobre radiação e sua aplicação segura;

3º ENCONTRO -PALESTRA COM PALESTRANTE E EXPOSIÇÃO DE ALIMENTOS: ÀS TECNOLOGIAS NA RADIAÇÃO DE ALIMENTOS EM CONTEXTO AMAZÔNICO: SOLUÇÃO O PROBLEMA? Análise dos benefícios e riscos da radiação em alimentos.

4º ENCONTRO: CONSTRUÇÃO DO VARAL FOTOGRÁFICO: objetiva ilustrar as diferenças entre alimentos que são beneficiados e aqueles que não são beneficiados pelo uso das tecnologias de radiação;

5º ENCONTRO- PRODUÇÃO TEXTUAL: os alunos, já em grupos farão leitura e análise de material escrito contendo informações sobre a Radiação de Alimentos em contexto amazônico;

6º ENCONTRO - ELABORAÇÃO DE MAPA MENTAL: o objetivo é vocês construam e apresentem um mapa informativo sobre o uso das tecnologias na radiação de alimentos em contexto amazônico;

7º ENCONTRO - EXPOSIÇÃO DOS PRODUTOS PRODUZIDOS DURANTE TODA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: o intuito é que vocês realizem uma exposição sobre os trabalhos desenvolvidos ao longo da sequência didática;

8º ENCONTRO - RODA DE CONVERSA E APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO FINAL AVALIATIVO: neste encontro vamos conversar e avaliar nossos encontros.

A pesquisadora pode pedir sua permissão para apresentar os resultados deste estudo em eventos de educação e para publicá-los em revistas científicas, tanto no Brasil quanto no exterior. Caso os resultados sejam publicados, garantimos que seu nome será mantido em sigilo absoluto. Durante a pesquisa, faremos o possível para garantir que você se sinta confortável. Você terá liberdade para expressar suas ideias e opiniões nas atividades propostas. Somente os pesquisadores terão acesso aos vídeos e imagens gravados, que serão usados como parte da coleta de dados. A identidade dos participantes será mantida em total confidencialidade. Você terá todas as informações necessárias sobre a pesquisa e poderá esclarecer qualquer dúvida que tiver. Seu consentimento será solicitado por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Sua participação é completamente voluntária e não envolve compensação financeira. Você pode recusar a participação, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento, sem qualquer custo ou prejuízo para você.

O(s) pesquisador(es) irá(ão) tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada no Curso de Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do estado do Pará, e outra será fornecida

a você. Também nos comprometemos com a guarda, cuidado e utilização das informações apenas para cumprimento dos objetivos previstos nesta pesquisa aqui referida. Qualquer outra pesquisa, em que necessitemos coletar informações, será submetida para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa. Os dados coletados durante a pesquisa documental serão mantidos em sigilo e armazenados de forma segura e confidencial sem apresentar riscos, pois não haverá ligação direta entre os dados coletados dos alunos com seu nome, por um período de cinco anos em arquivo pessoal e em meio físico na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA/UEPA). Após este período, os dados serão destruídos. Ao publicar os resultados da pesquisa, manteremos o anonimato das pessoas cujos dados foram pesquisados, bem como o anonimato do Colégio Amazonense Dom Pedro II.

Eu, _____ fui informada (o) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar. O pesquisador certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais. Em caso de dúvidas poderei chamar os pesquisadores responsáveis José Fernando Pereira Leal (orientador do mestrando/pesquisador) no telefone (91) 99260-2275, Rua Pedro Porpino da Silva, nº 1181, bairro São José, Castanhal, Pará, Brasil, E-mail: jfpleal@uepa.br e Mariele da Silva Gomes no telefone (92) 9150-5184, Av. Coronel Teixeira nº 5803, bairro Ponta Negra, Manaus, Amazonas, Brasil, E-mail: mariele.ds.gomes@aluno.uepa.br ou o Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos, localizado nas dependências do bloco IV, no térreo da Universidade do Estado do Pará, campus VIII, Av. Hiléia s/n. Agrópolis do INCRA, Bairro Amapá – Marabá – Pará. Telefone: (94) 3198-1886. E-mail: cepmaraba@uepa.br.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Assinatura do Participante

