CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E A DIVULGAÇÃO DOS RAIOS X EM FINAL DO SÉCULO XIX E INÍCIO DO SÉCULO XX: UM OLHAR HISTÓRICO-CULTURAL PARA AS RELAÇÕES ENTRE A TECNOLOGIA MÉDICA E O CORPO

Monique Caroline Medeiros

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em Ciência, Tecnologia e Educação.

Orientador(a): Andreia Guerra de Moraes

Rio de Janeiro
Maio/2024

A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E A DIVULGAÇÃO DOS RAIOS X EM FINAL DO SÉCULO XIX E INÍCIO DO SÉCULO XX: UM OLHAR HISTÓRICO-CULTURAL PARA AS RELAÇÕES ENTRE A TECNOLOGIA MÉDICA E O CORPO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em Ciência, Tecnologia e Educação.

Monique Caroline Medeiros

Banca Examinadora:

Presidente, Professora Dra. Andreia Guerra de Moraes (CEFET/RJ) (orientadora)

Professora Dra. Marcília Elis Barcellos (CEFET/RJ)

Professora Dra. Priscila do Amaral (SEEDUC)

Professora Dra. Letícia dos Santos Pereira (UFBA)

SUPLENTE

Professora Dra. Sheila Cristina Ribeiro Rego (CEFET/RJ)

Rio de Janeiro
Maio/2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

M488 Medeiros, Monique Caroline
A educação em ciências e a divulgação dos raios X em final do século XIX e início do século XX: um olhar histórico-cultural para as relações entre a tecnologia médica e o corpo / Monique Caroline Medeiros. — 2024.
97f. : il. color. , enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2024.
Bibliografia : f. 91-97
Orientadora: Andreia Guerra de Moraes

1. Raios X. 2. Ciências - Estudo e ensino. 3. Justiça social. 4. Ciência – História. 5. Corpo humano. I. Moraes, Andreia Guerra de (Orient.). II. Título.

CDD 616.0757

Elaborada pela bibliotecária Tania Mello – CRB/7 nº 5507/04

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Edna e Orly, e aos meus avós, Ozi e Iracema, que formaram minha rede de apoio incondicional e fizeram tudo que podiam para priorizar minha educação. Agradeço, em especial, a minha mãe, que renunciou a muita coisa para se dedicar a minha criação. Todos os passos que eu dou nesta vida são por mim e por ela.

Ao meu companheiro de vida, Pablo, que sempre está ao meu lado me apoiando em tudo que eu preciso e que, muitas vezes, acredita em mim mais do que eu mesma acredito. Obrigada por ser meu lugar de paz em meio a toda correria que é a nossa vida.

Aos meus melhores amigos, Aristóteles e Ramon, que, além de serem presença constante na minha vida, ainda contribuíram para que eu me sentisse cada vez mais segura com essa pesquisa. Obrigada por assistirem as prévias de todas as minhas apresentações, por me ajudarem quando eu precisei e por ficarem me perguntando “como está indo a pesquisa?”.

A todos meus amigos que de alguma forma tornaram esse processo mais leve. Altilano, Pedro, Augusto e Miguel, por terem compreendido minha ausência presencial na UFF e continuarem sendo presentes na minha vida. Laís, Aila, Jéssica, Glauce, Luiza e Nathalia, por terem formado uma rede de apoio de mulheres incríveis nesses dois anos de mestrado que vivenciamos juntas. Rodrigo e Lorrene, por terem dividido a experiência do primeiro congresso junto comigo, foi um prazer passar pequenos perrengues e nervosos junto com vocês. Pâmela, Letícia, Rayke, João e Victor, por todos esses anos de amizade que não se perderam com as ocupações que a vida adulta nos trouxe.

Passar os últimos meses do mestrado morando em outro estado, longe dos meus pais e dos meus amigos não foi um processo fácil. A energia necessária para finalizar um trabalho como esse se transforma em cansaço pelo medo e as incertezas que o desconhecido traz. Por isso, agradeço aos novos amigos/família do coração que arrumei por aqui: Antônio, Liana, Cristina, Ana Laura, Batista, Bruno, Josy, Mayara e Maísa. Nossos feriados compartilhados amenizaram a saudade que eu sinto de casa. Em especial, agradeço ao meu amigo Bruno, que, mesmo antes de eu me mudar para cá, sempre perguntou pela minha pesquisa e me ajudou com as dúvidas que eu tive de fora da minha área.

