

O filme “radioactive” e a história das mulheres na ciência: uma proposta de sequência didática

RESUMO

A História da ciência pode ser utilizada para destacar e reconhecer a contribuição e o papel expressivo da mulher na ciência. Nessa perspectiva, o presente trabalho, de abordagem qualitativa-propositiva, tem como objetivo apresentar um produto educacional (uma sequência didática) desenvolvido para trabalhar o filme “Radioactive” (2019), indo além dos conteúdos científicos ao trazer para o debate a temática da história das mulheres na ciência e às questões de gênero e ciência. No contexto de uma abordagem metodológica propositiva, partimos da análise fílmica para explorar as potencialidades didáticas definidas em uma sequência de atividades iniciada pelo levantamento dos conhecimentos prévios dos/as alunos/as, seguida por uma problematização da temática e pelos excertos do filme específicos para introduzir o ensino da radioatividade e promover o debate acerca da dificuldade ao ingresso à carreira científica, da discriminação e apagamento perpetuado da produção feminina na ciência, e finalizada com um momento de avaliação construído coletivamente pelos alunos. Como resultado, a sequência didática prioriza o processo interventivo para romper com um ensino de ciências que ignora a produção da mulher na ciência e a desigualdade de gêneros ao longo da história da ciência. Dessa forma, mostra-se com potencial orientado para o desenvolvimento de uma postura questionadora e crítica dos/as alunos/as diante do seu processo de aprendizagem voltado para uma formação cidadã.

PALAVRAS-CHAVE: História da ciência. Ensino de ciências. Sequência didática. Filme Radioactive

Amanda Ramos de Mattos Thomé
amandarm.thome@gmail.com
orcid.org/0000-0002-5807-6572
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ),
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Marta Ferreira Abdala Mendes
marta.mendes@ifrj.edu.br
orcid.org/0000-0001-5573-4317
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ),
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

INTRODUÇÃO

Durante muito tempo tratar a História da Ciência (HC) foi limitado ao uso de pronomes masculinos. Lino e Mayorga (2016) ponderam sobre como a ciência é um ambiente de poder onde as mulheres não têm poder ou quando têm são desconsideradas. São silêncios porque são ausências. São ausências porque, por muito tempo, este espaço as fora negado.

Segundo Chassot (2003), a ciência ainda era um caminho difícil e negado a ser percorrido por mulheres até o século XX. Foi apenas no final do século XIX que as mulheres começaram a serem aceitas em universidades. Ainda assim, diversas mulheres reivindicaram este espaço, mesmo de maneira furtiva: adotando pseudônimos masculinos, utilizando trajes masculinos, ou se tornando assistentes de cientistas homens (PUGLIESE, 2009). Nessa história construída por mulheres que nunca estiveram ausentes, mas foram apagadas e distanciadas, propositalmente, dos espaços científicos e do poder, destacamos o protagonismo de Marie Sklodowska Curie (1867 – 1934) como uma cientista pioneira no estudo da radioatividade.

Silva, Campos e Almeida (2012) apontam que Marie Curie tem um lugar de destaque na História da Ciência por suas contribuições ao estudo da radioatividade, que a colocou na posição de primeira mulher a receber um prêmio Nobel de Física e a primeira mulher a receber dois prêmios Nobel, sendo este último em Química. Entretanto, sua história não foi marcada apenas por essas vitórias, mas principalmente por diversos percalços, dificuldades em se impor, bem como, ter sido alvo de intolerância religiosa, por ser judia, xenofobia, por ser polonesa e misoginia, por ser mulher.

Mesmo diante de muitas dificuldades, Marie Curie foi capaz de sobrepor um ambiente sexista e de resistência aos seus estudos. Dentre os feitos da cientista, está a aceção do termo “radioatividade” e seu estudo como propriedade atômica da matéria, bem como, a descoberta dos elementos rádio e polônio em parceria com Pierre Curie, seu marido, em 1898. Desta forma, consideramos necessário valorizar a contribuição e o legado dos feitos de Marie Curie tanto para a Química realizada atualmente como também para discutir sobre questões de exclusão e barreiras das mulheres à educação e às carreiras científicas.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma pesquisa qualitativa de cunho propositivo com a elaboração de uma sequência didática (SD) baseada no filme *Radioactive* (lançado em 2019) para a inserção do ensino de radioatividade e das questões acerca da natureza da ciência e da história das mulheres na ciência e gênero e ciência. Justificamos a escolha do tema radioatividade, apesar da importância para a sociedade, ser pouco explorado em sala de aula. Isso fica evidente, por exemplo, nos livros didáticos de Química, que apresentam o tema nos últimos capítulos, nas decisões curriculares que o consideram um tema sem muita relevância para os estudantes e na pouca inserção na formação de professores (SILVA; CAMPOS; ALMEIDA, 2012).

Broiatti, Cela e Souza (2019) destacam que o tema radioatividade representa um desafio para o/a professor/a desde o domínio do conteúdo, mas também para relacionar o tema com o cotidiano e com momentos históricos significativos.

Ainda segundo as autoras, o tema radioatividade tem sido abordado de forma acrítica, com grande ênfase no conteúdo e pouca correlação com aspectos históricos. Este tratamento dado ao tema radioatividade vai na contramão do proposto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino das Ciências da Natureza. O tema radioatividade está inserido no eixo temático “Matéria e Energia” previsto para a área de Ciências da Natureza, sendo relevante destacar que as orientações voltadas para este conteúdo trazem um novo olhar para o tema.

Entretanto, faz-se necessário trazer como cerne as críticas à implementação da BNCC. Branco et al (2018) salientam que, ainda que o discurso do Governo para implementação da BNCC apontasse para melhorias na área da Educação, outros setores não ligados a esta área participaram de sua implantação. A participação dos educadores foi negligenciada, dando espaço ao atendimento de questões políticas e econômicas a favor dos interesses do mercado e da ideologia neoliberal. Mesmo diante de inúmeras críticas quanto ao complexo processo de sua implantação, a BNCC foi homologada em meio a disputa entre críticas e legitimação (MICHETTI, 2020) e foi endossada como o principal documento norteador da Educação no país.

