

**Luz, Câmera, Alfabetização Científica! Compreendendo o protagonismo de Marie Curie pela obra cinematográfica *Radioactive*<sup>+</sup>\***

---

*Marcos Gervânio de Azevedo Melo*<sup>1</sup>

Instituto de Ciências da Educação – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Santarém – PA

*Bettina Heerdt*<sup>1</sup>

Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Ponta Grossa – PR

**Resumo**

*Embora a indústria cultural se preocupe, muitas vezes, em concentrar esforços para proporcionar um simples divertimento, as obras cinematográficas podem ir além do entretenimento e oferecer possibilidades incomensuráveis de reflexão de temas no campo científico, tecnológico e social. Por isso, o objetivo deste artigo é analisar a obra cinematográfica *Radioactive* procurando compreender contribuições desse filme para a alfabetização científica e tecnológica da sociedade. Utiliza-se a técnica de Análise de Conteúdo de Bardin. O filme mostra que a compreensão sobre a estrutura do átomo estava em pleno desenvolvimento e revela um pouco da dificuldade para se entender, naquele momento, a natureza dos raios emitidos pelos átomos instáveis mencionados por Marie Curie. A obra cinematográfica permite refletir visões distorcidas da C&T como a ideia individualista e elitista que ignora o trabalho coletivo dos cientistas e que entremostra a ciência como sendo uma atividade de homens brancos que estariam aptos a decidir temas sociais que envolvem C&T. O filme parece nos deixar uma série de mensagens, mas podemos destacar aquela que valoriza a democratização da ciência e, principalmente, com a participação necessária da mulher como sujeito do processo.*

---

<sup>+</sup> Light, Camera, Scientific Literacy! Understanding Marie Curie's protagonism by *Radioactive* cinematographic work

<sup>\*</sup> Recebido: 18 de agosto de 2020.  
Aceito: 13 de julho de 2021.

<sup>1</sup> E-mails: [marcosgervanio@gmail.com](mailto:marcosgervanio@gmail.com); [bettina\\_heerdt@yahoo.com.br](mailto:bettina_heerdt@yahoo.com.br)

**Palavras-chave:** *Alfabetização Científica e Tecnológica; Filme; Marie Curie; Democratização da Ciência.*

### **Abstract**

*Although the cultural industry is often concerned with concentrating efforts to provide simple entertainment, cinematographic works can go beyond entertainment and offer immeasurable possibilities for reflecting on topics in the scientific, technological and social fields. Therefore, the objective of this article is to analyze the cinematographic work *Radioactive*, seeking to understand the contributions of this film to the scientific and technological literacy of Society. Bardin's Content Analysis technique is used. The film shows that the understanding of the structure of the atom was in full development and reveals a little of the difficulty to understand, at that moment, the nature of the rays emitted by the unstable atoms mentioned by Marie Curie. The cinematographic work allows reflecting distorted views of S&T as the individualistic and elitist idea that ignores the collective work of scientists and that shows science as being an activity of white men who would be able to decide social issues involving S&T. The film seems to leave us a series of messages, but we can highlight the one that values the democratization of science and, mainly, with the necessary participation of women as subjects of the process.*

**Keywords:** *Scientific and Technological Literacy; Film; Marie Curie; Democratization of Science.*

## **I. Introdução**

A educação científica passa por uma série de desafios que se estendem desde a necessidade de abordagens interdisciplinares e contextualizadas, transitando pela importância de se valorizar competências que exijam conhecimentos específicos, até a indispensável exigência de se formar um sujeito crítico para atuar com responsabilidade, e de forma solidária, no mundo cuja realidade é dinâmica. Portanto, a educação científica pressupõe a conscientização.

Nesse contexto, é preciso estar atento às possibilidades das atividades de divulgação científica que possuem “entre seus objetivos a popularização da ciência ou a comunicação pública da ciência, responsáveis por levar esse conhecimento ao alcance da sociedade” (GALVÃO; FELICIO; NOLL, 2020, p. 163). Entre as atividades que podem compor essa empreitada, destacam-se o teatro e o cinema (MEDEIROS, 2018) como caminhos

contributivos, pois se entremostam como instrumentos interessantes na aproximação entre arte e ciência.

Assim, embora a indústria cultural se preocupe, muitas vezes, em concentrar esforços para proporcionar um simples divertimento, as obras cinematográficas podem ir além do entretenimento e oferecer possibilidades incomensuráveis de reflexão de temas no campo científico, tecnológico e social (MELO; SILVA, 2019; MELO, 2021).

Um filme que merece tal atenção, pela amplitude de possibilidades reflexivas relacionadas a ciência, é *Radioactive* (2019), pois representa uma obra cinematográfica que fala de ciência e que coloca a mulher como protagonista, visto que permite observar três prêmios Nobel a ela associado.

O filme faz uma representação da história da físico-química experimental Marie Curie, cientista de origem polonesa (Maria Skłodowska) que vai estudar em Paris em 1891, pois na Polônia não se aceitava mulheres na universidade. Na França, conhece Pierre Curie com quem se casa e tem duas filhas, Irène e Ève. Marie é interpretada pela atriz Rosamund Pike e Pierre, por Sam Riley. A obra cinematográfica encena o protagonismo de Marie Curie que, ao lado de Pierre, consegue realizar a descoberta dos elementos Rádio e Polônio, bem como revelar consequências de suas instabilidades, a radioatividade<sup>2</sup>.

É claro que não é possível representar, na íntegra e numa única película, os desdobramentos de uma história longa e rica, pois observando-se os trabalhos de Peduzzi (2015), percebe-se que o estudo da radioatividade pode ser discutido começando desde a descoberta do raio-X por Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923), passando pelos trabalhos de Henri Poincaré (1854-1912) e Henri Becquerel (1852-1908), entre outros, para chegar nas pesquisas da/o Curie. Contudo, mesmo reconhecendo os limites de uma obra cinematográfica, o filme *Radioactive* possibilita diversas abordagens e olhares potencialmente contributivos ao ensino de ciências.

O longa-metragem, que é uma adaptação do livro de Lauren Redniss<sup>3</sup> intitulado: *Radioactive: Marie & Pierre Curie: A tale of love and fallout*<sup>4</sup>, mostra uma sociedade francesa conservadora na virada do século XIX para o XX, pois desvela a resistência à liberdade de ação e de pensamento da mulher oferecida, inclusive, por membros da academia.

---

<sup>2</sup> “*Radioactive*”, Marjane Satrapi, 2019, Reino Unido. Disponível em: <[https://www.imdb.com/title/tt6017756/?ref\\_=fn\\_al\\_tt\\_1](https://www.imdb.com/title/tt6017756/?ref_=fn_al_tt_1)>. Acesso em: 20 jul. 2020.

<sup>3</sup> Artista e autora de obras de não-ficção visual. Essa escritora americana usa as artes gráficas e visuais articulando-as com a biografia e a história cultural, expandindo, assim, o reino da não-ficção. É também professora, lecionando na Parsons, a New School for Design, localizada na cidade de Nova York. Disponível em: <<http://laurenredniss.com/>>, em <<https://www.amazon.com/Radioactive-Marie-Pierre-Curie-Fallout/dp/0062416162>> e em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Lauren\\_Redniss](https://en.wikipedia.org/wiki/Lauren_Redniss)>. Acesso em: 20 jun. 2021.

<sup>4</sup> Esse livro baseia-se nas reportagens originais realizadas por Lauren Redniss na Ásia, na Europa e nos EUA, compreendendo entrevistas realizadas pela autora com cientistas, engenheiros, especialistas em armas, com sobreviventes da bomba atômica e, inclusive, com a própria neta de Marie e Pierre Curie. O livro, finalista do *National Book Award*, articula questões relacionadas a tecnociência nuclear com uma história de amor que acontece na Paris do século XIX. Disponível em: <<http://laurenredniss.com/>> e em <<https://www.amazon.com/Radioactive-Marie-Pierre-Curie-Fallout/dp/0062416162>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

A película permite revelar desdobramentos da relação ciência-tecnologia, visto que oportuniza cenas que articulam o desenvolvimento científico e tecnológico, oriundos do trabalho do casal Curie, com futuras consequências sociais e ambientais.

