

HISTÓRIA DA RADIOATIVIDADE EM SALA DE AULA: AVALIANDO IMPACTOS DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NO EPISÓDIO DAS GAROTAS DO RÁDIO

Iderlândia Souza de Medeiros [iderlandiamedeiros61@gmail.com]

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Naturais e Matemática
Natal – Rio Grande do Norte - Brasil*

Juliana Mesquita Hidalgo [julianahidalgo@fisica.ufrn.br]

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte / Departamento de Física
Natal – Rio Grande do Norte - Brasil*

Resumo

A introdução da História e Filosofia da Ciência no contexto didático possibilita reflexões críticas acerca da ciência enquanto prática social e cultural. Neste trabalho, apresentamos os resultados de uma investigação empírica realizada ao longo da implementação de uma sequência didática centrada em discussões sobre a Natureza da Ciência, gênero e justiça social, contextualizadas a partir do episódio histórico das Garotas do Rádio. A proposta foi aplicada no 9º ano do Ensino Fundamental, tomando como base atividades estruturadas segundo os três momentos pedagógicos, tendo como ponto central a utilização de narrativas histórico-pedagógicas. Aplicamos a metodologia da análise de conteúdo às produções escritas elaboradas pelos participantes na etapa final da intervenção. Os resultados indicam compreensões críticas sobre a ciência como construção histórica, influenciada por interesses econômicos e sociais, assim como reflexões sobre desigualdades de gênero, responsabilidades científicas e direitos laborais. As evidências sugerem que a abordagem favoreceu a consciência sobre as implicações sociais e éticas da ciência, contribuindo para uma perspectiva mais crítica e humanizada do saber científico.

Palavras-Chave: Garotas do Rádio. Natureza da Ciência. História da Radioatividade.

History of Radioactivity in the classroom: assessing the Impacts of a didactic sequence based on the Radium Girls episode

Abstract

The introduction of the History and Philosophy of Science in the educational context can enable critical reflections on science as a social and cultural practice. In this work, we present the results of an empirical investigation carried out through the implementation of a didactic sequence focused on discussions about the Nature of Science, gender, and social justice, contextualized by the historical episode of the Radium Girls. The proposal was implemented in a 9th-grade class of Basic Education, based on activities structured according to the three pedagogical moments, with the central point being the use of historical-pedagogical narratives. We applied content analysis methodology to the written productions prepared by the participants in the final stage of the intervention. The results indicate critical understandings of science as a historical construction influenced by economic and social interests, as well as reflections on gender inequalities, scientific responsibilities, and labor rights. The evidence suggests that the approach fostered awareness of the social and ethical implications of science, contributing to a more critical and humanized perspective of scientific knowledge.

Keywords: Radium Girls. Nature of Science. History of Radioactivity.

Historia de la Radiactividad en el aula: evaluando los Impactos de una secuencia didáctica basada en el episodio de las Chicas del Radio

Resumen

La introducción de la Historia y Filosofía de la Ciencia en el contexto didáctico puede posibilitar reflexiones críticas acerca de la ciencia como práctica social y cultural. En este trabajo, presentamos los resultados de una investigación empírica realizada a lo largo de la aplicación de una secuencia didáctica centrada en discusiones sobre la Naturaleza de la Ciencia, género y justicia social, contextualizadas a partir del episodio histórico de las Chicas de la Radio. La propuesta fue aplicada en el 9º grado de la Educación Básica, tomando como base actividades estructuradas según los tres momentos pedagógicos, teniendo como eje central el uso de narrativas histórico-pedagógicas. Aplicamos la metodología del análisis de contenido a las producciones escritas elaboradas por los participantes en la etapa final de la intervención. Los resultados indican comprensiones críticas sobre la ciencia como construcción histórica, influenciada por intereses económicos y sociales, así como reflexiones sobre desigualdades de género, responsabilidades científicas y derechos laborales. Las evidencias sugieren que el enfoque favoreció la conciencia acerca de las implicaciones sociales y éticas de la ciencia, contribuyendo a una perspectiva más crítica y humanizada del saber científico.

Palabras clave: Chicas del Radio. Naturaleza de la Ciencia. Historia de la Radiactividad.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a inserção da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de ciências tem sido objeto de crescente interesse entre pesquisadores. Esse tipo de abordagem se destaca por promover uma compreensão mais aprofundada do conhecimento científico, situando-o como construção social humana, cultural e histórica. A contextualização histórica, pautada pela apresentação da ciência como um processo (não como um produto pronto e acabado), pode contribuir para o aprendizado de conceitos científicos e para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes (Matthews, 1995; Allchin, 2004; Martins, 2006; Prestes & Caldeira, 2009; Forato et al., 2011; Vital & Guerra, 2017; Rodrigues et al., 2020).

Pesquisas apontam que a discussão de episódios históricos pode potencializar a aprendizagem científica ao promover reflexões sobre a Natureza da Ciência (NdC), por exemplo, relacionadas às relações entre ciência, tecnologia e sociedade e às implicações sociais e éticas das práticas científicas. Exemplos em: Silva e Moura (2008), Forato et al. (2012), Schirmer e Sauerwein (2014) e, Rodrigues et al. (2020). Nesse sentido, a HFC surge como uma estratégia promissora para desafiar visões simplistas e estereotipadas da ciência, apresentando-a como uma atividade humana, coletiva e situada historicamente, como visto em Martins (2007), Prestes e Caldeira (2009), Martins (2015) e, Oliveira et al. (2021).

No contexto brasileiro, dos Parâmetros Curriculares Nacionais à Base Nacional Comum Curricular, a legislação educacional sinaliza a importância de abordagens historicamente contextualizadas e interdisciplinares (Brasil, 1997; 2001 & 2018). Tais documentos apontam a necessidade de se promover situações de aprendizagem desafiadoras, éticas e socialmente situadas, que levem à compreensão da ciência como empreendimento social humano, coletivo e em transformação.

Deve-se notar, contudo, que, apesar das recomendações acadêmicas e legais, a presença da HFC nas salas de aula ainda é tímida. Essa limitação está relacionada, dentre outros fatores, à falta de formação docente específica para a utilização de abordagens histórico-filosóficas, a lacunas em termos da HFC em livros didáticos e à sobrecarga curricular. O ensino costuma ser direcionado para a preparação para exames que não contemplam explicitamente esse tipo de conteúdo. E, por outro lado, é incomum entre os professores a percepção da HFC como estratégia facilitadora para a abordagem de conteúdos presentes nos exames de seleção: Martins (2006), Martins (2007), Forato et al. (2012), Schirmer e Sauerwein (2014), Vital e Guerra (2017) e, Hidalgo (2023).

Dentre os recursos mais frequentemente propostos para ampliar a presença da HFC no ensino estão as narrativas histórico-pedagógicas, isto é, textos baseados em episódios históricos adaptados para o contexto escolar. As narrativas combinam elementos factuais, fundamentados em pesquisas historiográficas, com recursos narrativos que estimulam o interesse e a imaginação dos estudantes. Permitem tratar conteúdos científicos de forma mais envolvente, favorecendo a articulação entre conceitos e contextos históricos (Drummond et al., 2015; Vital & Guerra, 2016; Oliveira et al., 2021). Deve-se ressaltar, contudo, que, observando as publicações em periódicos brasileiros a respeito da inserção didática da HFC, pesquisas do tipo “estado da arte” indicam que “a maioria dos trabalhos não apresenta uma avaliação sobre a utilização desses recursos nas propostas implementadas” (Schirmer & Sauerwein, 2014, p. 61).

Considerando esse cenário, avaliamos a implementação de uma sequência didática de autoria própria, de cunho histórico-filosófico, no 9º ano do Ensino Fundamental. A proposta, centrada no episódio histórico das Garotas do Rádio, contempla a temática da história da radioatividade, tendo como recursos

fundamentais narrativas elaboradas de forma a mobilizar reflexões sobre a NdC, relações de gênero, direitos trabalhistas e responsabilidade social. Partiu-se do princípio de que, ao discutir casos reais, permeados por dilemas e conflitos, cria-se a oportunidade de desenvolver não apenas conhecimentos conceituais, mas também competências críticas e argumentativas dos estudantes.

O presente artigo tem como objetivo apresentar os resultados da pesquisa empírica de cunho qualitativo realizada ao longo da intervenção. Buscamos investigar se, e em que medida, a sequência didática proposta, pode ser utilizada a fim de estimular a reflexão crítica acerca do episódio em questão, contribuindo para uma visão histórica e socialmente contextualizada da ciência. A seguir, descrevemos brevemente o episódio histórico selecionado e a estrutura da sequência didática elaborada, a fim de que possamos discutir os resultados da pesquisa¹.

2. O EPISÓDIO DAS GAROTAS DO RÁDIO

No início do século XX, a descoberta da radioatividade despertava grande entusiasmo. Diversos produtos contendo rádio², tais como chocolates, tônicos, pastas de dente, cosméticos e medicamentos, passaram a ser comercializados. Essa euforia também impulsionou a fabricação de relógios com mostradores luminosos, pintados com tinta radioativa, especialmente a partir da Primeira Guerra Mundial (Leal & Forato, 2021).

Nos Estados Unidos, a *United States Radium Corporation* (USRC) contratou centenas de jovens mulheres para pintar os mostradores desses relógios. Essas operárias, conhecidas como as “Garotas do Rádio”, eram orientadas a apontar os pincéis com a boca para garantir a precisão da pintura. A empresa assegurava que esse procedimento, conhecido como *lip-pointing*, era seguro, embora já existissem indícios de que o rádio poderia ser prejudicial à saúde (Leal, 2023)³.