Aliado a essa organização curricular para o ensino da radioatividade na sala de aula, trazemos como indicação a inserção das discussões de gêneros que emergem o papel das mulheres na sociedade e da história das mulheres na ciência. Nesse sentido, destacamos não apenas problematizar as questões de gênero e ciência como uma necessidade emergente, uma vez que “historicamente, a ciência sempre foi vista como uma atividade realizada por homens” (LETA, 2003, p. 271). Ainda que se observe um amplo acesso das mulheres à educação e à carreira científica, as discussões sobre gênero e ciência são tratadas como periféricas ou, até mesmo, ausentes na sala de aula.

Proença et al (2019) destacam o deficit na formação de professores sobre a participação das mulheres na ciência e a necessidade de as discussões sobre gênero e ciência fazerem parte do currículo de formação docente. Um caminho é o fortalecimento das pesquisas científicas na formação inicial e no cotidiano dos professores, com vistas ao maior destaque à participação das mulheres na História da Ciência. Dessa forma, isso acaba refletindo na sala de aula e as discussões de gênero e ciência tornam-se uma temática, frequentemente, inserida no processo de ensino-aprendizagem.

Trazendo para o centro da reflexão, a definição de gênero não é um termo absoluto e pode apresentar diferentes concepções teóricas (FERNANDES, 2009; TILIO, 2014). Dentre elas, está a concepção biológica, que leva em consideração que as características biológicas impactam nas características psicológicas, sociais e comportamentais. Desta concepção, surgem normas sociais que: a) definem papéis sociais pré-definidos para homem e mulher; b) funcionam como mecanismos de intervenção social e c) asseguram que as relações de dominação e opressão caracterizadas pela presença das mulheres em uma posição de inferioridade em relação aos homens. Assim, entende-se que existe uma construção social que rompe com a igualdade entre homens e mulheres, culminando em posições sociais distintas e hierarquizadas. Dessa forma, justifica-se a ideia da mulher como um ser frágil e o homem como um ser forte por

características biológicas, que, por sua vez, são utilizadas para legitimar desigualdades sociais (LETA, 2003; ARAÚJO, 2005).

Essas desigualdades se estenderam em diversos campos da sociedade, dentre eles, a universidade. A inclusão das mulheres no ensino superior se deu de forma gradativa a partir do século XX. Entretanto, apesar de serem maioria no ensino superior, ao se analisar o cenário das carreiras científicas, o número de homens se destaca nos quesitos cargos de liderança, produção científica e premiações. A título de exemplo, dos 904 cientistas laureados com um prêmio Nobel no período de 1901 a 2018, apenas 51 correspondem a mulheres (NAIDÉK et al, 2020).

IMPORTÂNCIA DO FILME COMERCIAL COMO RECURSO DIDÁTICO

A utilização de um filme como recurso didático, quando empregado de forma adequada, é frequentemente apontada em diversas pesquisas como meio de facilitar o processo de aprendizagem (MASETTO, 2000; PIMENTA, 2011; BORBA, OECHSLER, 2018). Os filmes permitem uma variedade de aplicações no ensino no sentido de potencializar o significado e contextualização das informações, para posterior transformação em conhecimento. Além disso, tornam as aulas mais atrativas, estimulando a reflexão e o despertar de emoções e permitindo a ampliação da capacidade do educando em interagir com os conteúdos (PIMENTA, 2011).

Neste processo, o/a professor/a atua como mediador/a, que pode ocorrer por diferentes formas. Por meio da utilização dos filmes a relação docente-discente pode ser construída através do estímulo à curiosidade, à atenção e ao aumento do interesse. Esse recurso permite uma aproximação da informação com o cotidiano, uma vez que atinge o/a espectador/a por diferentes sentidos e sensações possíveis, por diferentes tipos de linguagens: coloquial, musical, escrita e cultural.

Com relação a linguagem utilizada nos vídeos, em um trabalho envolvendo o tema “vídeos” utilizando vídeos como recurso didático, Silva et al (2012) observaram que quanto mais científica, menor foi o interesse dos alunos. Por outro lado, quando os vídeos apresentavam uma linguagem coloquial, gírias e um vocabulário próximo do cotidiano do aluno, o interesse aumentava. Os autores reforçam que, ainda que a linguagem utilizada seja coloquial, é possível construir conceitos científicos por meio da mediação desenvolvida pelo/a professor/a.

Apesar de os vídeos estarem associados a momentos de entretenimento, sua utilização deve ser feita com cuidado. Moran (1995) destaca que a utilização do vídeo como conteúdo da disciplina ou sua complementação, de forma direta ou indireta, é uma das possíveis utilizações na área de ensino. Entretanto, o autor caracteriza como o uso inadequado quando o vídeo é utilizado para preencher a ausência de um/a professor/a ou mesmo para substituir conteúdo não trabalhado.

Ao apontarem para o cuidado na escolha do vídeo e na determinação dos objetivos da atividade, Berk e Rocha (2019) ressaltam que o/a professor/a acaba restringindo sua escolha em vídeos que desenvolvam os conteúdos e conceitos de forma explícita, assim como os vídeos educativos. Apesar de apresentarem

múltiplas possibilidades de recursos, tais como animações, simulações e recursos sonoros, a grande preocupação do vídeo educativo é com a linguagem formal e técnica, que pode distanciar e diminuir o entendimento dos alunos (BERK; ROCHA, 2019).

Em uma abordagem mais ampla, os filmes comerciais também podem ser utilizados no ensino por apresentarem diversos atrativos – o caráter ficcional, a dramatização e a identificação com os personagens –, que permitem uma maior identificação por parte dos/as alunos/as com a trama e por consequência o interesse pela informação científica. Todavia, há de se ressaltar o fato de a liberdade poética dos filmes propagar erros conceituais que podem ser assimilados e perpetuados pelos/as alunos/as caso não haja interferências e complementações.