Data: ____/____/____

Assinatura do Pesquisador ¹

Assinatura do Pesquisador ²

APÊNDICE C: TERMO DE CONSENTIMENTO PARA USO DE IMAGEM E SOM E VOZ (TCUISV)

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM, VOZ E SOM (TCUISV)

Título da pesquisa: “ENSINO DE CIÊNCIAS SOBRE RADIAÇÃO DE ALIMENTOS: PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTEXTO AMAZÔNICO”.

Pesquisadores Responsáveis: José Fernando Pereira Leal e Mariele da Silva Gomes.

Contato: (91) 99260-2275, E-mail: jfpleal@uepa.br e (92) 99150-5184, E-mail: mariele.ds.gomes@aluno.uepa.br

Local de realização da pesquisa: Colégio Amazonense Dom Pedro II. Eu, _____, portador(a) do CPF _____, AUTORIZO aos Pesquisadores Responsáveis José Fernando Pereira Leal e Mariele da Silva Gomes a utilizar minha imagem e som de voz, em todo e qualquer material de divulgação científica desenvolvido a partir da pesquisa: “ENSINO DE CIÊNCIAS SOBRE RADIAÇÃO DE ALIMENTOS: PRÁTICAS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTEXTO AMAZÔNICO”. A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso da imagem acima mencionada em todo território nacional e no exterior, das seguintes formas: publicação da dissertação; artigos científicos; congressos; e-book e mídia eletrônica entre outros. Por meio desta autorização ora concedida, autorizo José Fernando Pereira Leal e Mariele da Silva Gomes, ainda a realizar nas imagens e sons captados, cortes, reduções e edições. Esta autorização não gera e não gerará no futuro e também não ensejará interpretação de existir quaisquer vínculos ou obrigações trabalhistas, securitárias, previdenciária, indenizatória, ou mesmo empregatícia, entre o cedente e _____.

Também nos comprometemos com a guarda, cuidado e utilização da sua imagem, voz e som, sendo utilizadas apenas para cumprimento dos objetivos previstos nesta pesquisa aqui referida. Qualquer outra pesquisa, em que necessitemos coletar informações, será submetida para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa. Os dados coletados durante a pesquisa documental serão mantidos em sigilo e armazenados de forma segura e confidencial sem apresentar riscos, pois não haverá ligação direta entre os dados coletados dos alunos com seu nome, por um período de cinco anos em arquivo pessoal e em meio físico na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA/UEPA). Após este período, os dados serão destruídos. Ao publicar os resultados da pesquisa, manteremos o anonimato das pessoas cujos dados foram pesquisados, bem como o anonimato do Colégio Amazonense Dom Pedro II.

DECLARO, portanto, que estou de acordo com essas imagens, que não violam os direitos de imagem e de privacidade do cedente, e que tenho ciência que este material constituído por imagens e sons poderão ser usados exclusivamente pelos Pesquisadores José Fernando Pereira Leal e Mariele da Silva Gomes, a fim de divulgar os resultados de sua pesquisa. Este documento será assinado em duas vias de igual teor, ficando uma das vias com o pesquisador responsável e a outra via com o participante da pesquisa.

Manaus (AM), X de agosto de 202X.