Por isso, este trabalho é orientado pela seguinte questão: quais contribuições, à promoção da alfabetização científica e tecnológica da sociedade, podem aparecer com a análise do filme *Radioactive*? O objetivo deste artigo é analisar a obra cinematográfica *Radioactive* procurando compreender contribuições desse filme para a alfabetização científica e tecnológica da sociedade (ACT).

## II. Metodologia

O estudo começa por um contato com a obra cinematográfica *Radioactive*. Nesse momento, percebeu-se a amplitude das questões, ligadas à ciência, tecnologia e gênero que eram oportunizadas no filme. Diante disso, surge o interesse em compreender seu potencial pedagógico no que se refere ao processo de ACT. Contudo, as categorias de análise surgem a *priori*, do referencial teórico adotado, pois representam os eixos estruturantes de alfabetização científica, recomendados por Sasseron e Carvalho (2011), sendo tais categorias:

- ✓ compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática;
- ✓ compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais;
- ✓ entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Assim, o filme foi contemplado diversas vezes para que trechos pudessem ser destacados e formassem a unidade de contexto para a Análise de Conteúdo de Bardin (2011). As unidades de contexto foram selecionadas com a intenção de oportunizar o aparecimento de temáticas relevantes às unidades de registros (UR), pois segundo recomendações de Bardin (2011), a análise de objetos relacionados à comunicação de massa, como o cinema, por exemplo, pode ser realizada valorizando temas. Por isso, é importante salientar que tais temáticas foram surgindo ao se observar trechos do filme que se destacavam de acordo com as categorias já estabelecidas. Além disso, cada temática a ser apresentada na UR precisou proporcionar o surgimento de uma subcategoria (SC) que abrangesse o trecho do filme, mas que pudesse conversar com uma das categorias estabelecidas a *priori*.

Assim, apesar dos eixos estruturantes de alfabetização científica, que formam as categorias, surgirem a *priori*, todos os elementos (unidade de contexto, unidade de registro e subcategoria) que conversam com esses eixos, foram aparecendo mediante o contato com o filme. Tal abordagem pode ser observada no quadro 1, no trecho de análise do filme.

Em seguida, utiliza-se o referencial teórico para dialogar e favorecer a interpretação dos trechos da unidade de contexto e, assim, consolidar o momento de inferência da análise de conteúdo de Bardin (2011).

Diante do exposto, pode-se perceber a estratégia documental da pesquisa, pois se trata da utilização de filmes como fonte de informações (GIL, 2008) e a revisão de

documentos, como materiais audiovisuais, representa uma técnica importante das pesquisas qualitativas para a coleta de dados (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006).

### III. Referencial Teórico

A alfabetização científica pode ser encarada como uma dimensão fundamental da cultura de cidadania, visto que sua reivindicação passa pela necessidade de resistir à reserva do conhecimento científico aos domínios de uma pequena elite (CACHAPUZ *et al.*, 2011).

Assim, a compreensão do conceito de alfabetização científica implica entender a necessidade de se promover “capacidades e competências entre os estudantes capazes de permitir-lhes a participação nos processos de decisões do dia a dia” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 60). Isso possibilita entender que a “tarefa do sujeito que pensa certo não é transferir, depositar, oferecer, doar ao outro, tomado como paciente de seu pensar, a inelegibilidade das coisas, dos fatos, dos conceitos” (FREIRE, 1996, p. 38), mas criar condições para desenvolver sua autonomia.

Nesse contexto, Auler e Delizoicov (2001) mencionam que a alfabetização científico-tecnológica “abrange um espectro bastante amplo de significados traduzidos através de expressões como popularização da ciência, divulgação científica, entendimento público da ciência e democratização da ciência” (p. 123). Os autores chamam atenção para a prioridade do ensino de conceitos na ACT reducionista e o quanto tal prevalência pode contribuir para a aceitação de mitos ligados à ciência e tecnologia (C&T). Por isso, trabalhar as diversas dimensões da ciência, oportunizando os conteúdos procedimentais, atitudinais e epistemológicos, possibilita favorecer a conscientização do indivíduo, representando um importante “instrumento que serve para eliminar os mitos culturais que permanecem no espírito das massas” (FREIRE, 1980, p. 93).

A conscientização se faz necessária, sobretudo, diante de uma realidade dinâmica e por isso se torna indispensável para que o estudante possa tomar decisões e “perceber tanto as muitas utilidades da ciência e suas aplicações na melhora da qualidade de vida, quanto as limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento” (CHASSOT, 2003, p. 99). Por isso, Marques e Marandino (2018) entendem a alfabetização científica como:

*processo que ocorre dentro e fora da escola e que implica: i) a promoção de diálogos e aproximações entre a cultura experiencial dos indivíduos e a cultura científica; ii) a apropriação de saberes relacionados a termos e conceitos científicos, à natureza da ciência, às relações entre ciência, tecnologia e sociedade; iii) a promoção de condições necessárias à realização de leituras críticas da realidade, à participação no debate público, à tomada de decisão responsável, à intervenção social em uma perspectiva emancipadora e de inclusão social (p. 7).*

Essa preocupação de se promover alfabetização científica direcionando atenção à inclusão social compreende, também, uma participação mais democrática da mulher em todo processo que envolva a produção do conhecimento científico.

Ao discutir os termos “letramento científico” e “alfabetização científica”, Cunha (2017) questiona o que é socialmente relevante e politicamente pertinente e chama atenção para a importância da discussão do papel da mulher na ciência, principalmente quando se trata de ocupar posições de liderança, pois a predominância de homens em cargos mais elevados pode ser conferida em instituições como a Sociedade Brasileira de Física – SBF que, pela primeira vez, após 55 anos de existência, apresenta uma mulher eleita para ocupar a sua presidência<sup>5</sup>, a professora Débora Peres Menezes.

Na escola, algumas/ns professoras e professores naturalizam e negam a existência de questões de gênero na Ciência e na sociedade, negam o ambiente científico como desfavorável para as mulheres e justificam a não permanência em algumas áreas científicas como falta de determinação (HEERDT; BATISTA, 2016), na formação de professoras e professores de Ciências as “questões de gênero são tipicamente negligenciadas” (MARTINS, JUNIOR, 2020, p. 616). Diante do exposto, uma possibilidade de se promover ACT na educação científica, oportunizando-se refletir sobre questões que envolvem C&T, bem como sobre seus desdobramentos sociais, pode ocorrer ao levar em consideração os eixos estruturantes propostos por Sasseron e Carvalho (2011), quais sejam:

✓ *compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática;*

Refere-se à ciência como um arcabouço de conhecimento dinâmico, em constante transformação, amparado por um processo de aquisição de dados, por análises e por síntese de resultados que fundamentam os saberes. Possibilita auxiliar para que tanto o caráter humano quanto o social, característicos das investigações científicas, sejam destacados. Ademais, vislumbra contribuições comportamentais dos atores diante de informações que exigem reflexões, levando-se em conta o contexto, antes de situações de tomada de decisão.

✓ *compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais;*

Para este eixo, almeja-se a construção de conhecimentos científicos que possam ser aplicados pelo indivíduo, de maneira apropriada, em situações diversas do seu cotidiano. Assim, refere-se à importância da compreensão de conceitos-chave para o entendimento de informações e situações relacionadas ao dia a dia.

✓ *o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.*

Neste eixo, preocupa-se com entrelaçamento das esferas, pois a solução rápida de um problema, numa área específica, pode ocasionar, posteriormente, o surgimento de um novo problema associado. Por isso, compreende uma necessidade de entender as aplicações dos

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://noticias.ufsc.br/2021/06/professora-da-ufsc-e-a-primeira-mulher-eleita-para-presidir-a-sociedade-brasileira-de-fisica/>>. Acesso em: 22 jun. 2021.

conhecimentos construídos pelas ciências levando em conta as ações que podem ser provocadas pela utilização destes.

#### IV. Análise do filme *Radioactive*

Nesta seção, apresenta-se a análise do filme *Radioactive* por intermédio da metodologia da Análise de Conteúdo de Bardin (2011), oportunizando-se entrever contribuições dessa obra cinematográfica à promoção da ACT. A formação das unidades de contexto compreende trechos do filme que se destacaram em relação às categorias estabelecidas a priori. Também foi mediante o contato com o filme que surgiram as temáticas das UR e as SC abrangendo tais temáticas.

