



RESIDÊNCIA PEDAGÓGICA: um relato de experiência sobre o ensino de modelos atômicos a partir do caso “*The Radium Girls*” a luz da HFC

RESUMO: Este estudo consiste em um relato de experiência do ensino do modelo atômico de Rutherford a luz da história e filosofia da ciência (HFC). A experiência relatada discute a promoção e aumento da participação dos alunos a partir da discussão proposta. O estudo realizou a análise de artigos acerca do caso “Garotas do Rádio” e artigos que abordam os trabalhos científicos desenvolvidos sobre a radioatividade. Este relato objetivou a discussão da proposta metodológica para o ensino do modelo atômico de Rutherford, com enfoque nos estudos científicos sobre a emissão de radiação para explicar os graves problemas de saúde adquiridos pelas funcionárias da empresa U.R. Radium durante a produção de relógios pintados com tinta de efeito fosforescente a base de sais de rádio. Foi observado que a proposta metodológica promoveu a discussão e levantamento de hipóteses sobre a relação entre os níveis de exposição e ingestão de produtos radioativos e as doenças apresentadas pelas funcionárias, bem como, discutidos temas transversais como as leis trabalhistas e omissões de informações em prol de interesses particulares. Os resultados apontaram que é fundamental, para promover uma aprendizagem significativa, analisar com os alunos os processos de construção do conhecimento científico, não apenas os resultados finais, e demonstrar como o desenvolvimento científico está diretamente ligado à sociedade e os contextos nos quais os conhecimentos científicos surgem.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Ciência; HFC; Radioatividade; Garotas do Rádio; Modelos Atômicos.

1 INTRODUÇÃO

O Programa Residência Pedagógica (PRP) é uma iniciativa voltada para formação docente, com o principal objetivo promover a articulação entre a teoria e a prática profissional, no intuito de possibilitar o aperfeiçoamento da formação dos discentes dos cursos de licenciatura. O programa é conduzido em parceria com as redes públicas de educação básica, sendo coordenado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) (Brasil, 2018).

Por meio das práticas realizadas ao decorrer do programa, o residente é imerso no ambiente escolar desde a análise do campo-escola até a efetiva regência. A antecipação dessa experiência normativa promove o aperfeiçoamento da prática docente a partir do contato direto com a realidade escolar. Nesse sentido, o PRP se revela não, apenas, como um espaço para o desenvolvimento profissional, mas,

também, como uma oportunidade para promover uma educação científica mais reflexiva, contextualizada e inclusiva (De Freitas, 2020).

Visando promover a superação das limitações da educação científica tradicional, o ensino de ciências fundamentado na História e Filosofia da Ciência (HFC) contribui, de maneira significativa, na aprendizagem dos alunos, possibilitando o entendimento de que a evolução da ciência não acontece de forma desconexa com o contexto histórico, político e social no qual ocorre o desenvolvimento dos conhecimentos científicos (Matthews, 1995).

A crise no ensino, contemporâneo, de ciências pode estar associada, em parte, ao desenvolvimento da área de ensino e ciências ter ocorrido de forma independente e dissociada da história e filosofia da ciência (Matthews, 1995). Todavia, é importante que se entenda que

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, [...] podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (Matthews, 1995, p. 165).

O ensino de ciências deve ser permeado pela HFC a fim de que não seja esvaziado e apresentado, meramente, como uma série de conceitos científicos produzidos por cientistas isolados do contexto no qual estavam inseridos. Os construtos teóricos desenvolvidos ao decorrer da história são atravessados por questões sociais, políticas e históricas que direcionaram esse desenvolvimento, seja com o objetivo de compreender a realidade e revelar a verdade, ou com o objetivo de atingir interesses estabelecidos (Silva, 2006).

Nesse sentido, entende-se que o caso *The Radium Girls* pode ser utilizado em sala de aula a luz da HFC para o ensino de ciências, sobretudo, Química, abordando a narrativa da história das funcionárias da fábrica *U. S. Radium*, a qual consistiu em uma empresa de pintura de mostradores e ponteiros de relógios, a qual fazia uso de sais de rádio misturado ao sulfeto de zinco para gerar um efeito fosforescente (Leal, 2021).

Em virtude das condições insalubres de trabalho e da alta exposição e ingestão de material radioativo, as funcionárias começaram a apresentar doenças como problemas nas articulações, tumores em diversas regiões do corpo, deformações na mandíbula e em outros ossos do rosto, além de necroses profundas em que os ossos da boca se desfaziam diante do toque do médico. A partir da constatação de que o trabalho na fábrica estava provocando danos às mulheres, especialistas contratados pela *U.S. Radium* atestaram boa saúde para a funcionária que apresentou complicações, almejando livrar a empresa de implicações legais (Leal, 2021).