Assinatura do Cedente

Prof. Dr. José Fernando Pereira Leal

Mestranda Mariele da Silva Gomes

APÊNDICE D: DETALHAMENTO DA PROPOSTA

1º ENCONTRO	
TEMPO ESTIMADO	2 tempos de aula: 1 hora e 30 minutos
PARTICIPANTES	1º ano do Novo Ensino Médio (NEM)
UNIDADE TEMÁTICA	Natureza da Radiação
COMPONENTES CURRICULARES	Física e História
OBJETO DO CONHECIMENTO	Física: Radiação; Tipos de Radiação e Espectro eletromagnético História: Descoberta da Radioatividade: Informações científicas e avanços tecnológicos
EIXO ESTRUTURANTE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)	Vida e Evolução
COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC	C02. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários; C03. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural. C07. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. EM13CNT103- Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica. EM13CNT104- Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos. EM13CHS103- Elaborar hipóteses, selecionar evidências e compor argumentos relativos a processos políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e epistemológicos, com base na sistematização de dados e informações de natureza qualitativa e quantitativa (como expressões artísticas, textos filosóficos e sociológicos, documentos históricos e gráficos, mapas, tabelas, tradições orais etc.)
COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DO NEM	C02 - Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. C03. Investigar situações-problemas e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais, e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).
OBJETIVOS	-Analisar os conhecimentos prévios dos participantes por meio de um questionário semiestruturado com questões abertas; -Fazer a introdução da temática utilizando vídeo; -Dialogar sobre radiação e suas manifestações na sociedade;

METODOLOGIA	1º Momento - Aplicação do questionário: Realização de uma avaliação diagnóstica para conhecer os aspectos pessoais como idade, sexo e perfil pessoal dos alunos, bem como o conhecimento prévio deles sobre a temática. 2º Momento - Exibição de um vídeo: ²⁰ “Radioatividade e Tipos de Radiação”. 3º Momento: Roda de conversa sobre o vídeo e discussão sobre os conceitos físicos.
MATERIAIS	Questionário impresso, data show, computador, caixinha de som.
2º ENCONTRO	
TEMPO ESTIMADO	3 tempos de aulas: 2 horas e 30 minutos
PARTICIPANTES	1º ano do Novo Ensino Médio (NEM)
UNIDADE TEMÁTICA	Natureza da Radiação
COMPONENTES	Física e História
OBJETO DO CONHECIMENTO	Física: Radiação; Tipos de Radiação e Espectro eletromagnético. História: Descoberta da Radioatividade: Informações científicas e avanços tecnológicos.
EIXO ESTRUTURANTE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)	Vida e Evolução
COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC	C02/ C07/ C03. EM13CNT103/ EM13CNT104/ EM13CHS103
COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DO NEM	C02/ C03.
OBJETIVOS	-Promover o diálogo sobre a radiação de forma contextualizada; -Fomentar a importância do conhecimento e informação para desmistificar o receio sobre a Radiação; -Mostrar através de uma linha do tempo sobre o processo de evolução da radiação;
METODOLOGIA	1º Momento: Palestra com radiologista: Radiação: Vilã ou Mocinha? 2º Momento - Construção de uma Linha do Tempo sobre a história da Radiação: Para criar a linha do tempo, os estudantes receberam orientações após a palestra sobre como construí-la. A professora foi responsável por dar essas instruções. Os estudantes também foram organizados em grupos, e cada grupo recebeu textos impressos contendo informações históricas, descobertas científicas e avanços tecnológicos relacionados à segurança e a utilização responsável dessa energia. Além disso, aproveitamos o material de papelaria pedagógica disponível na escola para a construção física da linha do tempo.
MATERIAIS	Data show, computador, caixinha de som, papel 40kg, imagens impressas, canetas e pincéis coloridos, tinta guache, cola branca, tesoura sem ponta, pincel, régua.
3º ENCONTRO	
TEMPO ESTIMADO	Dois tempos de aula: 1 hora e 30 minutos
PARTICIPANTES	1º ano do Novo Ensino Médio (NEM)
UNIDADE TEMÁTICA	Tecnologia na radiação de alimentos
COMPONENTES CURRICULARES	Biologia, Química e Física
OBJETO DO CONHECIMENTO	Biologia: O que é irradiação de alimentos; Efeitos biológicos nos organismos vivos. Química/Física: Tipo de radiação utilizada; Dosimetria; Classificação de dosagem e efeito físico-químico nos alimentos.