O quadro 1 sistematiza o processo de análise do filme e, portanto, os trechos apresentados na unidade de contexto constituem falas, ações e sentimentos que são frutos de uma representação de personagens de uma obra cinematográfica e que não pretendem ser apresentados como objetos fidedignos da História da Ciência. Por isso, as conversas, atitudes, percepções e procedimentos de Marie e Pierre, apresentados no mencionado quadro, são, na realidade, de personagens que interpretam a(o) cientista na no filme *Radioactive*.

Quadro 1 – Análise de conteúdo de trechos do filme *Radioactive*

Categoria	SC	UR	Unidades de contexto
Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.	Modelo científico	Radioatividade natural	Para explicar a radioatividade no filme, Marie faz uma analogia com a uva: “pense numa uva. Como ela vira vinho? Você a esmaga e ela fermenta. Imagine se elas próprias se esmagassem e fermentassem e transformassem sua própria natureza. E se eu disser que enquanto a uva se transforma em vinho, gera uma poderosa fonte de energia, poderosa para fazer acontecer. Você se animaria, certo? Então, a ciência está mudando...”.

	Questões de gênero na ciência	<p style="text-align: center;">A mulher na ciência</p> <p>➤ <i>As relações de gênero na academia:</i></p> <p>Marie protesta junto aos membros da universidade, pois seus equipamentos são retirados do lugar, ela não tem um espaço e não é respeitada pelos colegas, visto que os membros insinuem que seus equipamentos ocupam espaço e incomodam os demais e, assim, é convidada a sair do laboratório que ocupava. Ela conversa com a irmã: “Talvez por eu ser polonesa? Ou por que não sou homem?”. Marie consegue um laboratório, equipamentos e materiais para a realização da pesquisa por meio de Pierre. Pierre conta a Marie que foi promovido a professor na Sorbonne, logo após eles terem apresentado a descoberta dos dois novos elementos, polônio e rádio. Pierre fala a Marie “nosso trabalho está concorrendo ao prêmio Nobel [...] a honra só menciona o meu nome”. Pierre vai receber o prêmio Nobel e quando retorna, diz a Marie: “meu discurso falou apenas de você e do seu trabalho”. Marie responde: “sou apenas a esposa”. Após a morte de Pierre, Marie é indicada para ocupar sua cadeira como professora da Sorbonne. Porém, ao discutir com os membros da academia, um deles se desculpa com os demais, dizendo: “perdão cavalheiros, atitude típica, infelizmente”.</p> <p>➤ <i>As relações de gênero na vida privada:</i></p> <p>Sua fragilidade é representada enquanto um ser humano que tem medo de “entrar no hospital”. Ao ser pedida em casamento, proclama que jamais será a mulher que Pierre quer que ela seja, “sou egoísta”. Pierre contesta ao dizer: “não, é autocentrada”. Contudo, o episódio entremostra seu desejo de ser pedida em casamento. Pierre termina dizendo: “nunca te consideraria minha mulher, gostaria de dividir minha vida com você”. Marie aparece nas cenas cuidando das filhas e fala para Pierre: “estou te dando filhos e mantendo a sua casa”. Após a morte de Pierre, Marie diz: “eu não consigo fazer nada sem ele”, relatando tal sentimento a Paul.</p> <p>➤ <i>As relações de gênero na sociedade:</i></p> <p>Numa discussão com a esposa de Paul, Marie escuta: “você é Marie Skłodowska, a polonesa imunda que inventou um veneno”. As cartas do relacionamento de Marie e Paul são publicadas no jornal, expondo-a e isso fica explícito na cena em que se fala: “a imprensa está indignada pelas mulheres terem prazer. Sim, estou falando de sexo”. Isso incitou o ódio fazendo com que Marie escutasse: “saia da França, imigrante suja. Volte para seu país, polonesa suja”. Além disso, os jornais publicam: “o ministro reexaminara a nomeação da senhora Curie”.</p>
--	-------------------------------	--

Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.	Radioatividade natural	<p>Átomos instáveis</p> <p>Pierre e Marie anunciam à comunidade científica a descoberta dos elementos Rádium e Polônio. Marie diz: “todos achávamos que os átomos eram finitos e estáveis. Acontece que alguns não são e em sua instabilidade, eles emitem raios e eu os chamei de radioatividade. Estamos aqui para dizer que fundamentalmente, entenderam mal o átomo”. O filme mostra a aclamação e reconhecimento dos jornais com matérias: “Polônio e Rádium descobertos. O Rádium viola as leis fundamentais. Átomos instáveis”. Marie aparece diversas vezes portando um frasco com seu produto radioativo. Pierre a informa: “Recebemos outro pedido de sais aromáticos radioativos. Prevenção para calvície”. E mostra outros produtos que derivam de suas pesquisas: “<i>fósforo radioativo, cigarros de rádio, chocolate radioativo, creme dental radioativo e pó de arroz radioativo</i>”.</p>
Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.	Reflexão sobre o modelo linear de	<p>Bem-estar social</p> <p>Pierre fala para Marie que um dermatologista percebeu uma diminuição considerável no tamanho de um tumor cancerígeno ao utilizar cloreto de rádio; Marie pergunta: “ele acha que o nosso rádio pode curar o câncer?” e Pierre responde: “[...] é apenas o começo. Eu posso sentir nosso trabalho brilhar [...] mudando o mundo”. Nesse momento (do início do século XX), o filme avança no tempo e dois trechos ganham destaques. Primeira cena: mostra Peter, em Cleveland de 1957, um garoto que seria o primeiro paciente com câncer submetido ao tratamento com um acelerador linear cuja radioterapia, segundo o médico, teria grandes possibilidades de reduzir o seu tumor cancerígeno. Segunda cena: mostra a <i>Little Boy</i> caindo sobre a cidade de Hiroshima no fatídico 6 de agosto de 1945.</p>

Fonte: autores

### **Categoria: Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**

Esta categoria aparece nos trechos do filme e permite refletir sobre modelo científico e sobre questões de gênero na ciência, sendo estes os elementos a serem discutidos nas subcategorias.

#### **Subcategoria: Modelo científico**

É importante dizer que, segundo Alves (1981, p. 38), “modelos são construções intelectuais, palpites, apostas baseadas na crença de que existe uma relação de analogia entre o que conhecemos e o que desejamos conhecer”. Contudo, existem críticas sobre a concepção, que se restringe a uma questão de similaridade, envolvendo o modelo e a entidade que está sendo modelada, pois “assumir os modelos como representação de algo, implica em reconhecer que se conhece suficientemente esse ‘algo’ ao ponto de ser capaz de identificar o seu conteúdo, bem como a maneira de representá-lo” (MOZZER; JUSTI, 2018, p. 157).

Assim, ao empregar a metáfora da uva, a personagem que representa Marie no filme lança mão de um modelo para a interpretação da radioatividade, pois a analogia com a uva permite perceber que os modelos representam construtos objetivamente simplificados (aproximações) da realidade que se quer estudar, oportunizando explicações e informações relativas à entidade sob estudo (BATISTA, SAVI e LUCAS, 2011), não uma reprodução fiel do original.

Nesse contexto, os trabalhos de Mozzer e Justi (2018) destacam que a elaboração de modelos pode acontecer mediante buscas ou criações que se estabeleçam por relações de similaridade (analogia) atribuída entre um domínio que se conhece e outro desconhecido ou insuficientemente conhecido.

Sabe-se, hoje, da existência de alguns elementos químicos que apresentam núcleos instáveis, ou seja, aqueles que se desintegram de forma espontânea e, por isso, são chamados radioativos. Para antever isso, a personagem que representa a cientista faz uma interessante analogia com as uvas, qual seja: “imagine se elas próprias se esmagassem e fermentassem e transformassem sua própria natureza”. Isso permite perceber que “na ciência, portanto, modelos não são miniaturas, cópias em escala reduzida. Não conhecemos o original para dele fazer uma réplica” (ALVES, 1981, p. 35).