Estar longe de casa já é um processo árduo por si só. Além disso, estar em começo de carreira torna a vida ainda mais turbulenta. Por isso, agradeço a todos os

profissionais da Escola Estadual Alexandrina Gomes de Araújo Rodrigues e da Escola Estadual Alfredo Pujol, que foram e são compreensíveis comigo e me ajudam em tudo que podem. Em especial agradeço ao trio gestor da minha escola sede, Serede, Gustavo e Felipe, pelo acolhimento que me deram. Nem nos meus melhores sonhos imaginei ser tão bem recepcionada e apoiada.

A todos os professores que, ao longo da minha vida acadêmica, contribuíram para que eu chegasse até aqui. Em especial, ao meu orientador da graduação, Reinaldo, que é a pessoa mais compreensiva que eu conheço e sempre se colocou à disposição para me ajudar em tudo.

Não posso deixar de agradecer ao meu querido professor/depósito de reclamações e dramas/amigo Daniel. Não é exagero algum dizer que nossas conversas foram responsáveis por manter boa parte da minha sanidade mental no lugar em todos esses anos. Por isso, só tenho a agradecer por todos os conselhos (mesmo os que eu ignorei por pura teimosia), por ter me escutado em todas as vezes que te procurei, pelos votos de confiança que me deu (mesmo quando eu não confiava tanto assim em mim), por todas as implicâncias, mas também por todo o carinho e preocupação que compartilhamos.

Aos funcionários do PPCTE e do CEFET/RJ que sempre foram solícitos e atenciosos, desde os funcionários da limpeza, passando pelo pessoal da secretaria e da coordenação e chegando aos professores.

Agradeço às professoras Sheila e Priscila, que aceitaram fazer parte da banca de qualificação e deram contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa.

Para além das contribuições na qualificação, eu precisaria de mais algumas páginas para agradecer à professora Sheila por tudo que eu gostaria. As disciplinas que fiz com ela foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, mas as contribuições que ela teve na minha vida foram muito maiores. Ela me incentivou a não ter medo de falar, não ter medo de errar, me fez fazer as pazes com os lados contraditórios que coabitam em mim e, principalmente, me fez voltar a olhar para a natureza e para o mundo ao meu redor com mais atenção e leveza, sem perder a firmeza e o olhar crítico. Obrigada por dividir comigo não só os perrengues, mas também as brincadeiras, as risadas e o carinho de sempre.

Agradeço imensamente ao NIEHCC. Esse trabalho não teria sido possível sem o apoio do grupo de pesquisa. Todos os passos dessa dissertação foram construídos coletivamente, desde a escolha do tema até a organização final. Agradeço a cada um de vocês pelas contribuições, sugestões, dicas e pelo tempo que dedicaram a me

ouvir. Obrigada não só pelas contribuições acadêmicas, mas também pela companhia, pelo acolhimento e pelo incentivo que me deram desde o começo.

À minha orientadora, Andreia, agradeço pela orientação, pela paciência, pelas ideias, pelas oportunidades e pela confiança que teve em mim durante esse processo. Mas, acima disso, agradeço por ter sido a pessoa que me direcionou no caminho que me trouxe até aqui. Tomar decisões sobre o futuro quando se é uma adolescente é algo muito complicado, e a Andreia foi a primeira pessoa que fez com que eu me apaixonasse por uma profissão durante o meu ensino médio. A paixão com a qual ela dava aula sempre foi nítida para todos que tiveram o prazer de estar em suas aulas. Agradeço por ser minha inspiração, por ter me incentivado e me orientado. Algumas das palavras que ela me disse quando eu tinha apenas 16 anos foram o que me fez não desistir de chegar até aqui.

Agradeço às professoras Letícia, Marcília e Priscila por aceitarem participar desta banca de defesa de dissertação, pelo tempo dedicado à leitura e pelas contribuições que certamente farão a este trabalho.

Por fim, agradeço o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. A bolsa é fundamental para que muitos pesquisadores tenham as condições mínimas para o desenvolvimento de suas pesquisas.