Considerando a importância da HFC para a construção de conhecimento científico e a história do caso *The Radium Girls*, o presente trabalho tem como objetivo realizar um relato de experiência acerca de uma atividade referente ao ensino do Modelo Atômico de Rutherford a partir do caso das “Garotas do Rádio” a luz da História e Filosofia da Ciência (HFC), a fim de estimular uma aprendizagem significativa aos alunos e incentivar discussões acerca de temas sociais que permeiam a história da Ciência.

2 METODOLOGIA

A atividade relatada neste estudo foi desenvolvida em uma turma da modalidade de Ensino Tempo Formativo Juvenil, Eixo VI, turno noturno, no Colégio Estadual Padre Luiz Soares Palmeira na cidade Vitória da Conquista – BA, no ano de 2023, e foi aplicada no período de duas aulas

Para a elaboração dessa proposta foi utilizado o livro didático *Química Cidadã* volume 1: Ensino Médio (Santos, 2016) e artigos relacionados ao conteúdo de radioatividade e o caso das Garotas do Rádio, a exemplo: “Como Becquerel Não Descobriu a Radioatividade” (Martins, 1990); “As garotas do rádio e sua busca por justiça e dignidade: possibilidades de abordagens históricas para o ensino de ciências” (Leal, 2021) e “O Caso De Grace Fryer e As Garotas Fantasmas: Uma proposta de Sequência Didática com Abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) para o estudo da Radioatividade” (Delgado, 2019).

Nesta perspectiva, foi possível traçar um panorama histórico entre os trabalhos científicos que contribuíram para a descoberta da radioatividade e analisar sua relação com o modelo atômico proposto pelo químico e físico Ernest Rutherford

e seus estudos sobre emissão de radiação (Martins, 1990). Neste contexto, realizou-se uma análise sobre o uso de sais de Rádio na produção de relógios radioluminescentes para os militares na fábrica *U.S. Radium* em 1917.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O panorama histórico traçado no decorrer das duas aulas, levando em consideração uma questão social como o caso das garotas do rádio possibilitou discutir com os alunos diversas temáticas a luz da HFC. Essencialmente, esse contexto histórico e científico proporcionou uma base para a compreensão mais profunda dos eventos que levaram à tragédia das funcionárias da *U.S. Radium*. Isso não só mostra os perigos associados à falta de regulamentação e conscientização sobre substâncias radioativas, mas também levanta questões éticas importantes sobre a responsabilidade das empresas em proteger a saúde e a segurança de seus funcionários.

Nessa atividade, foi exposto, por meio de imagens em slides, como era feita a pintura dos relógios e a técnica usada pelas funcionárias de afinar a ponta do pincel com os lábios, ingerido o material radioativo, na perspectiva de fomentar discussões com os alunos acerca dos danos que a exposição e ingestão diária ao material radioativo iria causar nas funcionárias da fábrica.

No mesmo sentido, foram expostas imagens mostrando os problemas de saúde adquiridos devido a exposição aos sais de rádio, como, por exemplo, problemas nas articulações, tumores em diferentes partes do corpo, deformações na mandíbula e em outros ossos do rosto e, principalmente, necroses tão profundas que os ossos da boca se desmanchavam ou quebravam com o mais leve toque na avaliação médica (Leal, 2021).

Mostrou-se aos discentes um comparativo do tempo de exposição das funcionárias da fábrica aos sais de rádio, entre 1 e 5 anos, e as consequências dessa exposição, com o tempo de exposição da química e física Marie Currie, por volta de 4 décadas, em seus estudos para isolar os sais de rádio do mineral pechblenda (uraninita) em seu laboratório em Paris (Delgado, 2019).

A partir desse comparativo, foi questionado aos alunos a diferença entre o tempo e as consequências da exposição a materiais radioativos nas duas situações.

Os alunos discutiram sobre a razão dos danos da exposição aos sais de rádio no caso nas funcionárias da fábrica terem ocorrido de forma tão intensa em um curto espaço de tempo. Alguns alunos justificaram que a intensidade desses resultados ocorreu em virtude da ingestão do material radioativo, que agiu diretamente como causador das consequências apresentadas, sendo essa a justificativa utilizada como base para explicar tais acontecimentos.

A partir destas discussões, os conceitos apresentados sobre o modelo atômico de Rutherford foram resgatados para explicar como o material radioativo é absorvido pelo corpo, pois, segundo Okuno (2013), o rádio pode se concentrar em órgãos específicos, como os rins, fígado e ossos, resultando em danos internos significativos aos tecidos e células, levando a uma maior probabilidade de desenvolver câncer e outras doenças graves, pois quando a radiação interage diretamente com as moléculas importantes como as de DNA, podem causar desde mutação genética até morte celular.

Após os alunos observarem imagens mostrando funcionários de empresas que manipulavam rádio, para ser usado em outros produtos, utilizando equipamentos de proteção revestidos por chumbo, alguns estudantes apontaram o descaso da fábrica *U.S. Radium* com as funcionárias, devido ao não fornecimento de equipamento de proteção individual (EPI) e devido as leis trabalhistas da época não determinarem o uso obrigatório desses EPI's. Os alunos afirmaram que, no caso citado, era imprescindível o uso desses equipamentos e também destacaram o progresso das leis trabalhistas ao decorrer da história.