Outro ponto desfavorável a utilização de filmes comerciais é a duração, que por serem longos costumam não se adequar ao tempo de aula da disciplina, resultando na necessidade de uma logística mais específica, que, muitas vezes, pode demandar a edição e escolhas de cenas específicas. No entanto, são necessárias certas habilidades e recursos que muitas vezes os/as docentes não apresentam (BERK; ROCHA, 2019).

Diante das potencialidades didáticas, destacamos o uso do filme *Radioactive* (um filme comercial) como recurso didático a partir da SD elaborada com intuito de ir além do ensino dos conteúdos científicos. Nossa abordagem baseia-se na compreensão do filme *Radioactive* como uma obra de ficção com acontecimentos reais (SANTOS; SILVA, 2021). Segundo os autores, o filme apresenta equívocos históricos que podem gerar uma compreensão errônea do contexto abordado na obra, entretanto, argumentam que o filme é um recurso potencialmente útil, desde que se leve em consideração a contextualização da obra no cenário dos registros históricos, apontando falhas nas representações científicas e no contexto histórico.

SOBRE O FILME RADIOACTIVE (2019)

O filme *Radioactive* é baseado no livro *Radioactive: Marie & Pierre: A Tale of Love*, escrito por Lauren Redniss e lançado em 2010. O filme retrata a trajetória de Marie Skłodowska Curie nos seus estudos com a radioatividade bem como sua vida pessoal. Com direção de Marjane Satrape e roteirizado por Rosamund Pike, Sam Riley e Aneurin Barnard, o filme mostra, em 110 minutos, como a caminhada da cientista Marie Skłodowska Curie foi cheia de dificuldades e obstáculos – alvo de misoginia, xenofobia e intolerância –, bem como, as mudanças ocorridas na sociedade com as possibilidades de suas descobertas como as aplicações, principalmente, na medicina, mas também para fins bélicos e políticos e as consequências no uso na guerra.

Centrado em um momento histórico onde as mulheres encontravam muita dificuldade para se inserirem na sociedade, o filme mostra a luta da polonesa Marie Skłodowska para conseguir, primeiramente, um espaço para realizar suas pesquisas. Diante de inúmeras negativas, a jovem Marie teve uma chance de seguir sua pesquisa, em Paris, no laboratório de Pierre Curie, em quem encontrou

um colega de pesquisa, além de um parceiro para a vida com quem se casou (1895) e tiveram duas filhas, ficando viúva com apenas 38 anos de idade.

Um dos aspectos que podem explicar as falhas historiográficas do filme, apontadas pelo estudo de Santos e Silva (2021), é ter tido como consultor científico, como consta na ficha técnica do filme, um professor-associado do Institute of Medical Chemistry da Universidade Semmelweis (em Budapeste), que não é da área da história da ciência.

O filme é, predominantemente, biográfico ao procurar apresentar a personalidade complexa da Marie Curie como mulher e cientista, sua dedicação por seus objetivos científicos e de seus trabalhos no campo da radioatividade (junto com o marido). Porém, exprime uma estrutura dramática da narrativa em algumas cenas, particularmente, as que envolvem o trabalho científico. Nesse sentido, o debate do filme torna-se uma oportunidade para a introdução das questões acerca da natureza da ciência.

Ainda que não tenha sido pensado para fins educativos, o filme *Radioactive* pode ser utilizado – com um planejamento pedagógico e objetivos definidos – como uma fonte para explorar, de forma interdisciplinar, diversos temas pertinentes à disciplina Química, à natureza da ciência e às questões de gênero e ciência (CORREIA et al, 2022). O filme possui momentos ricos que permitem trazer para o debate questões que não costumam estar nos livros didáticos, servindo como recurso para a educação científica e para uma formação que transcende o conteúdo por meio da inserção de temas relacionadas à história das mulheres na ciência e às questões de gênero e ciência.

Especificamente sobre conteúdos científicos, é possível trabalhar em sala de aula: elementos radioativos; tabela periódica; tipos de partículas; fenômenos radioativos naturais e artificiais; características das partículas/radiação; fissão e fusão nuclear. No entanto, salientamos outras temáticas para além desses conteúdos escolares: uso ético do conhecimento, aspectos da história da ciência e da natureza da ciência (produção de conhecimento científico), imagem do/a cientista e da ciência, mulheres na ciência e o reconhecimento ou não, machismo, as representações científicas, contexto científico, tecnológico, social e histórico.

Baseamos a análise do filme em Vanoye e Goliot-Lété (2002), que destacam a ação do analista que, ao examinar tecnicamente o filme, insere/constrói apontamentos que podem gerar reflexões a quem assiste. Procuramos, portanto, considerar o filme como uma narrativa e definir *a posteriori* os aspectos norteadores a serem identificados e trabalhados em sala de aula. Depois de assistir ao filme algumas vezes, como os autores sugerem, buscamos na primeira etapa de análise fílmica decompô-lo em partes/excertos (ou desconstruir segundo os autores) para criar categorias estruturantes ou temas geradores para serem trabalhados em sala de aula.

Analisar um filme ou um fragmento é, antes de mais nada, no sentido científico do termo, assim como se analisa, por exemplo, a composição química da água, decompô-lo em seus elementos constitutivos. É despedaçar, descosturar, desunir, extrair, separar, destacar e denominar materiais que não se percebem isoladamente 'a olho nu', pois se é tomado pela totalidade. Parte-se, portanto, do texto fílmico para 'desconstruí-lo' e obter um conjunto de elementos distintos do próprio filme. Através dessa

etapa, o analista adquire um certo distanciamento do filme. Essa desconstrução pode naturalmente ser mais ou menos aprofundada, mais ou menos seletiva segundo os desígnios da análise (VANOYE; GOLIOT-LÉTÉ, 2002, p.15).