Com o passar do tempo, muitas dessas jovens trabalhadoras começaram a adoecer gravemente, desenvolvendo necrose na mandíbula, câncer e outras condições debilitantes. Em 1927, cinco operárias processaram a USRC, enfrentando uma batalha judicial marcada por obstáculos legais, preconceito de gênero e prestígio da indústria. Apesar das evidências, a USRC negava a relação entre o trabalho exercido pelas operárias e os seus graves problemas de saúde, chegando a ocultar relatórios produzidos por pesquisadores contratados pela própria empresa, que registravam a necessidade de alterações nas circunstâncias de trabalho. Profissionais contratados pela USRC eram encarregados de examinar as mulheres, e, em um dos casos, chegaram a diagnosticar erroneamente sífilis, em vez de contaminação pela tinta radioativa. A vida pessoal das funcionárias era investigada e exposta publicamente, o que causou a reprovação social de algumas delas, sendo notório o caso de uma mãe solteira. Médicos independentes enfrentavam resistência ao tentar investigar a situação. O acesso à tinta radioativa era dificultado pela USRC. Somente no contexto do julgamento, a partir dos estudos do patologista Harrison Martland (1883–1954) sobre a toxicidade do rádio nos organismos vivos, foi possível demonstrar que pequenas quantidades de rádio acumuladas nos ossos eram letais. Com apoio da Liga Nacional dos Consumidores, as jovens pintoras conseguiram um acordo judicial em 1928 (Leal, 2023). Naquele mesmo ano, Marie Curie (1867-1934), em entrevista concedida sobre o caso a um jornal, manifestou preocupação com o uso indiscriminado do rádio nos Estados Unidos, admitindo que, uma vez absorvido pelo organismo, o material radioativo não poderia ser removido (The Daily Notes, 1928).

O caso das Garotas do Rádio teve ampla repercussão, impulsionando mudanças na legislação trabalhista e nas normas de segurança ocupacional nos Estados Unidos (Leal & Forato, 2021). Do ponto de vista didático, esse episódio se mostra especialmente potente para servir de contexto para discussões sobre a temática NdC, as relações entre ciência e sociedade, os direitos trabalhistas, as questões de gênero e os dilemas éticos. Ele evidencia múltiplas dimensões da prática científica: o caráter provisório do conhecimento, os conflitos entre interesses econômicos e valores éticos, a influência da cultura sobre a ciência e os impactos sociais da atividade científica.

¹ Este trabalho provém como recorte da dissertação de mestrado desenvolvida pela primeira autora, sob orientação da segunda. A dissertação está disponível no repositório eletrônico da UFRN (Medeiros, 2025).

² O rádio é um metal alcalino-terroso descoberto por Marie e Pierre Curie, em 1898, a partir da uraninita. É altamente radioativo, emitindo partículas alfa, beta e radiação gama. Seu isótopo mais conhecido, o rádio-226, tem meia-vida de aproximadamente 1600 anos. Seus sais apresentam luminescência, fenômeno que levou à sua aplicação em mostradores de relógios, instrumentos de aviação e equipamentos militares, embora hoje seu uso seja limitado a aplicações médicas (Xavier et al., 2007).

³ O discurso de Pierre Curie (1859-1906), na conferência de premiação do Nobel, em 1905, indicou que, em certos casos, a ação do rádio poderia ser perigosa, causando queimaduras de difícil cicatrização ao entrar em contato com a pele (Cordeiro & Peduzzi, 2010).

3. CARACTERIZAÇÃO DA INTERVENÇÃO

A sequência didática⁴ implementada buscou integrar aspectos conceituais, históricos, éticos e sociais relacionados ao episódio das Garotas do Rádio, com o objetivo de promover a reflexão crítica e explícita sobre asserções e questões relativas à NdC (Martins, 2015; Peduzzi & Raicik, 2020). Nesse sentido, dentre os objetivos pretendidos, destacam-se: compreender a ciência como construção histórica, social e cultural; reconhecer o caráter provisório do conhecimento científico; analisar os impactos da ciência na sociedade e os dilemas éticos que dela decorrem; e discutir questões relacionadas às desigualdades de gênero. Além disso, buscou-se promover o desenvolvimento da argumentação escrita e oral dos estudantes.

A proposta, estruturada com base nos três momentos pedagógicos (Delizoicov et al., 2002), foi aplicada ao 9º ano do Ensino Fundamental na disciplina de Ciências, o que se justifica pela presença da temática radioatividade em livros didáticos dessa etapa. Envolveu a leitura e a discussão coletiva de quatro narrativas histórico-pedagógicas – figuras 1 a 4 –, de autoria própria, acompanhadas de questões de orientação à leitura apresentadas nesses textos⁵.

Texto 1: Contexto da Radioatividade

Entre o final do século XIX e início do XX, a descoberta dos raios-X e da radioatividade marcou um grande avanço na ciência. Essas descobertas estimularam muitas pesquisas para entender novos fenômenos e explorar suas possíveis aplicações. Enquanto os raios-X permitiam “ver”, por exemplo, aspectos do interior do corpo humano através das radiografias, a radioatividade, também despertava interesse, tanto para aplicações médicas, quanto para a indústria farmacêutica, alimentícia, de cosméticos e de outros produtos.





O casal de cientistas, Marie Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906), se dedicou ao estudo da radioatividade, desempenhando um papel fundamental ao isolar o elemento do rádio. Eles descobriram que o rádio era mais ativo em minerais de urânio do que outros elementos que utilizavam em suas pesquisas.

Figura 1 - Marie Curie e Pierre Curie

As pesquisas de Marie e Pierre Curie foram reconhecidas com prêmios Nobel, em 1903 e em 1911, o que demonstra o impacto da descoberta da radioatividade na época.

Pouco após a descoberta do rádio, a sociedade em geral e a indústria se interessaram pelo novo elemento. Surgiram minas de rádio nos Estados Unidos e diversos produtos com rádio adicionado, o que gerava entusiasmo e atração nas pessoas.

Eram fabricados relógios com mostradores pintados com uma tinta à base de rádio, que brilhavam no escuro graças à radioatividade. A lista de produtos radioativos comercializada no início do século XX incluía supositórios, pasta de dente, compressas radioativas, água radioativa, cigarros, chocolates, preservativos, brilhantina, soda atômica e sabonetes, além de itens de maquiagem. A seguir, vemos algumas imagens desses produtos que continham rádio

Figura 1: Texto 1, contexto da radioatividade. Fonte: as autoras.

⁴ Referimo-nos a sequência didática como um conjunto de atividades de ensino-aprendizagem interligadas sobre um tópico a ser lecionado (Méheut & Psillos, 2004; Psillos et al., 2004).

⁵ As narrativas estão disponíveis em Medeiros (2025).

As narrativas exploram diferentes dimensões do episódio histórico das Garotas do Rádio, servindo de suporte para a introdução de questões relacionadas a NdC, ética e relações de gênero.

O primeiro texto, intitulado “Contexto da Radioatividade”, destaca a descoberta da radioatividade, em fins do século XIX, e seu quase imediato uso na fabricação de produtos comerciais, como cosméticos, alimentos, medicamentos e relógios com ponteiros luminosos. O texto descreve o fascínio popular pelo brilho do rádio e como a novidade foi associada à modernidade e ao progresso, sem que houvesse, inicialmente, considerações sobre possíveis riscos.

Texto 2: “Só você vai ficar de fora? Adquira logo o seu UNDARK!”

UNDARK

Material Luminoso de rádio que brilha no escuro

O poder do rádio ao seu dispor

“Quero o UNDARK nas minhas coisas”



Trinta anos atrás o rádio era desconhecido.

Hoje, graças ao constante trabalho nos laboratórios, o poder do mais incomum dentre os elementos está ao seu dispor. Por meio do UNDARK, o rádio atende você com segurança e precisão.

O UNDARK realmente contém rádio? Com certeza! É o rádio combinado com sulfeto de zinco da maneira adequada, que dá ao UNDARK a habilidade de brilhar no escuro continuamente.

Os fabricantes foram rápidos em reconhecer o valor do UNDARK.

Quando você acorda à noite e vê um relógio que brilha com UNDARK no mostrador, você não precisa ficar procurando fósforos, nem acender a luz para saber que horas são. Quando você precisa de uma lanterna no escuro é

Figura 2: Texto 2, propaganda publicitária. Fonte: as autoras.

O segundo texto, intitulado “Só você vai ficar de fora? Adquira logo o seu UNDARK”, apresenta, em formato publicitário, o entusiasmo em torno da tinta luminosa à base de rádio, utilizada para pintar mostradores de relógio.

O tom apelativo e persuasivo evidencia a estratégia de marketing das empresas, que promoviam o produto como moderno e necessário, sem mencionar quaisquer riscos à saúde em sua manipulação. Essa narrativa foi elaborada integralmente a partir de excertos de propagandas publicitárias reais da época.

O terceiro texto, “Garotas do Rádio”, narra a rotina de trabalho das jovens operárias contratadas pela USRC, com foco nas técnicas de pintura dos relógios, nas condições insalubres e na ausência de proteção contra a radiação. Mostra como as mulheres eram contratadas em larga escala, recebendo salários baixos para aplicar a técnica do “*lip, dip, paint*” — isto é, “lamber, mergulhar, pintar” — sendo instruídas a usarem os lábios para afinar a ponta dos pincéis, o que levava à ingestão da tinta radioativa.

A narrativa retrata o agravamento dos problemas de saúde das trabalhadoras, os sintomas da contaminação por rádio, e a negligência por parte da empresa e das autoridades médicas, muitas vezes contratadas pela própria empresa. O texto aborda, ainda, as estratégias de ocultação de informações provenientes dos pesquisadores sobre a contaminação, diagnósticos falsos e tentativas de desacreditar as denúncias das operárias.

Texto 3: Garotas do Rádio

O episódio histórico das “Garotas do Rádio” ocorreu junto aos avanços na descoberta da radioatividade. Como vimos nos textos anteriores, a atração pela radioatividade levou à produção de diversos produtos, incluindo relógios que brilhavam no escuro, cujas propagandas eram muito atrativas.