“O que faz com que o poder se mantenha e que seja aceito é simplesmente que ele não pesa só como uma força que diz não, mas que de fato ele permeia, produz coisas, induz ao prazer, forma saber, produz discurso”.

Michel Foucault

RESUMO

A Educação em Ciências e a divulgação dos raios X em final do século XIX e início do século XX: um olhar histórico-cultural para as relações entre a tecnologia médica e o corpo

A partir de considerações sobre a realidade em que estamos inseridos e as questões que se apresentam no mundo, a Educação em Ciências volta-se cada vez mais para questões sociopolíticas. Neste contexto, desenvolvemos uma pesquisa com vistas a construir subsídios para uma Educação em Ciências com foco em questões sociopolíticas a partir de abordagens históricas no ensino. Para tal, foi realizada uma investigação histórica a respeito da prática científica da divulgação dos raios X com base na vertente historiográfica da História Cultural da Ciência e foco na categoria da cultura material. Röntgen possibilitou, a partir dos raios X, a primeira visualização do interior do corpo humano, sem que o mesmo tenha sido aberto. Para compreender como os raios X impactaram a sociedade, em especial a francesa, diante da qual a reprodução dos experimentos de Röntgen foi imediatamente produzida por dois médicos, e a brasileira, na qual essa pesquisa se insere, realizamos um levantamento de fontes nas bibliotecas digitais *Gallica* e Hemeroteca. O objetivo foi encontrar jornais franceses e brasileiros do período de 1896 a 1912 que nos fornecessem um panorama de como e com qual finalidade foi sugerida ou efetivada a utilização dos raios X. Obtivemos uma base de dados com 127 publicações francesas e 353 brasileiras, as quais foram classificadas quanto ao ano e tipo de publicação, e quanto ao uso dos raios X relatado ou sugerido nas publicações. Os resultados apontam que os primeiros três anos são os que mais concentraram publicações, demonstrando a rapidez com que esse conhecimento se espalhou para o grande público. Foram encontrados noticiários informando sobre diferentes aplicações dessa tecnologia, como controle alfandegário, diferenciar diamantes falsos e vinhos adulterados, evitar o embranquecimento do cabelo e identificar criminosos. Há também anúncios disseminando o uso dos raios X como forma de entretenimento e artigos de opinião que atribuem a um objeto ou a uma pessoa algumas propriedades dos raios X, como ver através de corpos opacos ou ver o invisível. Nos dois países, existem crônicas que exploram uma sexualização do corpo feminino a partir de uma suposta possibilidade de vê-lo através dos raios X. No Brasil, as matérias vão além do corpo feminino e fornecem também dados sobre um olhar invasivo para os corpos de pessoas pretas, alcoólatras e da classe trabalhadora que refletem relações de gênero, raça e classe daquelas sociedades. A partir desses resultados e junto de fontes secundárias, discutimos sobre como a ciência pode funcionar como instrumento de poder sobre os corpos e impactar os indivíduos ao mesmo tempo em que reflete e refrata questões que reverberam nas sociedades. Sendo assim, utilizamos pontos que foram levantados na pesquisa histórica para discutir aspectos da história da ciência presentes no encontro do conhecimento dos raios X com as sociedades do final do século XIX e início do XX. Por fim, propusemos o uso dessas discussões em uma Educação em Ciências alinhada com a perspectiva crítica da Justiça Social.

Palavras-chave: Raios X; Educação em Ciências; Justiça Social; História Cultural da Ciência; Corpo Humano.

ABSTRACT

Science Education and the dissemination of X-rays in the late 19th and early 20th centuries: a historical-cultural perspective on the relationships between medical technology and the body