Posteriormente, na segunda fase da análise fílmica (fase de reconstrução), procuramos interpretar a narrativa para a elaboração da sequência de atividades que, baseada em ações dialógicas, investigação ativa e participação coletiva e individual, promova a identificação/construção de conceitos, leitura e imersão crítica sobre o contexto da atividade científica ao despertar o interesse na reflexão e na contextualização histórica.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA POR MEIO DOS EXCERTOS DO FILME RADIOACTIVE

A sequência didática (SD) tem como foco a construção de atividades, a partir do filme *Radioactive* e da análise fílmica, para serem trabalhadas em sala de aula. Adotamos a concepção de SD como um conjunto organizado e coerente de atividades abrangendo um determinado número de encontros, com conteúdos relacionados entre si. Dessa forma, cada encontro insere um processo de construção de sentidos numa dada sequência temporal, podendo ser readaptada e aplicada para turmas do ensino fundamental e médio, bem como ser trabalhada em cursos de formação inicial e continuada de professores.

Para além do ensino e aprendizagem de conceitos científicos, a SD proposta evidencia a busca por promover valores e atitudes pertinentes à alfabetização científica dos alunos. De acordo com Sasseron (2015), os eixos estruturantes da alfabetização científica consideram os conceitos científicos básicos dos conteúdos curriculares da ciência, a natureza da ciência e os fatores que influenciam sua prática, a discussão de episódios da história da ciência aliada às relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, permitindo uma visão mais atualizada da produção científica, identificando as relações que impactam as ciências e são por ela impactadas.

Como proposta da SD, organizamos, de maneira sistemática, algumas atividades de ensino com abordagens diferenciadas desde textual, oral, visual (LINO de ARAUJO, 2013). A SD está estruturada em quatro momentos/encontros: 1º momento: valorizando os conhecimentos prévios; 2º momento: exibição do filme *Radioactive*; 3º momento: os conteúdos científicos e aspectos da natureza da ciência; 4º momento: avaliar é preciso.

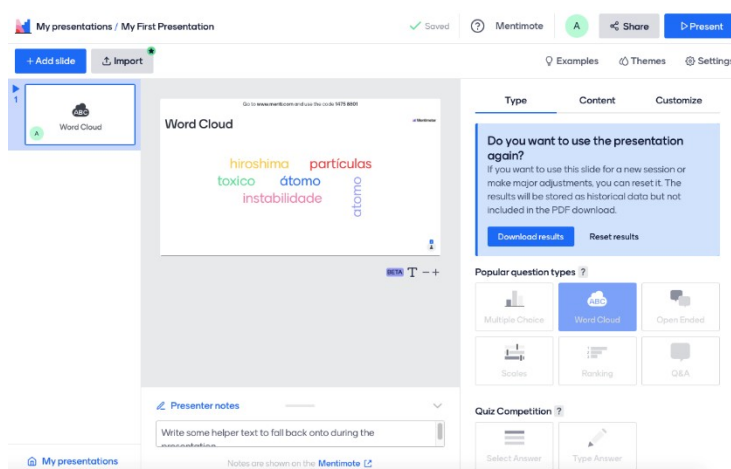
1º momento: valorizando os conhecimentos prévios

Como Lino de Araújo (2013) apresenta, é necessária uma produção inicial ou diagnóstica para o levantamento do entendimento dos/as alunos/as sobre a temática. Com isso, o/a professor/a pode ajustar os conteúdos e as atividades previstas. Segundo Ausubel (*apud* Moreira, 2011), faz parte do processo de ensino diagnosticar os conhecimentos prévios dos/as alunos/as, de maneira a identificar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva. Os subsunçores são estruturas que permitem a interação entre os conhecimentos prévios dos/as

alunos/as com os novos conhecimentos que entram em contato com a estrutura cognitiva.

Para identificar os conhecimentos prévios dos/as alunos/as sobre a temática radioatividade, propomos um primeiro momento de criação de Nuvem de Palavras pelo aplicativo Mentimeter (<https://www.mentimeter/pt-BR>), onde os/as alunos/as deverão escrever três palavras que vem à mente quando pensam em radioatividade. Para poder usar a ferramenta, é preciso que o/a professor/a esteja conectado no mesmo *site* e clicar no botão *word cloud*, sendo possível acompanhar a construção da nuvem conforme os/as alunos/as vão acrescentando as palavras nos retângulos destinados às respostas. Quanto mais vezes uma palavra se repete, maior ela aparecerá no quadro (figura 1).

Figura 1 - A nuvem de palavras formada conforme os/as alunos/as acrescentam as palavras de acordo com a pergunta geradora.



Fonte: Mentimeter (2022).

A partir da análise das palavras respondidas pelos/as alunos/as, é possível dimensionar os possíveis conhecimentos prévios e contemplar em uma explanação as dúvidas ou conceitos equivocados que possam surgir.

2º momento: exibição do filme Radioactive

O filme está disponível no streaming Netflix, sendo necessário que se tenha acesso a uma assinatura. Pela duração do filme, serão necessários dois tempos de 55 minutos cada. O ideal é que os tempos sejam consecutivos para trazer fluidez ao momento em sala de aula.

3º momento: explanação dos conteúdos científicos e dos aspectos da natureza da ciência e mulheres na ciência

O filme “Radioactive” é rico em momentos para desenvolver ou mesmo introduzir conteúdos relativos à radioatividade como: elementos radioativos; tabela periódica; tipos de partículas; fenômenos radioativos naturais e artificiais; características das partículas/radiação; fissão e fusão nuclear. Mas também

apresenta diversas cenas em que é possível debater sobre a presença/trabalho de mulheres na ciência. Mesmo apresentando alguns momentos romantizados, o filme vai além de mostrar apenas o trabalho científico de Marie Curie (e de seu marido) e das suas descobertas referentes à radioatividade.