Esses relógios foram inicialmente fabricados na Europa, principalmente na Alemanha e Suíça. E, entre 1913 e 1914, passaram a ser fabricados também nos Estados Unidos, com a criação da Radium Luminous Material Corporation, mais tarde conhecida como United States Radium Corporation, a USRC.



Figura 1 – Fachada da fábrica da USRC



Figura 2 – Interior da fábrica da USRC

Nos Estados Unidos, o sucesso foi tão grande que a produção saltou de 8.500 relógios para 2.200.000 em apenas quatro anos. Em 1918, 95% de todo o rádio extraído no país foi usado para fabricar tinta para mostradores de relógios. Em 1919, foram exportados 560.000 relógios, e em 1925, a produção alcançou 5.500 relógios por dia.

Como os homens haviam sido mandados para a 1ª Guerra Mundial, as empresas contratavam jovens mulheres para pintar os ponteiros dos relógios, se beneficiando da exploração dessa mão de obra barata. As jovens viam o trabalho como uma maneira de contribuir para as despesas familiares. Além disso, a ocupação permitia que elas se sentissem parte da sociedade, pois, naquela época, não tinham muitos direitos. Mulheres não votavam e não tinham acesso ao Ensino Superior.

Figura 3: texto 3, episódio histórico. Fonte: as autoras.

O quarto e último texto, intitulado “A busca por Justiça”, focaliza a mobilização das operárias em processo judicial contra a USRC e as consequências do episódio das Garotas do Rádio, incluindo o reconhecimento dos perigos decorrentes do contato inadequado com produtos radioativos.

A narrativa apresenta a luta por reconhecimento das doenças ocupacionais, o impacto do caso na legislação trabalhista e a proibição do uso do rádio em produtos de consumo ao longo dos anos.

Texto 4: A busca por justiça



Em maio de 1927, cinco jovens pintoras de mostradores de relógios, inconformadas com seus diagnósticos e com a piora de sua saúde, decidiram entrar com uma ação judicial contra a USRC. Eram elas: Quinta McDonald, Edna Hussmann, Albina Larice, Katherine Schaub e Grace Fryer.

As jovens enfrentaram uma longa batalha, pois até mesmo foi difícil encontrar advogados dispostos a representá-las contra uma grande empresa do porte da USRC. As “cinco condenadas”, assim chamadas porque os médicos previam que morreriam, obtiveram o apoio de um advogado sem muita experiência, recém-formado. Na época, as discussões sobre as questões trabalhistas nos Estados Unidos estavam apenas começando. A Liga Nacional dos Consumidores, uma entidade então comprometida com essas questões, também apoiou a causa das jovens trabalhadoras.



Figura 1 - As “cinco condenadas”.

Em uma sociedade que até então costumava ver o rádio como benéfico e o utilizava em vários produtos populares e lucrativos, incluindo remédios, cosméticos e gêneros alimentícios, como argumentar que essa substância estava adoecendo as trabalhadoras? Se o rádio era prescrito para tratamento de câncer e tuberculose, com poderia ser tão prejudicial?

Figura 4: Texto 4, a busca por justiça. Fonte: autoria própria.

Intituladas “De olho no texto”, as questões de orientação à leitura, disponibilizadas em cada narrativa, são utilizadas em sala de aula como gatilho para discussões coletivas, permitindo explorar os aspectos previstos nos objetivos da intervenção.

Essa etapa, que constitui o cerne da proposta, é precedida pela utilização de recursos audiovisuais, como a reportagem “Césio 137: 30 anos”⁶, exibida pelo programa televisivo *Fantástico*, da Rede Globo, a fim de sensibilizar os estudantes acerca dos perigos representados pelo contato inadequado com materiais radioativos, bem como evidenciar que esse tipo de problema já ocorreu no Brasil.

Nessa etapa de problematização inicial, questiona-se sobre quando, historicamente, teriam sido notados os efeitos nocivos das substâncias radioativas, abrindo caminho para o momento de organização do conhecimento, no qual o vídeo de divulgação científica “Radium Girls – O caso das Garotas Radioativas”⁷ é utilizado para introduzir o episódio histórico explorado nas narrativas (vide **Quadro 1**).

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VUHLS1WL6FM&t=382s>

⁷ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wkfNkd21KQc>

Quadro 1: Etapas da sequência didática. Fonte: autoria própria.

Momentos	Problemática do conhecimento	Organização do conhecimento	Aplicação do conhecimento
Objetivos	Trazar à tona os conhecimentos prévios dos participantes acerca de materiais radioativos e de eventuais riscos da exposição indevida à radioatividade. Estimular a curiosidade dos alunos sobre quando esses riscos teriam sido percebidos.	Apresentar o episódio das Garotas do Rádio por meio de vídeo e de narrativas textuais. Promover a compreensão de aspectos científicos, históricos, éticos, de gênero e relacionados à NdC.	Interpretar imagens correlacionando-as ao episódio. Realizar reflexão escrita sobre as temáticas abordadas nas etapas anteriores.
Atividades	Introdução dialogada sobre o tema. Apresentação da reportagem "Césio 137: 30 anos". Discussão a partir do vídeo.	Exposição do vídeo: <i>"Radium Girls" – O caso das Garotas Radioativas</i> . Roda de leitura coletiva das narrativas e discussões motivadas pelas questões de orientação à leitura.	Elaboração de produção escrita individual sobre o episódio a partir de imagens, charges e orientações para a retomada de aspectos relacionados ao episódio.

Finalizando a intervenção, no momento de aplicação do conhecimento, os estudantes realizam uma atividade de produção escrita individual. Receberam uma folha contendo imagens e charges relacionadas ao episódio, bem como orientações para elaborar textos com extensão entre 25 a 30 linhas, registrando suas próprias ideias e impressões com base nas discussões (**Figura 5**).

Apêndice V



Escola: _____

Turma: _____ disciplina: _____

Aluno(a): _____

Professor(a): _____

Proposta de Redação:

Agora que você já conhece sobre o episódio "Garotas do Rádio". Construa sua própria narrativa tomando como base as imagens a seguir:



Sua Narrativa deve conter entre 25 e 30 linhas e abordar todos os seguintes elementos:

- Como os produtos radioativos eram vistos pela sociedade.
- O que ocorreu com as mulheres pintoras e como elas trabalhavam.
- Como as mulheres eram vistas pela sociedade da época.
- Possíveis acontecimentos, nesse episódio, relacionados especificamente ao fato de as trabalhadoras serem mulheres.
- A ação judicial.
- Possíveis indícios, nesse episódio, de negligência, direitos trabalhistas negligenciados ou injustiças.
- O desfecho desse episódio em relação às mulheres.
- O desfecho desse episódio em relação aos produtos contendo rádio.

Observações: Não vale copiar trechos das narrativas que você leu.

Use a sua criatividade e as suas próprias palavras para falar sobre o episódio.

Figura 5: Imagem da folha de orientação para a atividade escrita individual. Fonte: autoria própria.

Devem também observar as representações imagéticas, considerando os seguintes aspectos: a percepção da sociedade em relação aos produtos radioativos; o destino das jovens pintoras e suas condições de trabalho; a visão da sociedade sobre as mulheres naquela época; possíveis eventos ligados diretamente ao fato de as trabalhadoras serem mulheres; evidências de negligência, violações de direitos trabalhistas ou injustiças; o desfecho da história das garotas e dos produtos contendo rádio. Esses aspectos remetem aos objetivos centrais da sequência didática, de modo que a atividade é essencial para avaliar a compreensão dos estudantes.

A proposta foi inicialmente aplicada em caráter piloto, para fins de validação do produto educacional, na Escola Estadual Manoel Patrício de Figueirêdo, e posteriormente, para coleta de dados, na Escola Estadual Padre Edmund Kagerer, ambas localizadas na cidade de Caicó, no Rio Grande do Norte, em turmas do 9º ano do Ensino Fundamental, em 2024⁸. O desenvolvimento ocorreu em aula regular, não sendo uma atividade extracurricular. A implementação contou com um total de oito aulas de 50 minutos cada. A pesquisadora, primeira autora do presente artigo, era então a docente responsável pela disciplina de Ciências na escola, conduzindo diretamente todas as etapas da intervenção. A seguir apresentamos a metodologia e os resultados da pesquisa.

4. METODOLOGIA

A investigação realizada foi de natureza empírica e qualitativa. Buscamos identificar possíveis impactos da implementação da sequência didática, considerando os objetivos propostos em termos da compreensão do episódio histórico e das discussões relacionadas à NdC. Para efeitos da pesquisa, foram consideradas as produções escritas dos participantes.

Realizamos, primeiramente, a leitura da produção escrita de cada participante. Essa leitura inicial evidenciou que a análise individual das produções escritas poderia ser conduzida com base em critérios estabelecidos *a priori*, emergentes das orientações expressas aos participantes na folha escrita entregue a eles nessa atividade (**Figura 5**). Desse modo, os critérios utilizados, relativos aos conteúdos abordados, se relacionam aos objetivos da sequência didática, já expressos no presente artigo. A seguir, listamos cada critério acompanhado de um descritivo resumido das expectativas de aspectos a serem abordados pelos participantes:

- Percepção da sociedade sobre os produtos radioativos – compreensão do contexto de aceitação social do uso do rádio, sucesso comercial e desconhecimento de eventuais riscos.
- Condições de trabalho e destino das mulheres – aspectos relacionados a procedimentos na pintura dos mostradores de relógio, a condições de trabalho, adoecimento e morte das pintoras.
- Visão da sociedade sobre as mulheres – questões de gênero evidenciadas pelo episódio, tais como exploração do trabalho feminino, descrédito das pintoras e dificuldades em encontrar apoio jurídico.
- Negligência, violações ou injustiças – omissões dos riscos pela empresa, ocultação de relatórios científicos, fraudes nas avaliações médicas e conflitos de interesse no caso.
- Desfecho da história – desdobramentos do episódio em termos sociais, laborais, científicos etc.