Diante do exposto, a metáfora da uva possibilita compreender que as analogias podem igualmente ser compreendidas como artefatos de pensamento, pois aquele ou aquela que raciocina analogicamente, poderá buscar ou criar relações com intuito de gerar e/ou aumentar o seu conhecimento relacionado a um domínio alvo (MOZZER; JUSTI, 2018). Assim, observando-se o trecho do filme que destaca: “e se eu disser que enquanto a uva se transforma em vinho, gera uma poderosa fonte de energia, poderosa para fazer acontecer”, pode-se perceber, segundo Mozzer e Justi (2018), o quanto uma cientista, como Marie Curie, por exemplo, pode estabelecer modelos funcionando como ferramentas que oportunizam a elaboração de ideias.

Por outro lado, ao idealizar a uva esmagando e fermentando sozinha, “transformando sua própria natureza”, pode-se interpretar que a personagem parece propor bem mais do que um modelo para compreender a natureza da matéria, ou seja, parece vislumbrar um modelo de mulher como sujeito de transformação social cujo “papel no mundo não é só o de quem constata o que ocorre, mas também o de quem intervém como sujeito de ocorrências”, pois “no mundo da História, da cultura, da política, constato não para me adaptar, mas para mudar” (FREIRE, 1996, p.77). Sim, para mudar, visto que as mulheres não eram aceitas pela Academia de Ciências e eram inibidas de participarem de atividades científicas numa França hostil às mulheres e aos estrangeiros (PUGLIESE, 2009).

Nada melhor do que observar os três prêmios Nobel, relacionados à família Curie, apresentados no filme. O primeiro em Física em 1903 pelo estudo sobre a radioatividade (com seu marido Pierre Curie e Antoine Henry Becquerel). O segundo em Química em 1911 pela descoberta dos elementos Rádio e Polônio, ambos de Marie Curie. O terceiro, o Nobel de

Química em 1935 de sua filha Irène Joliot-Curie (com seu marido Frédéric Joliot-Curie) pelo descobrimento da radioatividade artificial (PEDUZZI, 2015; CORDEIRO, 2011).

Esses prêmios e a construção desses conhecimentos permitem pensar na importância de uma participação mais democrática da mulher na ciência, pois a desigualdade de gênero, que estruturava a identidade nacional na França, até permitia a participação de mulheres em espaços masculinos, mas sem força, sem autonomia e com resistências (PUGLIESE, 2009).

Assim, ao mencionar que “a ciência está mudando”, a personagem parece direcionar atenção também para a inserção da mulher como protagonista nesse campo de conhecimento, pois o “mundo não é. O mundo está sendo. [...] mudar é difícil, mas é possível” (FREIRE, 1996, p. 76-79).

### **Subcategoria: Questões de gênero na ciência**

O filme apresenta representações da humana/mulher/cientista localizada em um tempo e contexto específico e, diante disso, questiona-se: e se madame Curie não tivesse casado com Pierre? Qual seria a história da radioatividade? Ao se olhar para o tempo e espaço em que viviam e as relações de gênero existentes naquele momento, pode-se dizer que as chances de sucesso de Marie na ciência seriam reduzidas, pois “as mulheres foram proibidas de estudar nas universidades europeias [...] até o fim do século XIX e foram excluídas dos direitos de cidadania nas democracias do mundo ocidental até o século XX” (SCHIENBINGER, 2001, p. 47-48).

Assim, para se analisar e compreender questões de gênero, representam-se relações da vida de Marie Curie, interpretadas no trabalho cinematográfico, que supostamente teriam ocorrido na academia, no ambiente doméstico e na sociedade. Tem-se a oportunidade de pensar a mulher e cientista Marie Curie possibilitando desconstruir alguns mitos, como o estereótipo do cientista homem e branco. Oportuniza-se compreender o quanto a ciência, e outros espaços de construção do conhecimento, pode ser um ambiente extremamente hostil ao gênero feminino, sobretudo, às mulheres de classe baixa entremostrando interseccionalidades que devem ser levadas em consideração ao pensar nas mulheres cientistas nos dias atuais, o quanto foram e ainda são silenciadas por um sistema científico de relações de poder (FAUSTO-STERLING, 2000; SCHIENBINGER, 2001; HOOKS, 2013; MAFFÍA, 2014).

➤ *As relações de gênero na academia* são representadas no filme de forma tensa, cheias de conflitos. Na película, Marie era um corpo deslocado num ambiente masculino, machista e misógino, um ambiente hostil que causa o afastamento das mulheres da ciência.

Logo no início, a personagem que representa a cientista discute com um professor sobre seu espaço no laboratório, é desrespeitada e convidada a se retirar, visto que é considerada como um aborrecimento para os colegas. Tais barreiras institucionais, o que Schienbinger (2008) denomina de culturas da ciência, impostas ao gênero feminino, fortalecem o afastamento das mulheres da ciência. Esses hábitos, costumes e rituais da academia que governam a linguagem, os estilos de interações, os modos de vestir, as

hierarquias de valores e práticas desenvolveram-se historicamente não contando com a presença das mulheres (SCHIENBINGER, 2008)

Além disso, Marie era polonesa e isso é retratado como um obstáculo às realizações da cientista durante o filme, ao dizer: “talvez por eu ser polonesa?”. Sobre isso, a pesquisa de Cordeiro (2011) mostra que Marie Curie sofre ataques xenofóbicos na França e os estudos de Pugliese (2014) articulam tais ataques a uma França impregnada pelo “caso Dreyfus<sup>6</sup>”.

Ao trazer essa reflexão para o nosso tempo, podemos pensar na “interseccionalidade como um sistema de opressão interligado” (AKOTIRENE, 2020, p. 21), que atravessa o ser mulher, tal conceito possibilita “combater as opressões múltiplas e imbricadas e, portanto, como um instrumento de luta política” (HIRATA, 2014, p. 69). Assim, o filme pode oportunizar discussões interessantes no ensino de ciências que busquem refletir, por exemplo, as limitações de um feminismo que não considere aspectos como a pobreza, a regionalidade e, inclusive, a cor da pele da mulher como obstáculo na Academia.

É preciso destacar, no entanto, que de acordo com os estudos de Pugliese (2009), Marie Curie não tinha vínculo com instituições universitárias e o laboratório que proporciona o início de suas pesquisas na França é, na verdade, num galpão conseguido por Pierre na *École de Physique et Chimie Industrielle* (EPCI), ou seja, numa escola municipal em que Pierre trabalhava em Paris e não na universidade como aparece no início do filme *Radioactive*. Os estudos de Martins (2003), a partir dos cadernos de laboratório dos Curie, também mostram o início das pesquisas de Marie Curie, ocorrendo em 1897 mediante atividades de compreensão dos aparelhos no laboratório, amparada por Pierre e não em laboratórios universitários.

Assim, o filme permite refletir a necessidade do outro, no caso um homem branco que fosse solidário, pois havia diversos obstáculos impostos a cientista. O mesmo ocorre na indicação do prêmio Nobel, seu marido não concordava em receber tal prêmio sozinho e exigiu a revisão da comissão julgadora. Nesse viés, a película coaduna com a pesquisa de Pugliese (2009), revelando-se que Marie estava novamente na dependência da solidariedade, apesar do amplo conhecimento de que as pesquisas eram originalmente dela, a cientista era vista como uma “auxiliadora” na produção científica. Isso mostra que “o poder que o gênero conferia à organização das relações era substancial, e não é à toa a invisibilidade das mulheres na história da ciência” (PUGLIESE, 2007, p. 369).