Para os momentos específicos sobre a participação das mulheres na História da Ciência, propomos algumas perguntas norteadoras para iniciar o debate: Quais são os cientistas que já ouviram falar ou já estudaram? Vocês conhecem alguma cientista ou estudaram alguma cientista? Possivelmente, os/as alunos/as recordarão apenas nomes de cientistas homens, o que permitirá introduzir os seguintes temas: aspectos da história da ciência e da natureza da ciência (produção de conhecimento científico), imagem do cientista e da ciência, mulheres na ciência e reconhecimento ou não, machismo, representações científicas, contexto científico, social e histórico.

A seguir apresentamos um quadro esquemático (quadro 1) com os excertos do filme para serem trabalhados em sala de aula, destacando os conteúdos de radioatividade, o debate sobre a temática das mulheres na ciência e os aspectos da natureza da ciência. As cenas e suas marcações selecionadas são apenas para ilustrar e enriquecer a explanação, com a medição do tempo aproximada para facilitar a identificação da cena em questão. Cabe ressaltar que as cenas podem ser utilizadas em outra sequência; o/a professor/a pode escolher as cenas e a ordem em que deseja utilizá-las.

Quadro 1 – Sugestão de cenas e possíveis abordagens a serem trabalhadas em sala de aula.

Tempo	Cenas	Possível abordagem
10:50	Marie Curie chega ao laboratório de Pierre, e se depara apenas com homens.	Para as mulheres, assim como para Marie Curie foi, extremamente, difícil adentrar tanto para estudar em universidades como fazer e viver da pesquisa científica. Assim, é possível comentar sobre como Marie Curie conseguiu acesso a um laboratório por meio de Pierre Curie. E, ao chegar no laboratório, encontrou apenas homens, um cenário muito comum nas universidades naquela época. Esta cena possibilita discutir sobre como a ciência era/é um espaço de poder e preenchida, majoritariamente, por homens. Mesmo assim, para as mulheres significa também um espaço de luta e resistência; uma possibilidade de promover mudanças e a desconstrução do silenciamento sobre a contribuição das mulheres à ciência.
29:00	Marie e Pierre Curie apresentam ao comitê a descoberta do rádio, do polônio e a ideia de radioatividade	As cenas envolvem a explicação do fenômeno de radioatividade e aborda sobre os elementos rádio e polônio. Neste momento, é possível introduzir o próprio conceito de radioatividade e apresentar as principais características dos

Tempo	Cenas	Possível abordagem
		<p>elementos rádio e polônio, lembrando como extrair estas informações da tabela periódica.</p>
34:30	<p>Marie e Pierre Curie conversam sobre os produtos que estão sendo vendidos e que contém rádio.</p>	<p>Marie e Pierre Curie, até aquele momento da pesquisa, desconhecem os efeitos da radioatividade e ficam fascinados pelo novo elemento químico descoberto, o rádio. A descoberta da radioatividade e do elemento químico rádio fascinaram a sociedade. Diversos produtos contendo rádio eram vendidos: fósforo radioativo, cigarro radioativo, chocolate radioativo...</p> <p>As pessoas ingeriam estes produtos que levavam rádio em sua constituição que, por ser radioativo, representava um prejuízo à saúde. Entretanto, na época em questão ainda não se conheciam os efeitos nocivos da radioatividade e a palavra não apresentava o teor negativo que apresenta atualmente. Se for possível, pode-se apresentar a história das mulheres do rádio.</p>
45:00 – 46:30 – (01:08)	<p>Pierre Curie discursa na conferência de premiação do prêmio Nobel</p>	<p>Este momento engloba uma coletânea de cenas que permitem que debater sobre os aspectos negativos do uso da ciência.</p> <p>a) Pierre Curie, em seu discurso, comenta sobre como as descobertas relacionadas à radioatividade podem trazer benefícios para a humanidade, mas que se utilizadas para o mal, poderiam causar um rastro de destruição. As cenas do discurso de Pierre Curie alternam com cenas da demonstração de um teste com uma bomba atômica. O discurso de Pierre Curie é repleto de trechos para trabalhar os conteúdos de radioatividade.</p> <p>b) No tempo 46:30, é mostrado uma simulação sobre como funciona uma bomba atômica. Este momento permite introduzir os conteúdos sobre fissão e fusão nuclear. Neste ponto, pode-se diferenciar o funcionamento de uma bomba atômica, cujo fenômeno que rege seu</p>

Tempo	Cenas	Possível abordagem
		<p>funcionamento é o da fissão nuclear, da bomba de hidrogênio, cujo fenômeno que rege seu funcionamento é da fusão nuclear. Neste ponto, pode-se ressaltar sobre a diferença de energia envolvida nos dois processos e, inclusive, mencionar sobre o bombardeamento das cidades Hiroshima e Nagasaki (1945), retornando à discussão sobre como a ciência pode ter um efeito prejudicial à sociedade.</p>
1:01	<p>Marie Curie, ao chegar na sala de aula para substituir Pierre após sua morte, é aplaudida pela turma e discursa sobre o elemento rádio.</p>	<p>Marie Curie inicia sua aula discursando sobre o rádio: “quero falar sobre o rádio. Um elemento muito peculiar e notável, porque ele não se comporta como deveria”. A partir dessa frase, os seguintes questionamentos podem ser trabalhados: por que o elemento rádio não se comporta como deveria? Que comportamento é esperado pelos átomos? Neste ponto, pode-se apresentar a estabilidade e a instabilidade nuclear, este último fenômeno associado aos elementos radioativos.</p>
25:50	<p>Marie Curie e os demais realizam procedimentos no laboratório sem proteção pessoal.</p>	<p>Neste momento, Marie Curie e os demais integrantes do laboratório manipulavam substâncias radioativas sem o uso de equipamentos que os protegessem da radiação. É possível mostrar a necessidade de se utilizar equipamentos de proteção individual em laboratório, principalmente ao se manipular materiais radioativos, como é o caso do mineral pechblenda, que contém urânio, um elemento radioativo.</p>
01:05 – 01:09	<p>Marie Curie começa a se questionar sobre a possibilidade de o rádio causar doenças</p>	<p>Neste trecho, Marie Curie aparece deprimida ao se dar conta de que o rádio, elemento pelo qual tinha grande estima e carregava em seu bolso, pode causar doenças nas pessoas que ficam diretamente expostas. Marie Curie inclusive afirma estar anêmica. Na cena seguinte, mostra um diálogo sobre pessoas que, ao trabalharem com tório, também apresentaram sintomas da doença da radioatividade. Neste ponto, é possível trabalhar sobre os efeitos da radioatividade no</p>