Dessa forma, as produções escritas dos participantes foram analisadas individualmente (seção 5.1) com o intuito de identificar elementos que evidenciassem reflexões contextualizadas pelo episódio sobre aspectos da NdC, das práticas científicas e das relações entre ciência e sociedade. Além disso, foram considerados como critérios de análise a originalidade e a extensão do texto produzido, observando se o participante apresentou ideias próprias, estabeleceu conexões com outros contextos e desenvolveu o tema com nível adequado de aprofundamento. Também verificamos se o texto atingiu a extensão recomendada nas orientações⁹.

⁸ A realização dessa pesquisa foi autorizada pelos devidos responsáveis conforme Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (vide Medeiros, 2025).

⁹ A escolha pela realização de produções escritas se insere em uma ação articulada da escola voltada ao aprimoramento das habilidades de escrita dos estudantes, como parte de um trabalho gradual, iniciado no 7º ano e que se estende até o 9º ano. Essa prática tem como objetivo preparar os alunos para futuras oportunidades estudantis, especialmente considerando o incentivo à participação em processos seletivos para ingresso no Ensino Médio no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Assim, a produção textual realizada na terceira etapa da intervenção também dialoga com estratégias institucionais de valorização da escrita como ferramenta de desenvolvimento educacional e social. Por esse motivo, na análise das produções escritas, também serão observados comentários acerca de eventuais dificuldades argumentativas e linguísticas dos estudantes. Consideramos, inclusive, que eventuais dificuldades nesse sentido impactam na forma como os estudantes articulam, por escrito, os conteúdos trabalhados no episódio.

Além da análise individual da produção escrita de cada participante, realizamos um segundo tipo de análise, sendo esta geral, em eixos temáticos, isto é, em categorias que emergiram da leitura das produções escritas, considerando a metodologia da análise de conteúdo (Bardin, 2004).

Esses eixos não apenas organizam os dados de forma analítica, como também revelam as múltiplas dimensões segundo as quais os participantes interpretaram os aspectos históricos, éticos, científicos e sociais do caso. Os cinco eixos temáticos centrais identificados, que expressam como os participantes significaram o episódio das “Garotas do Rádio” e mobilizaram os conteúdos trabalhados, são:

- Eixo 1 - O conhecimento científico se desenvolve em contextos marcados por interesses econômicos e sociais;
- Eixo 2 - Invisibilização e desigualdade de gênero;
- Eixo 3 - Dimensão ética e responsabilidade científica;
- Eixo 4 - Provisoriedade e transformação do conhecimento científico;
- Eixo 5 - Justiça social e posicionamento crítico.

Esses cinco eixos interpretativos, não excludentes entre si, se entrelaçam e dialogam com os objetivos da sequência didática. Nessa segunda análise (seção 5.2), os achados provenientes das produções escritas foram cotejados com eventuais contribuições orais dos estudantes ao longo da implementação da sequência didática¹⁰.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Participaram da intervenção e realizaram a atividade escrita final quatorze estudantes, identificados nas discussões a seguir como P_n, com n variando de 1 a 14. Desse total, cinco eram meninas (P₁, P₅, P₇, P₁₁ e P₁₂) e nove eram meninos (P₂, P₃, P₄, P₆, P₈, P₉, P₁₀, P₁₃ e P₁₄), com idades entre quatorze e quinze anos¹¹.

5.1. Análise individual das produções escritas

P₁ reconheceu a percepção positiva da sociedade em relação aos produtos radioativos ligados a usos medicinais. A participante mostrou compreensão parcial das condições de trabalho das pintoras, mencionando adoecimentos, mas sem detalhar os procedimentos laborais. Sobre a visão social das mulheres, não explicitou, apenas sugeriu ser negativa pela dificuldade de acesso à justiça. A participante identificou negligência empresarial, mas sem aprofundar o papel dos médicos contratados pela USRC ou da justiça: “A empresa não ligava para o que estava acontecendo com as garotas. Só queria continuar vendendo seus produtos com rádio”. O desfecho do episódio foi parcialmente abordado, limitado ao alerta sobre riscos em 1925. O texto revelou autoria e originalidade, estilo espontâneo, ainda que com erros quanto ao uso das normas cultas. Não atendeu à extensão esperada, apresentando produção curta. Em geral, demonstrou compreensão inicial sobre o episódio, olhar crítico em formação e envolvimento com a temática.

P₂ reconheceu a percepção positiva da sociedade sobre o rádio, associado a benefícios sem que houvesse consciência dos riscos. O participante descreveu de forma clara as condições de trabalho, incluindo o contato direto das pintoras com a tinta radioativa e seus efeitos negativos na saúde. Apontou criticamente a visão da sociedade sobre as mulheres, destacando desigualdade política, educacional e laboral. Evidenciou a negligência da empresa, que continuou a produção mesmo após denúncias e sintomas de adoecimento das funcionárias: “Eles sabiam que o rádio fazia mal, mas não avisaram. Isso foi uma escolha”. O desfecho do episódio foi abordado de forma parcial, sem detalhamento do processo ou das reparações às trabalhadoras. A redação revelou autoria, espontaneidade e estilo próprio, embora com erros relativos ao uso de normas cultas. O texto atendeu à extensão solicitada, apresentando argumentação consistente. No geral, demonstrou boa compreensão do episódio, com criticidade e apropriação das temáticas abordadas.

P₃ destacou a percepção positiva da sociedade sobre os produtos com rádio, vistos como seguros e inovadores. O participante descreveu as condições precárias de trabalho das pintoras, com exposição direta à radiação e falta de higiene e alimentação. Sugeriu a visão social negativa em relação às mulheres, sujeitas a péssimas condições de trabalho, substituindo, nas fábricas, os homens que estavam em guerra. Evidenciou a negligência da empresa de relógios, que obrigava práticas nocivas como afinar pincéis com a boca: “Se

¹⁰ Foram realizados registros de áudio das discussões e interações ao longo da aplicação da sequência didática. As transcrições das falas dos participantes estão disponíveis em Medeiros, 2025.

¹¹ Diferenciamos aqui meninos e meninas, uma vez que consideramos pertinente observar se havia diferença entre esses grupos no tocante à sensibilização e à empatia frente às questões de gênero relacionadas ao episódio.

tivessem avisado antes, talvez muitas garotas estivessem vivas". O desfecho do episódio foi tratado parcialmente, reconhecendo a fatalidade, contudo sem mencionar o processo judicial. A redação revelou simplicidade e erros gramaticais, mas autenticidade em seu desenvolvimento. A extensão do texto foi adequada, atendendo ao esperado. A produção do participante indicou compreensão crítica sobre exploração laboral, riscos da radioatividade e desigualdade de gênero.

P₄ apontou o sucesso comercial dos produtos radioativos, mas não detalhou os benefícios percebidos pela sociedade. O participante mencionou mortes e baixa remuneração das trabalhadoras, sem aprofundar as condições laborais. Sinalizou a exploração feminina no trabalho, mas não discutiu outros aspectos sociais da época. Ainda sobre a condição feminina, contrastou a retirada de produtos do mercado, após a morte do atleta Eben Byers, à inexistência de medidas de precaução em decorrência das mortes das pintoras, ainda que houvesse, em ambos os casos, contaminação por rádio: "Quando o rico morreu, eles ligaram. Mas as garotas eram pobres e mulheres, ninguém dava atenção". Assim, apontou indícios de negligência empresarial, embora não tenha explorado o que teria ocorrido. O desfecho do episódio foi tratado parcialmente, com menção às mortes e à interrupção da produção, sem detalhes sobre reparações. A autoria foi considerada apenas parcial, devido a indícios de apoio em fontes externas. A extensão foi adequada, atendendo ao solicitado. Em geral, o texto de P₄ evidenciou compreensão inicial do episódio, mas careceu de aprofundamento crítico e articulação histórica.

P₅ reconheceu os perigos da radioatividade, mas não destacou o sucesso comercial e os benefícios divulgados nas propagandas. A participante apontou a mudança de conhecimento ao longo do tempo sobre os riscos da radioatividade: "A ciência achava uma coisa no começo, mas depois mudou quando teve mais estudos". Descreveu de forma clara as condições de trabalho, os sintomas das mulheres e os diagnósticos médicos falsos. Sinalizou preconceitos de gênero, como a acusação de sífilis e a desvalorização das denúncias femininas. Apontou a negligência e a má fé da empresa, preocupada apenas com sua reputação e ganhos econômicos. O desfecho do episódio foi tratado de modo parcial, com menção ao acordo forçado e às mortes, sem aprofundar as dificuldades judiciais. A redação foi pessoal, espontânea e autêntica, apesar de erros gramaticais. A extensão foi atendida numericamente, mas poderia ter trazido maior detalhamento. O texto por P₅ produzido revelou criticidade e sensibilidade ao sofrimento das trabalhadoras, embora carecesse de maior aprofundamento histórico e social.

P₆ se referiu à popularidade e ao sucesso comercial dos produtos radioativos, destacando o papel da propaganda. O participante mencionou as condições de trabalho e os adoecimentos, mas apresentou contradição ao tratar do uso do pincel na boca, ora como exigência da empresa, ora como escolha das pintoras. Indicou exploração feminina no mercado de trabalho, com salários menores e necessidade de provar capacidade, mas sem aprofundar outros aspectos sociais. Apontou a negação da empresa sobre os problemas de saúde, embora em parte tenha atribuído responsabilidade às próprias trabalhadoras. O desfecho do episódio foi tratado de forma limitada, com referência apenas às mortes, sem citar processo ou reparações. Referiu-se a questões éticas envolvendo a ciência: "Hoje temos leis por causa dessas garotas. Isso mostra que a ciência tem que pensar nas pessoas". A redação revelou autoria e espontaneidade, ainda que com erros de escrita e dificuldades de articulação. A extensão do texto foi adequada ao solicitado. Em geral, a produção apresentada demonstrou compreensão inicial do episódio, faltando coerência, criticidade e aprofundamento histórico-social em alguns aspectos.