Foi discutido com os alunos outras questões éticas como a negligência da fábrica para com as funcionárias, dado que, quando os empresários da *U.S. Radium* eram questionados sobre os possíveis perigos a respeito da ingestão ou contato do produto com os lábios, os responsáveis pela companhia afirmavam, categoricamente, que não existia qualquer perigo relacionado à presença de rádio na fórmula, mesmo sabendo dos problemas gerados pela exposição dessas jovens à radioatividade, no mínimo, desde 1925, (Leal, 2011).

De modo geral, por meio da abordagem HFC foi possível apresentar uma história da ciência menos linear e neutra, buscando inverter essa visão, com o intuito de discutir uma história que desconstrua a perspectiva de ciência sem conflitos e contradições. Dentro desse cenário, é possível considerar que o episódio das

Garotas do Rádio é eficaz para a discussão no contexto escolar, dado que vários campos do saber dialogam e se complementam, proporcionando uma visão mais abrangente e crítica da ciência.

A partir da análise do caso Garotas do Rádio, os alunos puderam compreender os processos que promovem o desenvolvimento científico, como também analisar as dinâmicas sociais, éticas e políticas que influenciaram o desenvolvimento e a divulgação da ciência na época.

Nesse sentido, o ensino de ciências a partir da HFC possibilita uma reflexão mais profunda sobre a natureza da ciência, suas relações com o poder e a sociedade e como as narrativas históricas podem ser construídas e interpretadas de maneiras diversas e, principalmente, como essas narrativas também podem ser apagadas em função de encobrir os erros em virtude de interesses econômicos e políticos. Assim, o episódio das garotas do rádio se torna uma proposta metodológica significativa para promover uma aprendizagem mais crítica e contextualizada da ciência e de sua história.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise do caso *The Radium Girls*, com base nos conceitos científicos associados ao modelo atômico de Rutherford e seus estudos sobre emissão de radiação foi possível observar aumento da participação e interesse dos alunos nas aulas de química, além de melhorar a compreensão dos conceitos abordados. A abordagem HFC pode ser utilizada como uma proposta metodológica, promovendo a ruptura da visão de que a Ciência e os conhecimentos científicos desenvolvidos ao decorrer da história são isentos do contexto no qual está inserido.

Incorporar elementos históricos para estimular a reflexão sobre o desenvolvimento da Ciência, isto é, apresentar ao aluno os procedimentos envolvidos na construção do conhecimento científico e demonstrar como o avanço científico está, intrinsecamente, ligado à sociedade. Isso é essencial para promover uma aprendizagem, verdadeiramente, significativa. Além de, apenas, memorizar fórmulas e conceitos químicos, os alunos serão capazes de discernir a influência da ciência no progresso da sociedade.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia campus Vitória da Conquista – BA (IFBA) e da Secretaria Estadual de Educação (SEDUC) e da escola campo, Colégio Estadual Padre Luiz Soares Palmeira (CEPLSP).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação – MEC/CAPES. **Portaria Gab Nº 38, de 28 de fevereiro de 2018**. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/28022018-portaria-n-38-institui-rp-pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

DE FREITAS, M. C.; DE FREITAS, B. M.; ALMEIDA, D. M. Residência pedagógica e sua contribuição na formação docente. **Ensino em perspectivas**, Fortaleza, v. 1, n. 2, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/ensinoemperspectivas/article/view/4540>. Acesso em: 10 mar. 2024.

DELGADO, P. N. do. **O caso de Grace Fryer e as garotas fantasmas**: uma proposta de sequência didática com abordagem CTS para o estudo da radioatividade. 2019. TCC (Licenciatura em Química) Universidade Federal da Paraíba (UFPB), 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/14753?locale=pt_BR. Acesso em: 10 mar. 2024.

LEAL, K; DE MELLO FORATO, T. C. As garotas do rádio e sua busca por justiça e dignidade: possibilidades de abordagens históricas para o ensino de ciências. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 14, n. 2, p. 252-275, 2021. Disponível em: <https://rbhciencia.emnuvens.com.br/revista/article/view/539>. Acesso em: 10 mar. 2024.

MARTINS, R. V. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 7, p. 27–45, 1990. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10061>. Acesso em: 10 mar. 2024.

MATTHEWS, M. S. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165906>. Acesso em: 10 mar. 2024.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos avançados**, v. 27, p. 185-200, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/xzD9Dgv8GPFtHkxkfbQsn4f/>. Acesso em: 3 mar. 2024.

SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. **Química cidadã**, volume 1: ensino médio, p. 161-167, 2016.

SILVA, C. C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: subsídios para a aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, p. 3-32, 2006.