Tempo	Cenas	Possível abordagem
01:09	Marie Curie é hostilizada pelas pessoas e pela imprensa em decorrência do seu caso extraconjugal	<p>organismo humano.</p> <p>Marie Curie é vítima de xenofobia por ser polonesa e humilhada na porta de sua residência pela mulher do cientista Paul Langevin, com quem tinha um caso. Conforme a notícia de seu caso se alastra, Marie Curie passa a ser vítima de misoginia, xenofobia e intolerância religiosa: “Escória polonesa” e “Os judeus são todos iguais” são algumas das injúrias que a cientista sofreu.</p> <p>Esses recortes podem ser utilizados para debater os diferentes tipos de preconceitos enraizados na sociedade, que ainda persistem. Este recorte permite, inclusive, apresentar o 5º Objetivo para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU) que aponta as principais metas para a Igualdade de Gênero. Dentre estas metas estão acabar com toda a discriminação e violência contra as mulheres, fatos estes que ocorreram com Marie Curie e podem ser discutidos a partir desta cena.</p>
01:16	O desastre de Chernobyl	<p>Este trecho torna possível discutir um dos maiores desastres radioativos da história: o acidente nuclear ocorrido em Chernobyl (1986). Para tal, existem outros materiais audiovisuais que poderiam auxiliar no tratamento destas questões. A série “Chernobyl” do streaming <i>HBO Max</i> e o documentário “Chernobyl: A História Completa” disponível gratuitamente no <i>Youtube</i> no canal “Ciência Todo Dia”. Ambos os materiais possibilitam discutir os conteúdos de radioatividade apontados nesta SD. O documentário permite também discutir sobre o funcionamento de uma usina nuclear, sendo interessante pois mostra uma utilização positiva da radioatividade atualmente.</p> <p>Inclusive, cabe mencionar sobre a usina nuclear localizada no município de Angra dos Reis, Rio de Janeiro. Pode-se comparar a usina de Chernobyl com as de Angra, enfatizando a segurança dessas instalações.</p> <p>Neste ponto, é interessante debater sobre a ciência e a tecnologia como estratégia para o desenvolvimento do país, mas também sobre a</p>

Tempo	Cenas	Possível abordagem
		<p>concepção ufanista e linear, na qual se presume que mais ciência produz mais tecnologia que gera mais riqueza e, conseqüentemente, mais desenvolvimento social. Além de criticar a abordagem da ciência e tecnologia como formas autônomas da cultura, como atividades neutras e desenvolvidas apenas como fontes de domínio da natureza.</p>
01:20	<p>A organização do prêmio Nobel comunica que Marie Curie foi laureada com mais um prêmio Nobel e sugere que ela não compareça à cerimônia</p>	<p>Marie Curie é laureada novamente com o prêmio Nobel, dessa vez em Química, pela extração dos elementos rádio e polônio. Entretanto, devido aos ataques na mídia, a organização sugere que Marie Curie não compareça na premiação. O que é ignorado pela cientista que comparece. Este fato pode ser utilizado para discussão sobre ambiente sexista e quais seriam os limites entre as vidas pessoal e profissional de um/a cientista. Seria esse comportamento associado ao fato de Marie Curie ser uma mulher? Será que um homem em situação semelhante seria tratado de forma similar? Como a cientista diz no filme: “Estão tendo dificuldade de separar minha vida pessoal da minha vida científica”.</p>
01:22	<p>Marie Curie discursa na premiação do seu segundo prêmio Nobel</p>	<p>A plateia para qual Marie Curie discursava estava repleta de homens. Esta cena pode ser utilizada para ressaltar que, naquela época, a presença das mulheres nos espaços científicos era ínfima e sobre a representatividade das mulheres na ciência.</p>
01:35	<p>Marie e a filha Irene Curie vão à guerra</p>	<p>Marie Curie e sua filha Irene tiveram uma participação na 1ª Guerra Mundial auxiliando no tratamento de soldados. Marie Curie criou uma unidade móvel de raio-X que foi capaz de impedir que diversas amputações desnecessárias fossem realizadas. O filme retrata que a cientista ofereceu suas medalhas do prêmio Nobel para financiar o projeto, mas, na realidade, apesar de ter tentado, não foi possível. Ela utilizou o dinheiro, que recebeu como parte da premiação, para financiar uma unidade e buscou financiamento para outras unidades,</p>

Tempo	Cenas	Possível abordagem
		sendo capaz de montar mais 20. Estes recortes podem ser utilizados para explicar o funcionamento de uma máquina de raio-X.
Final do filme	<p>Ao final do filme, é exibida uma foto (figura 3) da conferência de Solvay (em Bruxelas) de 1927. Marie Curie é a única cientista mulher dentre 27 cientistas homens. Esta foto emblemática pode ser utilizada para discutir questões de representatividade e o papel das mulheres na ciência.</p> <p style="text-align: center;">Figura 3: Participantes da conferência de Solvay, 1927.</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: Oficial da Net.</p>	

Fonte: Autoria própria (2022).