P₇ destacou o entusiasmo social diante dos produtos radioativos, ressaltando o desconhecimento dos riscos. A participante descreveu de forma detalhada as condições precárias de trabalho, os sintomas e as mortes das mulheres. Mencionou a dificuldade das trabalhadoras em obter justiça e apontou o contraste no tratamento dado quando um homem rico adoeceu e morreu. Evidenciou a negligência empresarial, incluindo o uso de falsos médicos, a manipulação de exames e a recusa de indenizações. Relatou o processo judicial, o acordo financeiro e as consequências após a morte do jovem atleta Eben Byers em relação à retirada de produtos radioativos do mercado. Relacionou o episódio a acidentes contemporâneos, ampliando a análise para outros contextos. A redação mostrou autoria, clareza e boa estrutura, com envolvimento pessoal no tema. A extensão foi adequada, atendendo à solicitação. O texto apresentado revelou criticidade e sensibilidade diante das injustiças, com boa articulação entre ciência, sociedade e gênero.

P₈ destacou a percepção positiva da sociedade sobre o rádio, associado à inovação e ao sucesso comercial. O participante mencionou a contaminação das pintoras pelo contato direto com a radiação, mas sem detalhar práticas específicas nem citar mortes. Não abordou a visão social sobre as mulheres, deixando de relacionar o episódio às desigualdades de gênero. Indicou negligência empresarial, mencionando a aceitação de indenização inferior, mas sem tratar dos falsos diagnósticos. O desfecho do episódio foi descrito pelo participante de forma parcial, limitado à proposta de indenização, sem referência às consequências mais graves. A redação foi simples e original, mas apresentou erros de escrita e dificuldade de articulação. O texto

foi curto, não alcançando a extensão solicitada. A produção demonstrou uma compreensão inicial do episódio, mas pouco aprofundada e com lacunas críticas importantes.

P₉ destacou a visão positiva da sociedade sobre os produtos radioativos, associada ao desconhecimento dos riscos. O participante mencionou sintomas das trabalhadoras e sua busca por justiça, mas não detalhou as condições precárias de trabalho. Apontou indiretamente desigualdade de gênero, ao indicar que as mulheres lutaram por direitos não respeitados. Citou a disputa judicial, mas sem explicar as injustiças cometidas pela empresa. Contudo, associou o poder econômico ao controle de informações, destacando a omissão intencional dos problemas. Não mencionou o desfecho do caso, deixando lacunas importantes. A redação foi original, embora com muita dificuldade na articulação das ideias. O texto apresentado pelo participante foi curto e não atingiu a extensão solicitada. Sua produção mostrou compreensão inicial do episódio, mas com baixo nível de aprofundamento e reflexão crítica limitada.

P₁₀ destacou o interesse da sociedade pelos produtos radioativos, ressaltando o brilho dos relógios e o impacto da propaganda. O participante mencionou o contato das pintoras com o rádio, incluindo o hábito de lamber os pincéis e os problemas dentários, sem detalhar mortes. Apontou a desigualdade de gênero como fator agravante na demora por justiça. Indicou a falta de direitos trabalhistas, mas sem contextualização histórica aprofundada. Mencionou a negligência da empresa de forma superficial, sem detalhar as omissões ou responsabilidades. Citou o processo judicial, mas não apresentou o desfecho nem o acordo ou consequências graves. Sua redação foi original e espontânea, embora com dificuldades de articulação das ideias. Apresentou um texto conciso, sem atingir a extensão solicitada. Sua produção demonstrou compreensão inicial do episódio, mas careceu de aprofundamento crítico, social e ético.

P₁₁ indicou que a sociedade acreditava nos benefícios do rádio, mas de forma fragmentada e sem detalhamento. A participante mencionou o adoecimento das pintoras, sem descrever as condições de trabalho ou mencionar mortes. Apontou mudanças na participação feminina no mercado de trabalho durante a guerra e sugeriu desigualdade de gênero no reconhecimento dos riscos do rádio. Referiu-se à percepção de negligência pela sociedade, sem detalhar ações da empresa. Citou a morte de um homem influente como marco para admitir os riscos, sem mencionar processo judicial ou desfecho das trabalhadoras. O texto apresentado pela participante é autoral, embora com dificuldades na organização das ideias. A extensão foi adequada, atendendo ao solicitado. Sua produção demonstrou compreensão parcial do episódio, mas faltaram aprofundamento crítico e contextualização social, histórica e ética.

P₁₂ destacou o entusiasmo inicial da sociedade com os produtos radioativos, reconhecendo benefícios e riscos desconhecidos. A participante descreveu detalhadamente as condições precárias de trabalho, o procedimento de afinar os pincéis com os lábios, o adoecimento e a morte das pintoras. Apontou a exploração feminina no mercado de trabalho, percebendo as mulheres como mão de obra barata, mas não abordou outros aspectos de gênero. Evidenciou a negligência da empresa, incluindo a obrigatoriedade do procedimento e a perseguição às denunciantes. O desfecho do episódio foi parcialmente tratado, mencionando mortes, mas sem referência ao processo judicial ou acordo. Destacou necessidade de regulamentações legais para evitar tragédias semelhantes. A redação apresentada por P₁₂ foi original, com informações pertinentes, embora apresente dificuldades na escrita. O texto possui extensão adequada, atendendo ao solicitado. Em geral, indicou compreensão crítica do episódio e articulou aspectos éticos, sociais e científicos, com sensibilidade e envolvimento com o tema.

P₁₃ destacou a empolgação inicial da sociedade com o rádio, reconhecendo seus supostos benefícios médicos. O participante descreveu detalhadamente as condições precárias de trabalho, incluindo o procedimento de lamber os pincéis e os sintomas que surgiram nas trabalhadoras. Apontou a exploração feminina, ressaltando que as mulheres eram vistas como inferiores, dependentes e relegadas ao espaço doméstico. Evidenciou a negligência da empresa e a manipulação judicial, além da desvalorização das vítimas e diagnósticos falsos. Relatou que o uso comercial do rádio se deu pela falta inicial de conhecimento dos riscos, apontando depois a resistência das empresas em mudar práticas, mesmo diante das evidências. O desfecho do episódio foi tratado criticamente, mostrando que a empresa não foi responsabilizada e as mulheres não tiveram seus direitos plenamente reconhecidos. O participante apresentou redação clara, crítica, bem estruturada e autoral. Seu texto possui extensão adequada, atendendo ao solicitado. Demonstrou análise crítica consistente, articulando ciência, ética e desigualdade de gênero de forma madura e aprofundada.

P₁₄ destacou a percepção positiva da sociedade sobre os produtos radioativos, vistos como milagrosos e ligados ao sucesso comercial. O participante mencionou o adoecimento das pintoras devido ao contato com a tinta radioativa, mas não citou o procedimento de lamber os pincéis nem as mortes. Apontou superficialmente as limitações sociais das mulheres. Contudo, salientou que o preconceito contra as mulheres

contribuiu para a desvalorização das denúncias e para a demora em tomar medidas. Evidenciou negligência da empresa, incluindo falsificação de exames e pressão sobre as pintoras para aceitarem acordos judiciais injustos. Observou que a produção de itens radioativos continuou mesmo após os primeiros sinais de prejuízo à saúde. Apresentou redação original e direta, embora com alguma dificuldade na articulação das ideias. O texto apresentado por P₁₄ é conciso e não atingiu a extensão solicitada. Demonstrou compreensão inicial do episódio e sensibilidade ao tema, mas careceu de aprofundamento crítico e contextualização histórica e ética.

O **Quadro 2** apresenta uma síntese dos resultados das análises das produções escritas individuais dos participantes. No quadro, temos NA, para “não atendido”, PA, para “parcialmente atendido”, e A, para “atendido”.

Os resultados revelam que os participantes foram relativamente capazes de mobilizar diferentes dimensões da NdC, como relações entre ciência e interesses sociais e econômicos, o caráter provisório do conhecimento científico, as implicações éticas das práticas científicas, bem como aspectos relacionados à desigualdade de gênero e questões laborais. Chama a atenção o fato de que nem todos conseguiram, com propriedade, articular de forma crítica e contextualizada elementos históricos, éticos, científicos e sociais envolvidos no episódio das Garotas do Rádio. Resultados parciais, nesse sentido, podem ser notados nas produções. Foram observadas indicações da compreensão de que o conhecimento científico não é neutro nem definitivo, mas sujeito a revisões e influências externas. Emergiram reflexões sobre desigualdade de gênero, interesses econômicos em conflito com a ética, e a importância da comunicação científica acessível e honesta.

Quadro 2: Resultados das análises das produções escritas individuais. Fonte: autoria própria.

Participante	Percepção da sociedade sobre os produtos radioativos	Condições de trabalho e destino das mulheres	Visão da sociedade sobre as mulheres	Negligência, violações ou injustiças	Desfecho da história	Originalidade	Extensão
P ₁	A	PA	PA	PA	PA	A	NA
P ₂	A	A	A	A	PA	A	A
P ₃	A	A	PA	A	PA	A	A
P ₄	PA	PA	PA	PA	PA	A	A
P ₅	PA	A	PA	A	PA	A	A
P ₆	A	PA	PA	PA	PA	A	A
P ₇	A	A	PA	A	A	A	A
P ₈	A	PA	NA	PA	PA	A	NA
P ₉	A	PA	PA	PA	NA	A	NA
P ₁₀	A	PA	PA	PA	PA	A	NA
P ₁₁	PA	PA	PA	PA	PA	A	A
P ₁₂	A	A	PA	A	PA	A	A
P ₁₃	A	A	A	A	PA	A	A
P ₁₄	A	PA	PA	A	PA	A	NA

Os textos produzidos evidenciam, de modo satisfatório, a mobilização de valores e de compreensões sobre a ciência como prática social. Tais resultados sugerem que a abordagem adotada contribuiu para o desenvolvimento de uma visão mais crítica, reflexiva e humanizada da ciência. Não foi notada diferença expressiva entre produções escritas de meninos e de meninas, mesmo no que diz respeito a questões relacionadas à desigualdade de gênero. Sujeitos de ambos os sexos se mostraram relativamente sensibilizados quanto a essa temática.