Cordeiro (2011) revela que a oportunidade para Marie ser professora na Sorbonne só ocorre após a morte de Pierre. Contudo, ao ser convidada para concorrer à cadeira, a

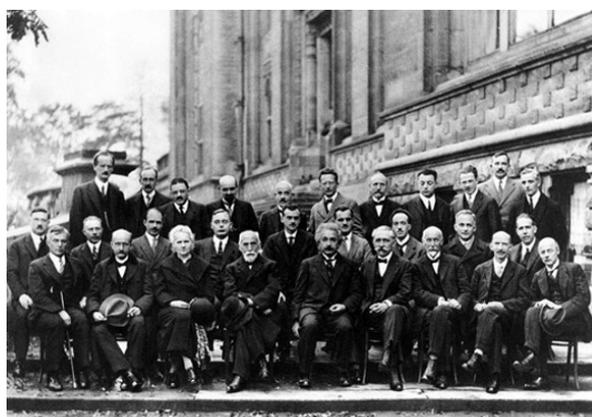
---

<sup>6</sup> “O caso Dreyfus é um dos processos jurídicos mais famosos de todos os tempos. Alfred Dreyfus, capitão do exército francês, foi acusado de ser o autor de uma carta oferecendo documentos militares aos alemães, encontrada pelo serviço de contraespionagem da França. Submetido a uma prova de caligrafia, o judeu alsaciano (região da França que havia sido anexada ao Império Alemão em 1871) foi condenado como traidor da pátria. Esse episódio criou todo um embate na França que redundou em uma perseguição nacionalista e antisemita aos judeus, por parte dos ‘cristãos franceses de sangue puro’. [...] em 1906, a Corte de Cassação reconheceu definitivamente a inocência de Dreyfus [...]. Este caso dividiu a França entre os nacionalistas conservadores e os progressistas republicanos” (PUGLIESE, 2009, p. 163).

personagem que interpreta Marie diz aos demais professores que só assumiria por um reconhecimento de competência e não por um sentimento de pena. Apesar dos prêmios recebidos e dos conhecimentos gerados até aquele momento, ela é uma mulher e, assim, o filme apresenta a constante necessidade de uma cientista reafirmar seu espaço na Academia. Sabe-se que as mulheres não avançam na carreira em proporção semelhante aos homens, o denominado “teto de vidro” (SILVA; RIBEIRO, 2012), uma barreira supostamente invisível de obstáculos que limitam e dificultam a carreira de diferentes mulheres na ciência (SCHIEBINGER, 2001). Contudo, a segregação hierárquica de Margaret Rossiter é apontada por Schiebinger (2001) como um conceito mais útil, quando comparado ao do “teto de vidro”, pois mostra que quanto mais elevada for a estrutura de poder e prestígio, menos mulheres são encontradas.

Não bastava ser uma cientista brilhante, contra ela estava seu corpo, corpo desvalorizado, corpo de mulher. Isso pode ser interpretado no filme quando um dos membros da academia, após discussão com a cientista, fala aos demais: “perdão cavalheiros, atitude típica, infelizmente”, estereotipando a cientista, de certa forma, como alguém subversiva e nos remetendo aos tempos sombrios cuja fogueira da inquisição queimava mulheres por se envolverem em atividades realizadas por homens da ciência (CHASSOT, 2011).

O filme termina mostrando a foto da quinta Conferência de Solvay de 1927, que reúne desde 1911 os principais físicos e químicos para discutirem sobre temáticas relacionadas à ciência. O tema abordado em 1927 foi: “Elétrons e Fótons”. A Fig. 1 apresenta a mencionada foto.



*Fig. 1 – Foto da quinta Conferência de Solvay de 1927.*

*Fonte: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Confer%C3%Aancia\\_de\\_Solvay](https://pt.wikipedia.org/wiki/Confer%C3%Aancia_de_Solvay)>.*

A foto da conferência de 1927 permite refletir a ciência moderna como um campo ocidental, elitista, masculino e branco, entremostrando a ciência como um espaço que pretere a diversidade e que oferece resistência ao gênero feminino. Assim, embora a mencionada foto mostre um corpo ilustre de pesquisadores como Max Planck, Paul Dirac, Albert Einstein,

Erwin Schrödinger, Arthur Compton, Louis de Broglie, Werner Heisenberg, Max Born, Niels Bohr, entre outros, a única pessoa da foto a conquistar dois prêmios Nobel, e em áreas diferentes, é Marie Curie o que nos permite refletir sobre contribuições à ciência mitigadas pelo processo de exclusão das mulheres, por meio de discursos e práticas não neutras. Isso nos remete, de certa forma, ao ano de 1965, quando o físico teórico Richard Feynman é laureado com o Prêmio Nobel de Física por estudos na área de eletrodinâmica quântica e, na ocasião de sua palestra de premiação, utiliza uma fala machista e misógina ao comparar mulheres, de maneira esdrúxula e sexista, à sua teoria física (LICIO; SILVA, 2020).

Assim, ao terminar com essa imagem, o filme parece querer chamar atenção, no mínimo, para a ciência como um espaço pouco democrático. Além disso, possibilita refletir sobre uma imagem distorcida da ciência, apresentada inclusive nessa obra cinematográfica, de que cientistas, como Marie e Pierre, trabalham praticamente isolados em seus laboratórios (CACHAPUZ *et al.*, 2011). A foto da conferência de 1927 permite pensar numa ciência coletiva que aborda situações abertas, não somente experimentais como se destaca no filme. Os trabalhos de Pugliese (2009) e Cordeiro (2011) mostram que assuntos e hipóteses sobre radioatividade foram exploradas também por outros diversos cientistas, nesse período – William Crookes, Rutherford, Elster e Geitel, Friedrich Giesel, Kauffmann, Ramsay e Soddy, entre outros – alguns inclusive em discussões diretas e agitadas com os Curie como Georges Sagnac, Jean Perrin, Andre Debierne e Urbain, por exemplo.

➤ *As relações de gênero no ambiente doméstico* se destacam no longa-metragem quando a personagem que interpreta Marie cuida das crianças e realiza trabalhos domésticos e o personagem que interpreta Pierre, em nenhum momento do filme, é representado dessa maneira. Quando Pierre retorna das honrarias do primeiro prêmio Nobel, no filme, Marie se encontra organizando a casa e muito insatisfeita por não ter participado desse momento de reconhecimento da Academia, pela ciência produzida, cuja justificativa era o nascimento da filha. As questões do público para os homens e do privado para as mulheres causam a divisão sexual do trabalho (PUGLISE, 2009). Hoje, as mulheres ocupam também o espaço público, mas não deixaram de ocupar o privado, e muitos homens continuam afastados do mundo doméstico, desvelando que as relações de poder e assimetrias permanecem (SOUZA; GUEDES, 2016).

O ambiente competitivo da ciência se constitui em uma desvantagem para o gênero feminino e isso pode ser percebido nesse momento de pandemia com a redução no número de publicação das mulheres cuja explicação está relacionada aos cuidados com filhos/as e aos afazeres domésticos, o mesmo não ocorrendo com os homens com tal dissimetria persistindo em pleno século XXI (AGUIA, 2020). Na pesquisa de Silva e Ribeiro (2012), ao entrevistar pesquisadoras, percebe-se que questões relativas ao trabalho doméstico e a maternidade estão presentes nos discursos e tais questões fazem com que as mulheres precisem optar entre carreira, vida conjugal e pessoal, além da maternidade, enquanto os homens dificilmente precisam se confrontar com essas questões.

➤ *As relações de gênero na sociedade* se entremostram no filme quando à personagem que representa Marie se relaciona com o colega de laboratório Paul, provocando a fúria da sociedade e se tornando notícia de capa de jornais. Os discursos apresentados nessa película permitem refletir a mulher normalizada, aquela que não vive sua sexualidade e ao viver, torna-se um escândalo. No filme, Marie deixa de ser Curie, a cientista, para se tornar “uma imigrante suja”, não mais bem quista na França. Os estudos de Pugliese (2009) mostram que a repercussão desse caso, na imprensa, fora tão intensa que os comissários do prêmio Nobel chegam a enviar um comunicado à Marie sugerindo que a cientista não fosse até a Suécia receber pessoalmente o prêmio na Academia. Tais estudos revelam também que Marie rejeita essa solicitação e se dirige a Estocolmo para receber o segundo Nobel, mas ao retornar à França, é surpreendida ao ter sua casa apedrejada. A repercussão desse caso na imprensa nos remete a seguinte questão: quando esse mesmo papel é atuado por um homem, qual a reação da sociedade? Ele deixa de ser um cientista brilhante? Provavelmente não, pois “cientistas como Einstein – que inclusive foi um dos que apoiaram enfaticamente Marie Curie – tinham alguns filhos ‘bastardos’ e nunca receberam um tratamento desses” (PUGLIESE, 2014, p. 3).