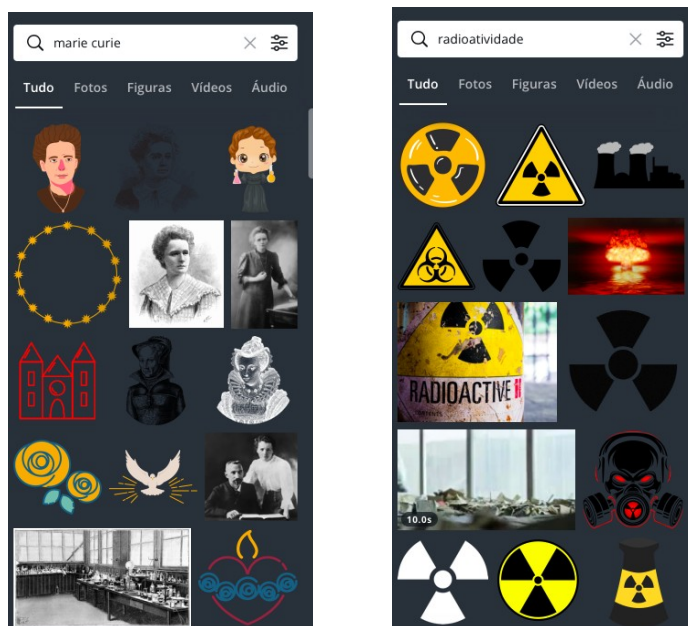
4º momento: avaliar é preciso

A atividade avaliativa é um momento de culminância da sequência, onde a turma, dividida em grupos, realizará uma construção coletiva. A ideia é que os grupos desenvolvam um material interativo de caráter biográfico com a trajetória da cientista Marie Curie, incluindo suas contribuições para o tema da radioatividade de forma a resgatar a participação histórica das mulheres na ciência.

Para tal, os alunos deverão utilizar o recurso Canva (www.canva.com.br), uma plataforma de design gráfico que permite a criação de diversos tipos de conteúdo visuais, dentre os quais estão: apresentações, infográficos, pôsteres etc. O Canva é bastante intuitivo, apresenta diversos recursos gratuitos, é de fácil manipulação e permite que a atividade seja feita de forma colaborativa mediante o compartilhamento e o desenvolvimento da criatividade.

Na figura 4, apresentamos alguns exemplos de itens da plataforma Canva, dentro da temática trabalhada na sequência didática proposta, que podem ser utilizados para a produção da atividade final.

Figura 4: Exemplos de elementos obtidos ao pesquisar por “Marie Curie” e “radioatividade” para a elaboração da atividade final.



Fonte: Canva (2022).

O objetivo desta atividade é que os/as alunos/as se aprofundem na história de Marie Curie e de suas principais contribuições para a ciência, bem como, desenvolvam a criatividade e a habilidade de cooperação. Para elaborar a atividade coletiva, os componentes dos grupos deverão pesquisar na internet ou em livros, e, dessa forma, poderão exercitar a autonomia ao assumirem uma postura ativa diante do processo de aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscamos apresentar, nesse estudo, a sequência didática desenvolvida para proporcionar a reflexão acerca das temáticas apresentadas no filme Radioactive e fomentar uma forma diferente de pensar o trabalho científico e o papel de homens e mulheres na ciência em sala de aula. Nesse sentido, a abordagem se mostra relevante para desenvolver uma postura mais crítica diante de tantas incongruências e conscientizar alunas e alunos para o problema da sociedade que remete ao silenciamento feminino nas ciências e em outras áreas.

Ao considerarmos o uso do filme Radioactive como um recurso didático para o processo de ensino-aprendizagem, apontamos o seu potencial para desvelar os caminhos não lineares, dificuldades e atitudes que fizeram chegar até o que entendemos atualmente acerca da atividade científica. No entanto, evidenciamos que o filme Radioactive deva ser visto como uma leitura do que ocorreu a partir do viés tanto do roteiro como da direção, e não um retrato fidedigno dos acontecimentos.

Trabalhar com filmes comerciais em sala de aula pode trazer um ambiente de descontração para as aulas, mas sem que se perca a abordagem dos conteúdos previstos para a disciplina. Assim posto, ressaltamos a importância de

a SD envolver planejamento e a determinação de um objetivo para a aplicação do filme *Radioactive* como um recurso didático.

Ainda que não exista um caminho único ou correto na utilização dos filmes, é importante considerar as singularidades de cada turma e o conhecimento prévio dos/as alunos/as, a fim de determinar a estratégia mais adequada para alcançar o objetivo da aprendizagem significativa. Nesse sentido, destacamos a postura do/a professor/a como mediador/, que por meio de suas experiências e saberes, possibilita a compreensão dos conteúdos científicos, mas também do contexto em que se insere o processo de construção. Por isso, o contexto da aplicação da sequência didática desenvolvida privilegia cenas para subsidiarem a explanação de um tema pouco explorado nos livros didáticos e no currículo conteúdo, radioatividade, mas também a discussão acerca dos aspectos da natureza da ciência e de gênero na ciência.

É mister a promoção pela igualdade e pluralidade na ciência, na sociedade e na escola. Para isso é preciso gerar oportunidades de transformações nos discursos e nos comportamentos dos cidadãos capazes de promover e lutar por valores mais éticos, antirracistas e democráticos.

The film “radioactive” and the history of women in science: a proposal of didactic sequence

ABSTRACT

The History of science can be used to highlight and recognize the contribution and expressive role of women in science. In this perspective, the present work, with a qualitative-propositional approach, aims to present an educational product (a didactic sequence) developed to work the film "Radioactive" (2019), going beyond the scientific contents by bringing to the debate the theme of the history of the women in science and gender and science issues. In the context of a propositional methodological approach, we start from a filmic analysis to explore the didactic potentialities defined in a sequence of activities initiated by the survey of the students' previous knowledge, followed by a problematization of the theme and the excerpts of the film specific to introduce the teaching of radioactivity and promote the debate about the difficulty of entering the scientific career, discrimination and perpetual erasure of female production in science, and ended with a moment of evaluation built collectively by the students. As a result, the didactic sequence prioritizes the interventional process to break with a science teaching that ignores the production of women in science and gender inequality throughout the history of science. Thus, it shows itself with potential oriented to the development of a posture questioner and criticism of students before their learning process focused on a citizen formation.