5.2. Análise em eixos temáticos

Eixo 1: O conhecimento científico se desenvolve em contextos marcados por interesses econômicos e sociais

Este eixo analítico contempla evidências de que os participantes compreenderam a ciência como uma construção humana, que influencia e é influenciada por contextos sociais, históricos e econômicos. Eles foram capazes de perceber que o desenvolvimento do conhecimento científico não ocorre de maneira isolada, mas está profundamente vinculado às circunstâncias da época, tais como o interesse pela radioatividade, a

lucratividade das indústrias de produtos radioativos, as falhas na legislação trabalhista e os valores sociais vigentes, que colocavam as mulheres em condição de inferioridade.

Em sua produção escrita, P_3 registrou que “a radioatividade era vista como uma grande inovação”, reforçando o entendimento da ciência como parte de uma lógica de modernização que cegava a sociedade quanto a possíveis riscos envolvidos. A produção de P_{10} também foi na mesma direção, ao mencionar que “a sociedade via os produtos como avanços tecnológicos”, confirmando a compreensão de que o progresso técnico-científico foi legitimado pela crença pública na inovação. P_1 também demonstrou a compreensão de que a sociedade da época via os produtos radioativos como fascinantes, símbolo de progresso: “A tinta brilhava, era bonito. Diziam que era bom, que era moderno”. Este mesmo participante, ainda acrescentou que “as pessoas achavam que eram seguros e até faziam bem à saúde”.

O participante P_{13} em sua redação, afirmou: “A população não tinha informações sobre os riscos”, o que indica a consciência sobre o papel da desinformação no contexto histórico. A percepção de desconhecimento de eventuais riscos também aparece nas narrativas de P_1 e P_2 que escreveram, respectivamente, “poucos sabiam dos perigos da radioatividade” e “As garotas não sabiam de nada. Só pintavam os ponteiros”. Nota-se, todavia, por esses trechos, que o desconhecimento não era generalizado. Quem seriam os “poucos” que sabiam dos perigos? Afirmar que as “garotas não sabiam de nada”, parece deixar subentendido que alguém sabia. “A população não tinha informações sobre os riscos” parece indicar que as informações existiam, mas não eram acessíveis a esse público. Há, nessas contribuições, uma leitura da relação entre ignorância social e avanço técnico.

Na participação oral de P_2 durante a intervenção, fica claro que, para ele, as indústrias sabiam sim de muita coisa: “As indústrias queriam vender. Não avisaram porque iam perder dinheiro”. Essa fala demonstra que o participante percebeu aspectos das relações entre ciência, economia e interesses comerciais, indicando criticidade ao reconhecer que a omissão dos riscos estava ligada à preservação do lucro empresarial. P_5 , por sua vez, em sua produção escrita, afirmou que “a empresa ignorava os alertas dos perigos da tinta”, o que indica a percepção de que havia conhecimento sobre os riscos, mas que este foi intencionalmente silenciado. A conexão entre a atuação do sistema judiciário e os interesses corporativos reforça a ideia de uma ciência situada em relações de poder. “A Justiça demorou para julgar os casos” - afirmou a participante.

P_7 , em sua redação, escreveu que “as pessoas confiavam na segurança dos produtos”, sinalizando que havia uma crença social generalizada no avanço científico como algo inquestionável. Esse dado se articula com a fala de P_8 , que destacou: “Foi só depois que morreram várias que eles começaram a investigar... antes ninguém falava nada”. Essa fala explicita a percepção da ciência como prática reativa, sujeita a pressões sociais e revisões a partir de evidências trágicas, o que revela uma concepção não linear do desenvolvimento científico.

A análise conjunta das falas e produções escritas revela que diversos participantes foram capazes de perceber a ciência como um empreendimento social, sujeito a interesses políticos e econômicos, e não como uma atividade neutra e objetiva. Essa compreensão reforça a eficácia da proposta implementada em promover reflexões críticas no contexto do ensino de Ciências. Nesse sentido, tais contribuições dialogam diretamente com a percepção crítica de que a ciência é instrumentalizada por interesses de mercado, conforme discutido por Martins (2006), que evidencia como as escolhas tecnológicas não são neutras, mas moldadas por valores sociais e econômicos.

Eixo 2: Invisibilização e desigualdade de gênero

O segundo eixo temático evidencia a capacidade dos participantes de identificar, a partir do caso das Garotas do Rádio, a histórica marginalização das mulheres. Ao analisar as produções escritas, cotejadas com eventuais contribuições orais ao longo das discussões, nota-se que os participantes demonstraram sensibilidade quanto à forma como o gênero influenciou diretamente a maneira como as trabalhadoras foram tratadas pela USRC, pelo sistema de justiça e pela sociedade da época. No decorrer da intervenção, tornou-se evidente a empatia de participantes de ambos os sexos com o sofrimento das operárias e a percepção crítica da desigualdade de gênero.

O participante P_3 , em sua produção escrita, afirmou: “Eles diziam que a gente estava inventando. Que era tudo coisa de mulher fraca. Mas elas tava morrendo”. Esse excerto evidencia a compreensão de que a dor das trabalhadoras foi deslegitimada por uma sociedade que tendia a desqualificar as denúncias feitas por mulheres. Revela a internalização de um olhar crítico sobre o apagamento da voz feminina em contextos de violência institucional.

Em sua redação, o participante P₁₀ observou que “as mulheres eram vistas como mão de obra barata”, ressaltando sua vulnerabilidade à exploração no ambiente de trabalho. Essa percepção revela um entendimento das condições precárias impostas às operárias, associadas à posição social inferior que ocupavam. A participante P₁₂ escreveu: “Se fossem homens, teriam conseguido justiça mais rápido”, indicando sua percepção da diferença de tratamento jurídico e social baseado no gênero. Já o participante P₁₄ afirmou: “A sociedade achava que mulher só servia pra casar e cuidar da casa, não era levada a sério nem quando estava doente”, evidenciando o estereótipo socialmente imposto às mulheres e sua consequente invisibilização.

Essas produções evidenciam a percepção dos participantes sobre como a dor das trabalhadoras foi deslegitimada por uma sociedade que tendia a desqualificar as denúncias feitas por mulheres. Parte dos participantes reconheceu a desigualdade de gênero como fator determinante para o sofrimento prolongado das trabalhadoras e para a demora no reconhecimento institucional do problema. A presença dessas reflexões nas redações reforça o potencial formativo da proposta em estimular um olhar crítico e sensível à temática das relações de gênero.

Durante as discussões, a participante P₆ verbalizou percepção semelhante: “Eu acho também professora que era porque elas eram mulheres, qual o advogado que ia defender mulheres, que pra eles estavam mentindo?”. Aqui, a participante aponta a exclusão das mulheres de espaços de representação e defesa legal, evidenciando a intersecção entre gênero e poder jurídico. A fala traz à tona a percepção de que a condição de gênero impôs limites reais à possibilidade de as vítimas reivindicarem seus direitos. Outros participantes também verbalizaram de forma clara sua leitura crítica das relações de gênero no episódio:

P₄: “Não tinham voz na sociedade”. P₁: “As mulheres tinham menos direitos no trabalho”. P₉: “Eram consideradas inferiores no mercado de trabalho”. P₁₁: “Eram vistas como menos importantes na sociedade”.

Essas contribuições demonstram que os participantes reconheceram a naturalização da desigualdade de gênero, atribuindo à posição social das mulheres parte da responsabilidade pela demora no reconhecimento institucional do problema. Revelam uma apropriação crítica de que a forma como as mulheres eram vistas na época contribuiu para silenciar e invisibilizar as Garotas do Rádio. Esses trechos orais e escritos evidenciam não apenas a empatia dos participantes para com o sofrimento vivido, mas também a compreensão dos mecanismos sociais que perpetuam a desigualdade de gênero. Assim, este eixo demonstra que os participantes não apenas entenderam os aspectos históricos e científicos do episódio, mas também conseguiram articular essas compreensões com dimensões sociais mais amplas, especialmente com relação à desigualdade de gênero e à invisibilização das mulheres.

A análise das falas e produções escritas revela a sensibilidade dos participantes em identificar repercussões da desigualdade de gênero no episódio histórico, indicando certo grau de amadurecimento na leitura da realidade social. A articulação entre os saberes escolares e a temática de gênero permitiu que os participantes interpretassem o episódio das Garotas do Rádio não como um evento isolado, mas como reflexo de estruturas sociais opressoras. Considera-se fundamental ampliar essa discussão à luz da literatura especializada. González García e Pérez Sedeño (2006) destacam que os estudos de ciência, tecnologia e gênero expõem como a prática científica foi historicamente marcada por sexismo e androcentrismo, o que contribuiu para a exclusão das mulheres e para a deslegitimação de suas experiências. Essa exclusão não se restringe ao apagamento histórico, mas também à naturalização de hierarquias sociais que sustentaram a marginalização feminina. Nessa mesma direção, Schiebinger (2001) enfatiza que a ciência não é neutra em relação às questões de gênero. Assim, ao articular as percepções críticas dos estudantes às contribuições desses estudos, compreende-se que a inserção didática de episódios históricos potencialmente relevantes em relação à temática de gênero pode possibilitar uma leitura crítica das estruturas sociais opressoras, favorecendo uma prática pedagógica mais inclusiva e emancipadora. O reconhecimento, pelos participantes, de que as mulheres foram submetidas a um tratamento diferenciado e injusto devido ao seu gênero representa um passo fundamental para um ensino de Ciências que rompa com a neutralidade aparente e avance na direção de uma prática pedagógica emancipadora, como propõem os 3MP. Esse tipo de leitura reforça o potencial do ensino de Ciências como espaço para a promoção da cidadania e da justiça social. Particularmente, vai ao encontro de argumentos que defendem o uso da HFC como meio de visibilizar sujeitos marginalizados e historicamente excluídos, mobilizar saberes e afetos, fomentar reflexões sobre justiça social e cidadania no ensino de Ciências, favorecendo a formação de uma postura crítica frente às desigualdades sociais (Silva & Moura, 2008; Schirmer & Sauerwein, 2014; Leal & Forato, 2021).