O longa-metragem mostra que durante sua vida, Marie Curie foi vítima de violências de gênero, porém, hoje ainda se encontram exemplos de sexismo ostensivo, sobretudo, quando homens públicos dizem: “O Brasil não pode ser o paraíso do turismo gay. Quem quiser vir aqui fazer sexo com uma mulher, fique à vontade<sup>7</sup>”. Isso mostra que o sexismo, menos frequente que no passado, ainda persiste entre as pessoas, mesmo que se possa compreender como “sem intenção” (SCHIEBINGER 2001).

Enquanto pesquisadora, Marie precisava tornar evidente não apenas a existência de novos elementos químicos, mas necessitava acima de tudo provar que uma mulher poderia produzir tais conhecimentos, pois “se Marie Curie fez-existir a radioatividade, não foi fora de um ‘sistema regional de lutas’” (PUGLIESE, 2009, p. 66-67). Marie Curie produziu o discurso da radioatividade e o discurso da radioatividade produziu a Marie Curie que conhecemos, edificando um caminho para as mulheres na ciência e nos fazendo perceber que “qualquer discriminação é imoral e lutar contra ela é um dever por mais que se reconheça a força dos condicionamentos a enfrentar” (FREIRE, 1996, p. 60). Por isso, trazer sua trajetória para reflexões, mesmo que por meio de representações fílmicas, mostra que hoje é necessário ir além para se revelar o protagonismo de outras importantes mulheres na ciência.

As obras cinematográficas conseguem atingir um público amplo e que se reconhece em diferentes mulheres como, por exemplo, as cientistas negras estadunidenses do filme “Estrelas além do tempo”. Por isso, precisamos representar e colocar em evidência a trajetória de outras mulheres que estão fora do eixo ocidental de produção de conhecimento e que por vezes não conseguiram ser bem sucedidas por conta das barreiras impostas e do “teto de vidro” que invisibiliza os tantos obstáculos que dificultam a carreira científica dessas

---

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/brasil/brasil-nao-pode-ser-pais-do-mundo-gay-diz-bolsonaro,e3fc1683369c71b5e887a6ed79493e4d68othtcd.html>>. Acesso em: 11 ago. 2020.

mulheres (SCHIEBINGER, 2001). O ensino de ciências pautado na perspectiva teórica da alfabetização científica e das teorias feministas tem um papel fundamental nessas discussões, pois pode ser oportunizado com a utilização de filmes que possibilitem refletir sobre a concepção *individualista e elitista* que apresenta a ciência como uma atividade a ser realizada por homens, revelando que essa imagem equivocada da ciência contribui significativamente para segregações de natureza social e sexual (CACHAPUZ *et al.*, 2011).

### **Categoria: Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais**

Tal categoria se entremostra em diversos excertos do filme e oportuniza refletir sobre a radioatividade natural sendo este o conteúdo a ser analisado na subcategoria.

#### **Subcategoria: Radioatividade natural**

Ao se falar da instabilidade dos átomos e da radioatividade natural, envereda-se numa dimensão importante da ciência, a conceitual. Tal conteúdo abrange o entendimento de conhecimentos específicos (ROSA; MARTINS, 2007). Porém, ao anunciar que os átomos não eram finitos e que alguns não eram estáveis, a personagem que representa Marie entremostra no filme um entrelace dessa dimensão supracitada com outros conteúdos importantes da ciência que correspondem as suas dimensões atitudinal, procedimental e epistemológica, pois revela o caráter dinâmico do conhecimento científico e mostra que o fato da ciência se encontrar em construção, possibilita observar o seu progresso articulado a desafios que necessitam de investigações (CHASSOT, 2011).

Assim, é importante ressaltar que a cinebiografia ora analisada possibilita perceber elementos fundamentais, que contribuíram para a construção do conhecimento científico, no êxito dos trabalhos de pesquisa de Marie e Pierre Curie, na concepção de Martins (2003), quais sejam:

- ✓ permite contemplar a utilização do método elétrico, que além de possibilitar resultados quantitativos, oportunizando excluir efeitos espúrios, era um método rápido;
- ✓ oportuniza observar a hipótese da propriedade atômica relacionada à emissão de radiações ionizantes;
- ✓ possibilita contemplar o papel do acaso, que tornou possível descobrir minerais mais ativos quando comparados ao urânio puro;
- ✓ permite observar a atitude de se preocupar com anomalias, pois Marie Curie poderia não ter dado atenção ao caso da pechblenda (mineral de urânio que teimava em se apresentar mais ativo do que o urânio metálico, contrariando observações de Becquerel) e ter prosseguido rotineiramente sua pesquisa para concluir sua tese.

Nesse contexto, para entender as dificuldades de compreensão da radioatividade natural, é preciso lembrar que o casal Curie e Becquerel são agraciados com o Nobel, por esses estudos sobre a radioatividade, em 1903. Porém, a experiência de Hans Geiger e Ernest Marsden, conhecida como experiência de Rutherford, que revelaria a existência de um núcleo atômico denso, com carga positiva e raio bem inferior ao raio atômico, seria realizada somente em 1909. Isso mostra que a compreensão sobre a estrutura do átomo estava em pleno desenvolvimento e revela um pouco da dificuldade para se entender, naquele momento, a natureza dos raios emitidos pelos átomos instáveis mencionados por Marie Curie.

Hoje, sabe-se que a desintegração do núcleo é responsável pela produção dos raios alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e gama ( $\gamma$ ). Destarte, parece não haver dúvidas de que a radioatividade anunciada por Marie e Pierre Curie representava um conhecimento científico carregado de incertezas, pois há fortes indícios de que, naquele momento, quase não se conhecia, relativamente a esses raios, seu poder de ionização. A partícula  $\alpha$ , por exemplo, apresenta maior poder de ionização, quando comparada com as outras emissões, pois é a que contém maior massa. Por isso, ao interagir com átomos essa radiação provoca a retirada de elétrons dos mesmos e possibilita alterar estruturalmente as moléculas de DNA, no caso dos seres vivos, desenvolvendo inclusive o câncer diante de exposições em longo prazo.

Nesse viés, pode-se dizer que esse contato com os conhecimentos conceituais, permite refletir sobre uma visão equivocada da ciência, transmitida inclusive no ensino, mencionada nos trabalhos de Cachapuz *et al.* (2011), qual seja, a concepção *a-histórica da ciência* que ignora a evolução dos conhecimentos e que não atenta para as limitações do conhecimento científico da atualidade. Possibilita, assim, compreender a visão falsificacionista, mencionada por Chalmers (1993), que apresenta um caráter dinâmico da ciência cujo conhecimento não é completo, nem perfeito, revelando um grau de incerteza no conhecimento que possuímos (SAGAN, 1996).

O filme oferece interessantes oportunidades para se refletir sobre tais questões, pois apresenta cenas em que a personagem que representa Marie aparece portando um frasco com seu produto radioativo, bem como de quando é informada por Pierre sobre um pedido para que produzam sais aromáticos radioativos. Nesse momento, o personagem que interpreta Pierre mostra outros produtos desenvolvidos oriundos do conhecimento construído pelo casal Curie: “fósforo radioativo, cigarros de rádio, chocolate radioativo, creme dental radioativo e pó de arroz radioativo”. Tais cenas permitem refletir o quanto precisamos ser “menos dogmáticos para conseguirmos trabalhar com incertezas” (CHASSOT, 2011, p. 104) diante do conhecimento científico, pois “não basta ter boas intenções para ser verdadeiramente responsável. A responsabilidade deve enfrentar uma terrível incerteza” (MORIN, 2008, p. 118). Por isso, ao dizer que: “fundamentalmente, entenderam mal o átomo”, a personagem que interpreta Marie direciona atenção para um atributo importante de atitude científica, a aceitação das incertezas na ciência (PIZZATO *et al.*, 2019). Isso, claro, direciona olhares para o aspecto insalubre do trabalho com a pechblenda desenvolvido por Marie e Pierre Curie.

É preciso ressaltar, no entanto, que apesar do filme *Radioactive* apresentar uma atenção especial à pechblenda, não dá a mesma ênfase à calcolita, outro importante mineral (fosfato de cobre e urânio) que aparece nos estudos de Curie (1898). Os dois minerais de urânio, que possuem atividades maiores que a do próprio urânio, são fundamentais para Marie acreditar num elemento mais ativo que o urânio, hipoteticamente presente nesses minerais (CURIE, 1898). Contudo, tal obra cinematográfica coaduna com as observações de Cordeiro e Peduzzi (2011) quando apresenta o exaustivo trabalho de Marie Curie procurando pelo hipotético elemento, que posteriormente revelou-se serem dois, na realidade, polônio e rádio.