KEYWORDS: History of science. Science teaching. Didactic sequence. Radioactive Movie.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. de F. Diferença e igualdade nas relações de gênero: revisitando o debate. **Psicologia Clínica** [online], v. 17, n. 2, p. 41-52, 2005.
- BERK, A.; ROCHA, M. O uso de recursos audiovisuais no ensino de ciências: uma análise em periódicos da área. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 107. Jan./Ab., p. 72-87, 2019.
- BRANCO, E. P., BRANCO, A. B. G., IWASSE, L. F. A., ZANATTA, S. C. Uma visão crítica sobre a implantação da Base Nacional Comum Curricular em consonância com a Reforma do Ensino Médio. **Debates em Educação**, v. 10, n. 21, 2018.
- BROIETTI, F. C. D; CELA, K. D.; SOUZA, W. Uma Proposta Alternativa Contextualizada Para o Ensino de Radioatividade. In: **CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA**, Londrina, v. 1, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BORBA, M.C.; OECHSLER, V., Tecnologias da Educação: o uso de vídeos em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.11(2), p. 391-423, 2018.
- CORREIA, A. C. V., SIQUEIRA, C. C., SALGADO, S. C. M., COSTA, W. G. C. Radioactive: Análise do potencial do filme como material de Divulgação Científica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 2022.
- CHASSOT, A. I. **A Ciência é masculina? É sim, senhora!** 4. ed. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 2003.
- FERNANDES, M. das G. M. O corpo e a construção das desigualdades de gênero pela ciência. **Physis: Revista de Saúde Coletiva** [online]. v. 19, n. 4, pp. 1051-1065, 2009.
- GOULART, S. M. História da ciência: elo da dimensão transdisciplinar no processo de formação de professores de ciências. In: SANTOS, A.; LIBÂNEO, J. C. (orgs). **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. São Paulo: Alínea, 2005.
- LETA, J. As mulheres na ciência brasileira: crescimento, contrastes e um perfil de sucesso. **Estudos avançados**. v. 17, n. 49, 2013.
- LINO, T. R; MAYORGA, C. As mulheres como sujeitos da Ciência: uma análise da participação das mulheres na Ciência Moderna. **Saúde & Transformação Social**, Florianópolis, v.7, n.3, p.96-107, 2016.
- LINO de ARAÚJO, D. O que é (e como faz) sequência didática? **Entrepalavras**, v. 3, n. 1, p. 322-334, 2013.
- MASETTO, T. M. Mediação Pedagógica e o uso da tecnologia. In: MORAN, J. M.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 16 ed. Campinas (SP): Papirus, 2009.
- MICHETTI, M. Entre a legitimação e a crítica: as disputas acerca da Base Nacional Comum Curricular. **RBCS**, v. 35, n. 102, 2020.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação & Educação**, v.2, p.27-35, 1995.

MOREIRA, A. **Teorias de aprendizagem**. 2ª ed. ampliada. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 2011.

NAIDEK, N., SANTOS, Y. H., HELLINGER, R., HACK, T., ORTH, E. Mulheres cientistas na química brasileira. **Química Nova**, 43(6), p. 823-836, 2020.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

PENAFRIA, M. Análise de Filmes: conceitos e metodologias. **VI CONGRESSO SOPCOM**, p. 1-10, abril, 2009.

PIMENTA, S. A. Introdução aos recursos audiovisuais em educação. In: GUERRA, R. A. T. (org.). **Cadernos Cb Virtual 7**. João Pessoa: Ed. Universitária, 2011.

PUGLIESE, G. **Sobre o “Caso Marie Curie”: a radioatividade e a subversão do gênero**. São Paulo: Alameda, 2009.

PROENÇA, A. O; BALDAQUIM, M. J.; BATISTA, I. L; BROETTI, F. C.D. Tendências das Pesquisas de Gênero na Formação Docente em Ciências no Brasil. **Química Nova na Escola**. v. 41, n.1, fev., 2019.

SANTOS, C. A. dos; SILVA, L. L da A. História que o filme Radioactive não conta e a percepção de alunos de licenciatura em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física [online]**. 2021, v. 43 [Acessado 9 Maio 2022]. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0037>>

SILVA, F. F. Mulheres na ciência: vozes, tempos, lugares e trajetórias. **Dissertação** (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Instituto de Educação, Universidade Federal do Rio Grande, 2014.

SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A.F; ALMEIDA, A.V. O ensino. Aprendizagem de radioatividade: análise em periódicos nacionais e internacionais. **XVI Encontro Nacional de Ensino de Química** (XVI ENEQ e **X Encontro de Educação Química da Bahia** (X EDUQUI)), jul, 2012.

SILVA, L.S.; MARTINI C.; DOMINGOS, D. C. A.; LEAL, P. G.; FILHO.; E. B; FIORUCCI, A.R. A Utilização de Vídeos Didáticos nas Aulas de Química do Ensino Médio para Abordagem Histórica e Contextualizada do Tema Vidros. **Química Nova na Escola**, v. 34, N. 4, p. 189-200, novembro, 2012.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **ENSAIO**. Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49-67, nov. 2015.

TÍLIO, R. Teorias de gênero: principais contribuições teóricas oferecidas pelas perspectivas contemporâneas. **GÊNERO**, v.14, n.2, p.125-148, 2014.

VANOYE, F.; GOLIT-LÉTÉ, A. **Ensaio sobre a análise fílmica**. 2. Ed. Campinas: Papirus, 2002.

Recebido: 30 jun. 2022

Aprovado: 02 abr. 2023

DOI: 10.3895/actio.v8n1.15685

Como citar:

THOMÉ, Amanda Ramos de Mattos; MENDES, Marta Ferreira Abdala. O filme "radioactive" e a história das mulheres na ciência: uma proposta de sequência didática. **ACTIO**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 1-20, jan./abr. 2023. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX

Correspondência:

Amanda Ramos de Mattos Thomé
Rua Senador Furtado, n. 121, Bairro Maracanã, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