Eixo 3: Dimensão ética e responsabilidade

Neste eixo, destaca-se a maneira como os participantes mobilizaram reflexões sobre as implicações éticas do caso das Garotas do Rádio, revelando uma compreensão crítica a respeito da responsabilidade de empresas, profissionais da saúde e instituições jurídicas diante das situações vivenciadas pelas trabalhadoras. Ao longo das produções escritas e das discussões em sala, foi possível identificar a percepção dos participantes sobre a negligência institucional e a manipulação do conhecimento científico, o que demonstra o desenvolvimento de uma visão ampliada da ciência como prática social e situada.

Diversas passagens das redações expressam claramente essa compreensão. A participante P₁, por exemplo, registrou em sua produção escrita: “Os médicos davam outro diagnóstico... E como eram mulheres, ninguém acreditava nelas”. De modo semelhante, P₆ trouxe um olhar crítico ao afirmar: “A empresa sabia do perigo, mas escondeu. Contrataram médicos que mentiram nos laudos”. Esse trecho evidencia a compreensão do participante sobre a responsabilidade direta da empresa e de seus representantes na ocultação dos efeitos da radioatividade. Já P₁₃, em sua redação, afirmou: “Eles não queriam que ninguém soubesse que o rádio fazia mal. Então pagavam médicos para mentir”. Aqui, observa-se uma leitura clara sobre a articulação entre interesses econômicos e manipulação do conhecimento científico.

Esses trechos revelam a percepção dos participantes sobre o uso de diagnósticos falsos como estratégia de silenciamento, destacando ainda a intersecção entre desigualdade de gênero e injustiça institucional. Esses registros revelam o entendimento de que havia uma tentativa deliberada de ocultação da verdade por parte dos agentes envolvidos, mesmo diante do sofrimento evidente das operárias. A menção direta à falsificação de diagnósticos e à omissão da empresa demonstra a crítica ao uso da autoridade médica e científica para encobrir os impactos nocivos do rádio. Esse tipo de leitura crítica também transpareceu nas contribuições orais. Durante as discussões, P₆ afirmou: “Eles sabiam que fazia mal, mas escondiam. Eles falsificavam os exames!” Esse sentimento de revolta transpareceu em outras manifestações: P₆: “Trabalharam em condições ruins e sem proteção”. P₉: “Houve tentativas de ocultar as doenças”. P₁₁: “As empresas alegaram desconhecimento do perigo”. P₁₂: “Esconderam muitas coisas das pintoras”. P₅: “A Justiça demorou para julgar os casos”.

A indignação expressa nas falas mostra que os participantes não apenas entenderam o conteúdo histórico do caso, mas também foram capazes de associá-lo a dilemas éticos fundamentais, como a responsabilidade institucional e o direito à informação. Essas contribuições reforçam a percepção de que os participantes foram capazes de identificar os interesses econômicos por trás da ocultação dos riscos à saúde, bem como o uso estratégico da ciência (isto é, dos diagnósticos médicos) para proteger instituições em detrimento da vida humana. As menções à atuação dos médicos, à manipulação de exames e ao silêncio jurídico constroem uma crítica articulada à forma como o conhecimento científico pode ser mobilizado para justificar ou esconder injustiças.

Assim, este eixo evidencia que os participantes foram capazes de articular conhecimento científico, análise histórica e julgamento ético, reconhecendo que a omissão dos agentes envolvidos no caso analisado não foi acidental, mas sistemática — e que, portanto, exige uma postura crítica. Ao reconhecerem a relação entre ciência, ética e poder, os participantes demonstraram terem rompido com uma visão neutra da ciência, assumindo uma perspectiva crítica e reflexiva sobre os impactos sociais da produção científica. Esses resultados reforçam empiricamente o argumento de que episódios históricos podem oferecer oportunidades valiosas para o desenvolvimento de uma leitura histórica e social da ciência e da tecnologia, permitindo problematizar o papel das instituições na perpetuação de desigualdades e omissões (Silva & Moura, 2008).

A mobilização dessas reflexões no espaço escolar contribui para a formação de sujeitos que compreendem a ciência e a tecnologia como práticas humanas, permeadas por valores e interesses, e que, por isso, devem ser constantemente vigiadas pela ética e pela responsabilidade social. Essa perspectiva se alinha ao que propõem Forato e outros autores (2012), ao defenderem que o ensino de Ciências deve ir além dos conteúdos conceituais, abordando também as dimensões éticas da prática científica como componente essencial da formação cidadã.

Eixo 4: Provisoriedade e transformação do conhecimento científico

Este eixo revela que os participantes foram capazes de perceber a ciência como uma construção histórica, mutável e dependente do contexto social e tecnológico em que se insere. A compreensão de que o conhecimento científico está sujeito a mudanças ao longo do tempo, conforme surgem novas evidências e experiências, foi manifestada de forma clara em algumas produções escritas e contribuições orais.

Em sua produção escrita, a participante P₅ registrou: “No começo todo mundo achava que era bom. Mas com o tempo começaram a adoecer. Foi aí que perceberam que o rádio podia fazer mal”. Esse trecho

evidencia a assimilação da ideia de que os saberes científicos são construídos social e historicamente, podendo ser revistos diante de novas situações e descobertas. A frase marca, inclusive, um contraste entre o otimismo inicial com a radioatividade e o reconhecimento posterior dos seus efeitos nocivos. De forma complementar, a produção escrita de P_2 traz outro exemplo: “Criaram alguns cuidados sobre o uso da radioatividade”. Aqui, o participante demonstra ter compreendido que práticas relacionadas à ciência também evoluem com o tempo, acompanhando os avanços na compreensão dos riscos e benefícios envolvidos.

Outros trechos escritos reforçam esse entendimento coletivo. A participante P_{11} afirmou: “A população não tinha informações sobre os riscos,” enquanto o participante P_6 escreveu: “Poucos sabiam dos perigos da radioatividade”. Esses registros revelam a percepção de que o saber científico era restrito a determinados grupos e que a ampliação desse conhecimento foi se dando progressivamente, com base em novas evidências. A produção de P_{14} destacou: “As garotas não sabiam de nada. Só pintavam os ponteiros”, evidenciando o desconhecimento das operárias sobre os riscos e a falta de acesso a informações científicas confiáveis.

Durante as discussões orais, os estudantes também demonstraram compreender o caráter provisório da ciência. A participante P_{11} afirmou: “Foi só depois que morreram várias que eles começaram a investigar... antes ninguém falava nada”. Essa colocação explicita a visão de que a ciência, nesse episódio, atuou de forma reativa, sendo pressionada pelas consequências para rever seus posicionamentos. Essa percepção também emergiu ainda durante a roda de conversa sobre o acidente com o Césio-137, na etapa de problematização inicial, quando o participante P_{14} comentou: “Quando aconteceu o primeiro acidente foi que começaram a perceber que fazia mal”. A fala evidencia o entendimento de que, muitas vezes, o conhecimento científico é acionado ou reformulado, demonstrando sua natureza provisória. Além disso, durante as interações, o participante P_6 comentou: “a ciência errou no começo, mas depois consertou”. Essa formulação sintetiza a compreensão de que o conhecimento científico se constrói por meio de tentativas, acertos, erros e revisões, sendo sempre passível de transformação.

Tais manifestações demonstram que os participantes não manifestaram uma visão de ciência como detentora de verdades absolutas e inquestionáveis, mas sinalizaram que os conhecimentos estão sujeitos a alterações. A concepção da ciência como provisória e em constante transformação apareceu de maneira significativa. Essa compreensão é central para a abordagem da temática NdC, em especial para a percepção da ciência como um processo não linear, sujeito a controvérsias e reconstruções (Gil-Pérez et al., 2001; Azevedo & Scarpa, 2017). Ao relacionarem as consequências do uso do rádio com a mudança de postura por parte das instituições científicas e médicas, os participantes demonstram uma leitura crítica da construção do conhecimento, tal como propõe Martins (2015), ao afirmar que a formação científica deve incorporar dimensões históricas, epistemológicas e sociais.

Eixo 5: Justiça social e posicionamento crítico

O quinto eixo evidencia como os participantes foram sensibilizados pelas injustiças vividas pelas Garotas do Rádio, mobilizando sentimento de revolta, empatia e desejo por reparação social. Ao longo das produções escritas e discussões, é possível observar a emergência de um olhar crítico sobre a relação entre ciência, poder e justiça, o que denota um avanço significativo na formação de uma postura cidadã frente aos impactos sociais da ciência.

Nas produções escritas, a indignação diante do descaso institucional foi expressa com clareza. O participante P_9 , por exemplo, registrou: “Elas queriam justiça. Queria que outras pessoas soubessem que o rádio estava adoecendo”. Essa afirmação evidencia uma compreensão aguçada da dimensão ética e política do caso, ao reconhecer tanto o sofrimento vivenciado pelas operárias quanto a importância de se compartilhar esse conhecimento com outros — como um gesto de denúncia e de luta por reconhecimento. Também na etapa escrita, P_{10} afirmou: “Eles só ligavam pras vendas, não pras mulheres. Isso é muito errado”. O participante demonstrou consciência crítica ao identificar o lucro como prioridade das instituições envolvidas, em detrimento da saúde e da dignidade das trabalhadoras. Há aqui um julgamento ético que denuncia a lógica mercadológica que regeu as decisões empresariais. Outro exemplo relevante aparece no texto de P_8 , que observou: “Cuidados com os produtos foram adotados após a morte do rico nos EUA”. Essa frase revela uma crítica implícita à seletividade das políticas de proteção e reparação, sugerindo que somente após a morte de uma pessoa socialmente valorizada houve reação efetiva. Trata-se de um indício de que o participante foi capaz de associar o episódio a desigualdades estruturais que afetam quem tem ou não tem visibilidade e poder.