Outro aspecto importante destacado nesse filme, e amparado pelos estudos de Martins (1990), refere-se à percepção de que os *raios urânicos* (*raios de Becquerel*) não representavam um fenômeno isolado, apresentando-se a ampliação desse fenômeno para outras radiações semelhantes, como os *raios tóxicos*. Tal generalização é mencionada na cinebiografia que enfatiza Marie Curie como a autora do nome “radioatividade”.

### **Categoria: Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente**

Esta categoria, entremostrada nos trechos do filme, permite refletir sobre o modelo linear de desenvolvimento sendo este o elemento a ser analisado na subcategoria.

#### **Subcategoria: Reflexão sobre o modelo linear de desenvolvimento**

É importante salientar que o modelo linear de desenvolvimento, que aparece na subcategoria do quadro 1, apresenta o desenvolvimento científico como elemento basilar de um bem-estar social (LUJÁN LÓPES *et al.*, 1996). Porém, as duas cenas destacadas no filme, apresentadas na unidade de contexto do mencionado quadro, deixam entrever um questionamento: esse modelo linear de progresso está realmente sempre direcionado ao bem-estar da sociedade? Mesmo que se possa imaginar uma resposta positiva, é preciso se perguntar: de qual parcela da sociedade?

Para se resolver um determinado problema, como o câncer, por exemplo, C&T podem proporcionar significativas contribuições que derivam inclusive dos trabalhos de Marie e Pierre Curie, pois C&T são essenciais no contexto da produção (AULER; DELIZOICOV, 2001). No entanto, C&T não dispõem de um mecanismo intrínseco que pudesse garantir que todos os garotos enfermos de Cleveland de 1957 tivessem acesso ao tratamento oferecido a Peter. Aliás, as benesses de C&T não são democráticas, ainda hoje, pois o acesso a um tratamento radioterápico depende de dimensões que escapam dos domínios meramente tecnocientíficos, enveredando pelos campos socioeconômico e político.

Na mesma linha de pensamento, é importante salientar que esse modelo linear de progresso é sustentado por uma concepção de ciência salvacionista (AULER; DELIZOICOV, 2006). Diante disso, a cena da bomba caindo sobre Hiroshima, destacada no filme, permite desvelar tal concepção como um mito que necessariamente precisa ser discutido e refletido.

Por isso, *Radioactive* permite um olhar diferente e apropriado ao modelo de progresso apresentado na Fig. 2.



Fig. 2 – Modelo linear de progresso Fonte: autores, adaptado de Auler e Delizoicov, (2006).

Nesse modelo, o desenvolvimento científico está na base, gerando o desenvolvimento tecnológico que, por sua vez, proporciona o desenvolvimento econômico necessário para se determinar o desenvolvimento e bem-estar social (LUJÁN LÓPES *et al.*, 1996). O filme, entretanto, possibilita desmontar a base desse modelo quando entremostra, diante das duas cenas destacadas na unidade de contexto do supracitado quadro, que esse molde de progresso está alicerçado, na realidade, por uma Ciência Golem cuja metáfora permite entrever o conhecimento científico como um poderoso ser encantado da mitologia judaica que consegue proteger seu criador das investidas do inimigo e, ao mesmo tempo, representa uma ameaça que pode matá-lo, pois se trata de um gigante com imensa vitalidade, mas extremamente desajeitado (COLLINS; PINCH, 2010).

Curiosamente, o filme apresenta a cena de 1945 da *Little Boy* caindo sobre o Japão quando Pierre Curie discursa, em Estocolmo na Suécia, na cerimônia de premiação do Nobel em 1903. Tal comparação parece reducionista, do ponto de vista da História da Ciência, mas representa uma excelente ocasião para se perceber a necessidade de se democratizar o acesso à ciência, pois “o homem comum depara-se diariamente com técnicas oriundas da ‘ciência fundamental’ e que, basicamente, não é capaz de compreender” (JAPIASSU, 1981, p. 133) e o conhecimento científico é um empreendimento importante demais para ser destinado somente à responsabilidade dos cientistas e bastante perigoso de ser confiado inteiramente aos estadistas ou ao controle absoluto do Estado (MORIN, 2008).

#### IV. Considerações finais

É importante relembrar a questão que norteia esse artigo – quais contribuições, à promoção da alfabetização científica e tecnológica da sociedade, podem aparecer com a análise do filme *Radioactive*? – para que se possam inferir algumas considerações.

Inicialmente, pode-se dizer que o filme *Radioactive* represente um interessante objeto de aprendizagem por oferecer possibilidades de ser interpretado num rico diálogo com eixos estruturantes recomendados à promoção da ACT.

O filme oferece a possibilidade de se contemplar um conteúdo curricular, a radioatividade, articulado a outras áreas de conhecimento, oportunizando perceber a

imbricada relação da ciência com a tecnologia e os desdobramentos dessa relação no campo social, político e militar, com os devidos cuidados historiográficos.

A obra cinematográfica permite refletir sobre visões distorcidas da C&T como a ideia *individualista e elitista* que ignora o trabalho coletivo dos cientistas e que entremostra a ciência como sendo uma atividade de homens brancos que estariam aptos a decidir sobre temas sociais que envolvem C&T. O protagonismo de Marie Curie, que indubitavelmente representa um estímulo para o sucesso de sua filha Irène, destacado no filme, entremostra-se como um componente atitudinal em potencial na contribuição para que mulheres e meninas se identifiquem e se interessem pela ciência e pela carreira científica.

Assim, a análise dessa película nos fez perceber que se uma obra cinematográfica não pode ser compreendida como uma representação fidedigna da História da Ciência, ela pode ser percebida como uma forma de enxergar tal representação e, com isso, possibilitar discussões epistemológicas e axiológicas que quase sempre escapam dos planejamentos nas aulas de ciências.

Diante disso, o filme *Radioactive* pode ser utilizado como um instrumento problematizador das relações de gênero na C&T, possibilitando refletir a história de vida de mulheres na ciência e contribuir para discussões que valorizem a equidade de gênero na construção do conhecimento científico; pode ser utilizado também como um objeto problematizador das relações entre CTS ou de questões relativas à Natureza da Ciência, ou seja, o filme permite discussões que direcionam à promoção da ACT. Contudo, algumas cenas dessa película permitem recomendar cuidados, pois à luz da História da Ciência<sup>8</sup>, há distorções que precisam ser refletidas numa proposta de ensino de ciências em sala de aula.

Finalmente, o filme parece nos deixar uma série de mensagens, mas podemos destacar aquela que valoriza a democratização da ciência e, principalmente, com a participação necessária da mulher como sujeito do processo.

## Referências

AGUIA. Produção científica feminina cai devido à pandemia. AGUIA. Agência USP de gestão da informação acadêmica Universidade de São Paulo. 27 de jun. de 2020. Disponível em:

<[https://www.aguia.usp.br/noticias/49310/?doing\\_wp\\_cron=1596666982.1948049068450927734375](https://www.aguia.usp.br/noticias/49310/?doing_wp_cron=1596666982.1948049068450927734375)>. Acesso em: 05 ago. 2020.

AKOTIRENE, C. **Interseccionalidade**. São Paulo: Editora Jandaíra, 2020.

---

<sup>8</sup> Verificar:

<[https://www.youtube.com/watch?v=3SePKJZ3nzY&ab\\_channel=Hist%C3%B3riaDaCi%C3%AAnciaeEnsinoGHCEN](https://www.youtube.com/watch?v=3SePKJZ3nzY&ab_channel=Hist%C3%B3riaDaCi%C3%AAnciaeEnsinoGHCEN)>. Acesso em: 03 jul. 2021.