²⁰ Vídeo: “Radioatividade: Tipos de Radiação”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7ciIjM5sC-0>

EIXO ESTRUTURANTE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)	Vida e Evolução
COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC	C02/ C07 C05. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. EM13CNT103/ EM13CNT104 EM13CNT205-Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências. EM13CNT301- Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DO NEM	C02/ C03
OBJETIVOS	-Esclarecer sobre os efeitos da irradiação nos alimentos, especificamente na qualidade, segurança e regulamentação. -Fomentar a importância do conhecimento e informação para desmistificar o receio em consumir os alimentos irradiados; -Observar sobre os impactos causados por essa tecnologia, seja em contexto ambiental, social e econômico. -Investigar os efeitos da irradiação nos alimentos: benefícios e riscos.
METODOLOGIA	1º Momento: Exposição de Alimentos e aula expositiva e dialogada: “Às Tecnologias na Radiação de Alimentos em contexto Amazônico: Solução ou Problema?” 2º Momento - Elaboração de um Varal Fotográfico para ilustrar as diferenças entre alimentos que são beneficiados e aqueles que não são beneficiados pelo uso das tecnologias de radiação: Para a montagem do varal, os estudantes foram organizados em grupos. Cada grupo teve a tarefa de pesquisar conteúdos visuais que serão apresentados no próximo encontro. Eles devem selecionar fotografias de alimentos que ilustram os benefícios da irradiação e alimentos que possam ser adversamente afetados na ausência desse processo.
MATERIAIS	Data show, computador, caixinha de som.
4º ENCONTRO	
TEMPO ESTIMADO	Dois tempos de aula: 1 hora e 30 minutos
PARTICIPANTES	1º ano do Novo Ensino Médio (NEM)
UNIDADE TEMÁTICA	Tecnologia na Radiação de Alimentos
COMPONENTES CURRICULARES	Biologia, Química e Física
OBJETO DO CONHECIMENTO	Biologia: O que é irradiação de alimentos; Efeitos biológicos nos organismos vivos. Química/Física: Tipo de radiação utilizada; Dosimetria; Classificação de dosagem e efeito físico-químico nos alimentos.
EIXO ESTRUTURANTE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)	Vida e Evolução
COMPETÊNCIAS E HABILIDADES GERAIS	C02/ C07 C05. EM13CNT103/ EM13CNT104/ EM13CNT205/ EM13CNT301

DA BNCC	
COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DO NEM	C02/ C03.
OBJETIVOS	-Informar sobre a Irradiação de Alimentos de maneira visualmente atraente; -Investigar os efeitos da radiação nos alimentos: benefícios e riscos; -Fomentar a importância do conhecimento e informação para desmistificar o receio em consumir os alimentos irradiados;
METODOLOGIA	1º Momento: Construção de um Varal Fotográfico para ilustrar as diferenças entre alimentos que são beneficiados e aqueles que não são beneficiados pelo uso da irradiação.
MATERIAL	Imagens impressas, emborrachado (EVA), cartolina, papel 40kg, cola branca e quente, barbante colorido, tesoura sem ponta, pistola de cola quente, prendedores de roupa.
5º ENCONTRO	
TEMPO ESTIMADO	Dois tempos de aula: 1 hora e 30 minutos
PARTICIPANTES	1º ano do Novo Ensino Médio (NEM)
UNIDADE TEMÁTICA	Tecnologia na radiação de alimentos em contexto amazônico
COMPONENTES CURRICULARES	Geografia, Língua Portuguesa
OBJETO DO CONHECIMENTO	Geografia: Discussão das dinâmicas socioespaciais; Potencialização da tecnologia no país, especialmente na Amazônia. Língua Portuguesa: Leitura crítica de textos informativos e científicos; Produção textual com base em argumentação e análise de dados.
EIXO ESTRUTURANTE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)	Vida e Evolução
OBJETIVOS	-Promover o trabalho colaborativo favorecendo a troca de conhecimentos e a construção coletiva do saber. -Analisar textos informativos e científicos sobre a irradiação de alimentos em contextos amazônicos, desenvolvendo habilidades de leitura crítica e interpretação. -Sistematizar informações relevantes a partir da leitura, identificando os principais conceitos, argumentos e dados relacionados às tecnologias de radiação aplicadas a alimentos. -Produzir textos autorais e reflexivos, nos quais os estudantes expressem seu entendimento sobre as tecnologias de radiação utilizadas nos alimentos amazônicos.
COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC	C02/ C07 EM13CNT103/ EM13CNT104 EM13CHS601- Identificar e analisar as demandas e os protagonismos políticos, sociais e culturais dos povos indígenas e das populações afro-descendentes (incluindo as quilombolas) no Brasil contemporâneo, considerando a história das Américas e o contexto de exclusão e inclusão precária desses grupos na ordem social e econômica atual, promovendo ações para a redução das desigualdades étnico-raciais no país. EM13LP05- Analisar, em textos argumentativos, os posicionamentos assumidos, os movimentos argumentativos (sustentação, refutação/contrargumentação e negociação) e os argumentos utilizados para sustentá-los, para avaliar sua força e eficácia, e posicionar-se criticamente diante da questão discutida e/ou dos argumentos utilizados, recorrendo aos mecanismos linguísticos necessários.
COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DO NEM	C02/ C03 C04. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências,

	ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo. C10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.
METODOLOGIA	1º Momento: Organização de grupos de discussão e divisão de materiais para análise; 2º Momento: Leitura dos textos sobre a irradiação de alimentos em contexto amazônico; 3º Momento: Sistematização da leitura para atividade; 4º Momento: Produção textual sobre o entendimento dos estudantes acerca da irradiação nos alimentos amazônicos, destacando os benefícios, impactos sociais, na saúde e no meio ambiente.
MATERIAL	Papel A4, caneta, lápis, borracha, textos impressos.
6º ENCONTRO	
TEMPO ESTIMADO	Três tempos de aula: 2 horas e 30 minutos
PARTICIPANTES	1º ano do Novo Ensino Médio (NEM)
UNIDADE TEMÁTICA	Tecnologia na radiação de alimentos em contexto amazônico
COMPONENTES CURRICULARES	Geografia, Língua Portuguesa
EIXO ESTRUTURANTE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)	Vida e Evolução
OBJETO DO CONHECIMENTO	Geografia: Discussão das dinâmicas socioespaciais; Potencialização da tecnologia no país, especialmente na Amazônia. Língua Portuguesa: Leitura e escrita
COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC	C02/ C07 EM13CNT103/ EM13CNT104 EM13CHS601 EM13LP05
COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DO NEM	C02/ C03/C04/C10.
OBJETIVOS	-Promover o diálogo sobre a irradiação de forma contextualizada; - Propor uma investigação sobre quais alimentos amazônicos passam pelo processo de irradiação; -Realizar a produção de Mapa mental sobre alimentos amazônicos que passam pelo processo de irradiação;
METODOLOGIA	1º Momento: Produção de Mapa Mental. Para a construção do mapa mental, os estudantes prosseguirão a trabalhar em grupo. A fim de contribuir para a produção do conteúdo que integrará esse trabalho, eles fizeram uso de suas produções textuais, conforme descrito na metodologia do quinto encontro, bem como os textos disponibilizados no mesmo encontro.
MATERIAL	Papel 40kg, cartolina, canetinhas hidrocor coloridas, cola (quente, branca e isopor), tesoura sem ponta, folha de isopor, pistola de cola quente, tinta guache; imagem impressa;
7º ENCONTRO	
TEMPO ESTIMADO	Dois tempos de aula: 1 hora e 30 minutos
PARTICIPANTES	1º ano do Novo Ensino Médio (NEM)