Durante as discussões, esse senso de justiça também foi vocalizado nas participações: P_{13} : “As mulheres foram esquecidas. Sofreram e ninguém fez nada por muito tempo”; P_6 : “A Justiça demorou para

julgar os casos”; P₉: “Ninguém ajudou elas, parecia que não importava”; P₁₀: “Elas queriam justiça. Queria que outras pessoas soubessem que o rádio estava adoecendo”; P₇: “Eles só ligavam pras vendas, não pras mulheres”. Essas manifestações apontam um envolvimento emocional e cognitivo que transcende o conteúdo factual, revelando que os participantes não apenas aprenderam sobre o caso, mas o interpretaram à luz de valores éticos e de princípios de equidade e direitos humanos. Esse tipo de engajamento está em consonância com os apontamentos de Leal e Forato (2021), que destacam o potencial do caso das Garotas do Rádio como narrativa didática capaz de aproximar ciência e cidadania, promovendo discussões sobre direitos, reparação histórica e centralidade da vida humana frente aos interesses econômicos e políticos.

Ao identificarem as injustiças sofridas pelas trabalhadoras, os participantes manifestaram a concepção de que a ciência — longe de ser neutra — pode ser usada tanto para promover emancipação quanto para perpetuar desigualdades. Dessa forma, este eixo evidencia que as práticas pedagógicas desenvolvidas permitiram aos participantes vivenciarem o conhecimento científico não como algo isolado ou puramente técnico, mas como parte de disputas simbólicas e materiais, com efeitos reais sobre vidas humanas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação empírica realizada demonstrou que os participantes foram capazes de mobilizar conhecimentos históricos, éticos e sociais a partir da leitura das narrativas histórico-pedagógicas e das discussões em sala. Foram alcançadas compreensões significativas sobre a ciência como construção social, sujeita a interesses econômicos e políticos, além de reflexões sobre desigualdade de gênero, direitos trabalhistas, responsabilidade científica e comunicação do conhecimento. As vozes dos participantes — tanto nas produções escritas quanto nas discussões em sala — revelaram diferentes níveis de apropriação dos conteúdos explorados, variando desde a assimilação de aspectos técnicos, como os efeitos da radioatividade, até reflexões sobre negligência institucional, desigualdade de gênero, provisoriedade do conhecimento científico e justiça social.

Os resultados obtidos evidenciam que os participantes, de modo relativamente satisfatório:

- Compreenderam a ciência como uma prática histórica, ética e socialmente situada, distante da ideia de neutralidade e de verdade absoluta;
- Reconheceram desigualdades de gênero e processos de invisibilização sistemática das mulheres;
- Identificaram relações entre ciência, economia e poder, compreendendo os interesses institucionais por trás da omissão e da manipulação do discurso científico;
- Manifestaram empatia, indignação e senso de justiça, elementos fundamentais para a formação de uma postura crítica e cidadã.

A análise das produções escritas cotejadas com as contribuições orais indicou que a sequência didática não apenas contribuiu para o aprendizado de aspectos relacionados à temática radioatividade, mas também promoveu a formação de uma visão mais crítica e humanizada da ciência. O episódio das “Garotas do Rádio” mostrou-se, nesse sentido, um recurso potente para discutir temas transversais e promover o letramento científico de forma contextualizada. Compreendemos que iniciativas como esta contribuem para superar abordagens conteudistas e descontextualizadas do ensino de ciências, aproximando os estudantes de uma compreensão mais ampla e cidadã da ciência.

É importante salientar, contudo, que algumas limitações do estudo precisam ser reconhecidas. A intervenção foi realizada em uma turma de 9º ano do Ensino Fundamental, o que restringe a possibilidade de generalização dos resultados para outros contextos escolares. Além disso, o tempo disponível para a aplicação da sequência didática limitou algumas discussões. Outro aspecto a considerar é o fato de a pesquisadora desempenhar também o papel de docente responsável pela turma, o que pode ter influenciado na dinâmica das interações e na condução das atividades. Reconhecer essas limitações não diminui a relevância dos achados, mas reforça a necessidade de novas investigações em diferentes contextos e séries escolares, de modo a ampliar a compreensão sobre as potencialidades didáticas da HFC.

REFERÊNCIAS

- Allchin, D. (2004). *Teaching the nature of science: Perspectives & resources*. SHiPS Education Press.
- Azevedo, N. H., & Scarpa, D. L. (2017). Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de Natureza da Ciência no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17 (2), 579–619. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172579>
- Bardin, L. (2004). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Brasil (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências – Ensino Fundamental*. MEC/SEF.
- Brasil (2001). *PCN+: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. MEC/SEMTEC.
- Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular – Ensino Fundamental*. MEC.
- Cordeiro, M. D., & Peduzzi, L. O. Q. (2010). As conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: A gênese da radioatividade no ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 27(3), 473–514. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n3p473>
- Delizoicov, D., Angotti, J. A. P. & Pernambuco, M. M. (2002). *Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos*. Cortez.
- Drummond, J. M. H. F., Nicácio, J. D. S., Skeete Jr, A. W., da Silva, M. M., Câmara, A. T. A., & Bezerra, F. V. (2015). Narrativas históricas: gravidade, sistemas de mundo e natureza da ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino De Física*, 32(1), 99–141. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2014v32n1p99>
- Forato, T. C. M., Pietrocola, M., & Martins, R. A. (2011). Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 27-59. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p27>
- Forato, T. C. M., Martins, R. A., & Pietrocola, M. (2012) Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In L. O. Q. Peduzzi, A. F. P. Martins & J. M. H. FERREIRA. (Org.) *Temas de história e filosofia da ciência no ensino* (pp. 123-154). EDUFERN.
- Gil-Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125–153. [scielo.br/j/ciedu/a/DyqhTY3fY5wKhzFw6jD6HFJ/?format=pdf&lang=pt](https://doi.org/10.1590/s1513-74722001000200007)
- González García, M. I., & Pérez Sedeño, E. (2002). Ciencia, Tecnología y Género. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2, 1-19. <https://core.ac.uk/download/pdf/36021308.pdf>
- Hidalgo, J. M. (2023). Inserindo a História da Ciência na formação docente: desafios e possibilidades. *Revista Ciências & Ideias*, 14, e23142173. <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2023.v14.2173>
- Leal, K. P. (2023) *A ciência dos discursos publicitários de produtos radioativos do início do século XX: reflexões para o ensino de ciência a partir da história das garotas do rádio*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.81.2023.tde-15082023-163918>
- Leal, K. P., & Forato, T. C. M. (2021). As garotas do rádio e sua busca por justiça e dignidade. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 14(2), 252-275. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v14i2.539>
- Martins, A. F. P. (2007). História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 112-131. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056>
- Martins, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32 (3), 703-737. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>
- Martins, R. A. (2006). Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In C. C. Silva (Org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino* (pp. 22-34). Livraria da Física.
- Matthews, M. R. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 12 (3), 164-214.

- Medeiros, I. S. (2025). *As “Garotas do Rádio”: um episódio da história da Radioatividade no ensino fundamental* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte]. <https://repositorio.ufrn.br/items/789e8218-de40-4b59-a087-66085c982d89>
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515–535. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614762>
- Oliveira, R. A., Martins, A. F. P., & Silva, A. P. B. (2021). Natureza da ciência por meio de narrativas históricas: Limites e potencialidades. *Experiências em Ensino de Ciências*, 16(2), 457–478. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/935>
- Peduzzi, L. O. Q., & Raicik, A. C. (2020). Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 19-55. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19>
- Prestes, M. E. B., & Caldeira, A. M. A. (2009). Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 1-16. <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-0-Maria-Elice-Prestes-Ana-Maria-Caldeira.pdf>
- Psillos, D., Tselves, V., & Kariotoglou, P. (2004). An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching–learning sequences: The case of fluids. *International Journal of Science Education*, 26(5), 555–578. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614771>
- Rodrigues, G. M. O., Rodrigues Junior, E., & Oliveira, P. J. P. (2020). A história da ciência na educação científica: uma revisão de literatura. *Caderno de Física da UEFS*, 18(2), 2601.1–23. <https://doi.org/10.13102/cad.fs.uefs.v18i02.10546>
- Schiebinger, L. (2001). *O feminismo mudou a ciência?* EDUSC.
- Schirmer, S. B., & Sauerwein, I. P. S. (2015). Recursos didáticos e história e filosofia da ciência em sala de aula: uma análise em periódicos de ensino nacionais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 14(3), 61–77. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4293>
- Silva, C. C., & Moura, C. B. (2008). A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30 (1), 1602-1612. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172008000100016>
- The Daily Notes. (1928, June 22). Madame Curie tells danger in radium. The Daily Notes. <https://www.newspapers.com/article/the-daily-notes-marie-curie-comments-on/48277569/>
- Vital, A., & Guerra, A. (2016). Textos para ensinar física: princípios historiográficos observados na inserção da história da ciência no ensino. *Ciência & Educação*, 22 (2), 351–370. <https://doi.org/10.1590/1516-731320160020006>
- Vital, A., & Guerra, A. (2017). A implementação da história da ciência no ensino de física: Uma reflexão sobre as implicações do cotidiano escolar. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 19, e2780. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190127>
- Xavier, A. M., Lima, A. G., Vigna, C. R. M., Verbi, F. M., Bortoleto; G. G., Goraieb, K., Collins, C. H., & Bueno, M. I. M. S. (2007). Marcos da História da Radioatividade e tendências atuais. *Revista Química Nova*, 30 (1), 83-91. https://www.scielo.br/j/qn/a/c4djyQQXBCLfrZNfFNWB7nC/?format=pdf&lang=pt&utm_source