ALVES, R. **Filosofia da Ciência**: introdução ao jogo e suas regras. São Paulo: Brasiliense, 1981.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 122-134, 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/epec/v3n2/1983-2117-epec-3-02-00122.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Educação CTC: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. *In*: LÓPES, A. B.; PEINADO, V-B.; LÓPES, M. J.; RUZ, M. T. P. (Org.). **Las Relaciones CTS en la Educación Científica**. Málaga: Editora da Universidade de Málaga, v. único, p. 01-07, 2006.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 3. ed. São Paulo: Edições 70, 2011.

BATISTA, I. de L.; SALVI, R. F.; LUCAS, L. B. Modelos científicos e suas relações com a epistemologia da ciência e a educação científica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: ENPEC, 2011.

CACHAPUZ, A. *et al.* (Org.). **A necessária renovação do ensino de ciências**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** 1. ed. São Paulo: Brasiliense. 1993.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. 5. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, ANPED, n. 22, p. 89-100, 2003. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-24782003000100009&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782003000100009&lng=en)>. Acesso em: 10 ago. 2020.

COLLINS, H.; PINCH T. **O Golem à solta**: o que você deveria saber sobre tecnologia. Belo Horizonte: Fabrefactum. 2010.

CORDEIRO, M. D. **Dos Curie a Rutherford**: aspectos históricos e epistemológicos da radioatividade na formação científica. 2011. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-

Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. M. S. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 3601-11, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v33n3/19.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

CUNHA, R. B. Alfabetização científica ou letramento científico? Interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, n. 68, p. 169-186, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/cWsmkrWxxvcm9RFvvQBWm5s/?lang=pt>>. Acesso em: 22 JUN. 2021.

CURIE, M. S. Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, v. 126, p. 1101-3, 1898. Disponível em: <[https://www.academie-sciences.fr/pdf/dossiers/Curie/Curie\\_pdf/CR1898\\_p1101.pdf](https://www.academie-sciences.fr/pdf/dossiers/Curie/Curie_pdf/CR1898_p1101.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2021.

FAUSTO-STERLING, A. **Sexing the Body: Gender Politics and the Construction of Sexuality**. New York: Basic Books. 2000.

FREIRE, P. **Conscientização teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. 3. ed. São Paulo: Moraes, 1980.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

HOOKS, B. **Ensinando a transgredir: a educação como prática da liberdade**. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2013.

KELLER, E. F. Qual foi o impacto do feminismo na ciência? Tradução: Maria Luiza Lara. **Cadernos Pagu**, Campinas, n. 27, p. 13-34, 2006. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-83332006000200003&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-83332006000200003&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 10 ago. 2020.

GALVÃO, T.; FELICIO, C. M.; NOLL, M. O jornalismo científico no contexto educacional: práticas dialógicas informacionais para a divulgação científica. *In*: FALEIRO, W.; BARROS,

M. V.; ANDREATA, M. A. (Org). **A docência e a divulgação científica no ensino de ciências**. Goiânia: Kelps, p. 155-186, 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HEERDT, B; BATISTA, I, d. L. Questões de gênero e da natureza da ciência na formação docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 30-51, 2016. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/7>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

HIRATA, H. Gênero, classe e raça - Interseccionalidade e consubstancialidade das relações sociais. **Tempo Social**, v. 26, n. 1, São Paulo: USP, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ts/a/LhNLNH6YJB5HVJ6vnGpLgHz/?lang=pt>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

JAPIASSU, H. **O mito da neutralidade científica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Imago, 1981.

LICIO, J. G.; SILVA, C. C. O que Richard Feynman tem a nos ensinar sobre natureza da ciência? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 146-172, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n1p146>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

LUJÁN LÓPEZ, J. L. *et al.* **Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: TECNOS. 1996.

MAFFÍA, D. Epistemología Feminista: la subversión semiótica de las mujeres en la ciencia. **Revista feminismos**, v. 2, n. 3, Set. - Dez. 2014. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/feminismos/article/view/30037>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

MARQUES, A. C. T. L.; MARANDINO, M. Alfabetização científica, criança e espaços de educação não formal: diálogos possíveis. **Educação e Pesquisa** [online], v. 44, p. 1-19, e170831. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1678-4634201712170831>>. Acesso em: 22 jun. 2021.

MARTINS, A. M.; JUNIOR, P. L. Identidade e desenvolvimento profissional de professoras de ciências como uma questão de gênero: o caso de Natália Flores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, p. 616-629. 2020. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/2173>>. Acesso em: 22 jun. 2021.

MARTINS, R. A. As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos. **Rev. SBHC**, n. 1, p. 29-41, 2003. Disponível em: <[https://www.sbhc.org.br/revistahistoria/view?ID\\_REVISTA\\_HISTORIA=21](https://www.sbhc.org.br/revistahistoria/view?ID_REVISTA_HISTORIA=21)>. Acesso em: 22 fev. 2021.

MARTINS, R. A. Como Becquerel não descobriu a radiatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 7, número especial, p. 27-45, 1990. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/275832998\\_Como\\_Becquerel\\_ao\\_descobriu\\_a\\_radioatividade](https://www.researchgate.net/publication/275832998_Como_Becquerel_ao_descobriu_a_radioatividade)>. Acesso em: 22 fev. 2021.

MEDEIROS, C. Entrevista com Mariluce Moura. In: VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (Org). **ComCiência e divulgação científica**. Campinas: BCCL/UNICAMP, p. 143-150, 2018.

MELO, M. G. de A. Luz, Câmera, Alfabetização Científica! Possibilidades epistemológicas no antagonismo ciência-pseudociência da série Cosmos de Carl Sagan. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 17, n. 38, p. 173-190, 2021. Disponível em: <<https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/9737>>. Acesso em: 03 de jul. de 2021.

MELO, M. G. de A.; SILVA, J. A. P. Luz, Câmera, Alfabetização Científica! Uma conversa entre Arte e Ciência na Viagem à Lua de Georges Méliès. **Revista Valore**, v. 4, n. (edição especial), p. 8-18. 2019. Disponível em: <<https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/526>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. da S. Modelagem analógica no ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 155-182, 2018. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/883>>. Acesso em: 26 fev. 2021.

PEDUZZI, L. O. Q. Do átomo grego ao átomo de Bohr. Publicação interna. Florianópolis: Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015 (revisado em julho de 2019). 205 p. Disponível em: <[www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br](http://www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br)>. Acesso em: 22 fev. 2021.

PIZZATO, M. C. *et al.* O que são atitudes investigativa e científica, afinal? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 2, p. 342-360, 2019. Disponível em: <[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen18/REEC\\_18\\_2\\_3\\_ex1408.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen18/REEC_18_2_3_ex1408.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2020.

PUGLIESE, G. O Nobel e alguns "contos de fada". **ComCiência**, Campinas, n. 164, dez. 2014. Disponível em:

<[http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-76542014001000011&lng=pt&nrm=iso](http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542014001000011&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 23 jun. 2021.

PUGLIESE, G. **Sobre o “Caso Marie Curie”**: A Radioatividade e a Subversão do Gênero. 2009. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação de Antropologia Social da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PUGLIESE, G. Um sobrevoo no “Caso Marie Curie”: um experimento de antropologia, gênero e ciência. **Revista de Antropologia**, São Paulo, USP, v. 50, n. 1, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ra/a/xZy55p7Sk9BZPYBNnYjZmWC/?format=html>>. Acesso em: 24 jun. 2021.

ROSA, K.; MARTINS, M. C. O que é alfabetização científica, afinal? In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVII, 2007, São Luís, Maranhão. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0011-1.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2020.

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios**: a ciência vista como uma vela no escuro. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, mar. 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

SCHIEBINGER, L. Mais mulheres na ciência: questões de conhecimento. Apresentação de Maria Margaret Lopes. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 15, supl., jun., p. 269-281, 2008.

SCHIENBINGER, L. **O feminismo mudou a ciência?** Bauru: Edusc, 2001.

SILVA, F. F. da; RIBEIRO, P. R. C. A inserção das mulheres na ciência: narrativas de mulheres cientistas sobre a escolha profissional. **Linhas Críticas**, v. 18, n. 35, p. 171-191, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/3846>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

SOUZA, L. P.; GUEDES D. R. A desigual divisão sexual do trabalho: um olhar sobre a última década. **Estudos avançados**, v. 30, n. 87, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/PPDVW47HsgMgGQQCgYYfWgp/?lang=pt>>. Acesso em: 03 jul. 2021.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#).