UNIDADE TEMÁTICA	Tecnologias na Radiação de Alimentos em Contexto Amazônico.
COMPONENTES CURRICULARES	Geografia, Língua Portuguesa
OBJETO DO CONHECIMENTO	Geografia: Discussão das dinâmicas socioespaciais; Potencialização da tecnologia no país. Língua Portuguesa: Comunicação e produção textual
EIXO ESTRUTURANTE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)	Vida e Evolução
COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC	C02/ C07 EM13CNT103/ EM13CNT104/ EM13CHS601/ EM13LP05.
COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DO NEM	C02/ C03/ C04/ C10.
OBJETIVOS	-Promover o diálogo sobre a irradiação de forma contextualizada; -Promover a reflexão e a síntese das informações adquiridas sobre a irradiação de alimentos.
METODOLOGIA	1º Momento - Exposição e apresentação das atividades produzidas durante toda a proposta. Cada grupo, em sua respectiva rotação, realizará uma exposição sobre os trabalhos desenvolvidos ao longo da proposta. Isso envolve uma boa preparação e exibição de informações relevantes sobre seus projetos. A exposição será apreciada pelas outras equipes, permitindo que elas façam uma análise crítica dos trabalhos apresentados pelos colegas. Após isso, cada equipe fará um relato escrito sobre a apresentação feita por outra equipe. Nesse relato, devem ser destacados o que compreenderam de cada exposição, promovendo a reflexão e a síntese das informações apresentadas. Os estudantes também têm a oportunidade de ler seus próprios textos com base nos relatos escritos. Isso incentiva a revisão e melhoria na comunicação escrita. Por fim, eles devem entregar esses relatos à professora no próximo encontro, permitindo que ela avalie seus entendimentos e forneça considerações construtivas.
MATERIAL	Caderno, caneta, lápis, etc.
8º ENCONTRO	
TEMPO ESTIMADO	2 tempos de aula: 1 hora e 30 minutos
PARTICIPANTES	1º ano do Novo Ensino Médio (NEM)
UNIDADE TEMÁTICA	Tecnologia na radiação de alimentos em contexto Amazônico
COMPONENTES CURRICULARES	Geografia, Língua Portuguesa
OBJETO DO CONHECIMENTO	Geografia: Discussão das dinâmicas socioespaciais; Potencialização da tecnologia no país. Língua Portuguesa: Comunicação
EIXO ESTRUTURANTE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)	Vida e Evolução
COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC	C02/ C07 EM13CNT103/ EM13CNT104/ EM13CHS601/ EM13LP05
COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DO NEM	C02/ C03/ C04/ C10.

OBJETIVOS	-Promover o diálogo sobre a irradiação de forma contextualizada; -Promover a reflexão e a síntese das informações adquiridas sobre a irradiação de alimentos
METODOLOGIA	1º Momento: Roda de conversa. Este será um momento em que os estudantes poderão dialogar sobre seus relatos escritos, que foram construídos na etapa anterior. A pesquisadora também fará suas considerações de forma construtiva a respeito de seus trabalhos. 2º Momento: Aplicação do questionário final avaliativo que servirá para verificar sobre os conhecimentos construídos e observar o processo de ensino-aprendizagem.
MATERIAL	Questionários impressos.

Fonte: Elaboração própria, autores (2025).

APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO DE SONDAGEM

1. O que você entende por radiação?
2. Em sua concepção, qual a importância da radiação para sua vida?
3. Com base no seu conhecimento, o que você entende por irradiação de alimentos?
4. Em sua concepção, a irradiação de alimentos pode beneficiar a região amazônica?
5. Com base nas suas vivências, você já ouviu falar sobre o uso da radiação em algum alimento amazônico?

APÊNDICE F: QUESTIONÁRIO FINAL

1. Baseado nos conhecimentos construídos ao longo do desenvolvimento da proposta metodológica estruturada em uma Sequência Didática, de que forma você acha que a radiação é importante para o seu cotidiano?
2. Diante de tudo que foi visto no processo formativo desta pesquisa, o que você entende por Irradiação de Alimentos e qual sua relevância para a região amazônica?
3. Na sua concepção, como o uso das tecnologias de radiação em alimentos afeta a saúde, as questões sociais e econômicas, em especial da região amazônica?