In light of the realities we are immersed in and the issues facing the world, Science Education is increasingly turning its focus towards sociopolitical matters. In this context, we conducted research aimed at providing insights for a Science Education centered on sociopolitical issues through historical approaches in teaching. To this end, a historical investigation was carried out regarding the scientific practice of X-ray dissemination based on the historiographical strand of the Cultural History of Science and focusing on the category of material culture. Röntgen enabled, through X-rays, the first visualization of the interior of the human body without it being opened. To understand how X-rays impacted society, particularly in France, where Röntgen's experiments were immediately reproduced by two doctors, and in Brazil, where this research is situated, we conducted a survey of sources in the digital libraries Gallica and Hemeroteca. The aim was to find French and Brazilian newspapers from the period 1896 to 1912 that would provide us with an overview of how and for what purpose the use of X-rays was suggested or implemented. We obtained a database with 127 French publications and 353 Brazilian ones, which were classified by year and type of publication, as well as by the reported or suggested use of X-rays in the publications. The results indicate that the first three years are the ones with the highest concentration of publications, demonstrating how quickly this knowledge spread to the general public. News reports were found informing about different applications of this technology, such as customs control, differentiation of fake diamonds and adulterated wines, prevention of hair whitening, and identification of criminals. There are also advertisements promoting the use of X-rays as a form of entertainment and opinion articles attributing to an object or person some properties of X-rays, such as seeing through opaque bodies or seeing the invisible. In both countries, there are chronicles that explore a sexualization of the female body based on a supposed possibility of seeing it through X-rays. In Brazil, the articles go beyond the female body and also provide data on an invasive gaze towards the bodies of black people, alcoholics, and the working class, reflecting gender, race, and class relations in those societies. Based on these results and in conjunction with secondary sources, we discuss how science can function as an instrument of power over bodies and impact individuals while also reflecting and refracting issues reverberating in societies. Therefore, we use points raised in the historical investigation to discuss aspects of the history of science present in the encounter of X-ray knowledge with late 19th and early 20th-century societies. Finally, we propose the use of these discussions in a Science Education aligned with the critical perspective of Social Justice.

Keywords: X-rays; Science Education; Social Justice; Cultural History of Science; Human Body.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tubo de raios X com cátodo aquecido feito por William Coolidge.....35
Figura 2 – Cópia da radiografia da mão esquerda de Anna Bertha Ludwig, esposa de Wilhelm Röntgen, enviada para o professor Ludwig Zehnder do Instituto de Física da Universidade de Freiburg..... 36
Figura 3 – Gráfico do ano de publicação de jornais brasileiros..... 41
Figura 4 – Gráfico do ano de publicação de jornais franceses..... 42
Figura 5 – Gráfico do tipo de publicação em jornais brasileiros..... 44
Figura 6 – Recorte da p.3 da edição 223, de 19 de setembro de 1896 do jornal *Pacotilha*. Notícia sobre aplicações técnicas dos raios X 44
Figura 7 – Recorte da p.5 da edição 108, de 17 de maio de 1898 do *Jornal do Recife*. Anúncio de exposição para ver objetos através dos raios X 45
Figura 8 – Gráfico do tipo de publicação de jornais franceses.....46
Figura 9 – Recorte da p.1 da edição 6266, de 23 de junho de 1897 do jornal *Le Petit Troyen*. Notícia sobre uso dos raios X em fiscalizações de mercadorias.....46
Figura 10 – Recorte da p.117 da edição de 02 de julho de 1898 da revista *Annales catholiques.* Artigo de opinião utilizando analogia sobre a possibilidade de se aplicar os raios X ao socialismo 47
Figura 11 – Recorte da p.7 da edição de 17 de setembro de 1898 do jornal *O Mercurio.* Tirinha na qual dois homens tentam invadir uma casa e utilizam raios X para visualizar o interior antes 48
Figura 12 – Gráfico dos usos dos raios X em jornais brasileiros 50
Figura 13 – Recorte da p.1 da edição 10781, de 16 de junho de 1909 do Jornal *Diario do Maranhão*. Notícia sobre uso dos raios X para saber quais ostras possuem pérolas dentro 50
Figura 14 – Gráfico dos usos dos raios X em jornais franceses 51
Figura 15 – Recorte da p.2 da edição de 23 de outubro de 1898 do jornal *Le Temps*. Uso de analogia atribuindo a característica curiosidade ao Raio X 52
Figura 16 – Recorte da p. 1 da edição 164, de 14 de julho de 1906 do jornal *A Republica*. Notícia sobre término de noivado após exigência de radiografia.....53
Figura 17 – Recorte da p. 1 da edição 180, de 04 de agosto de 1903 do jornal *Estado do Espirito Santo*. Notícia sobre encomenda de máquinas de raios X para fiscalizar funcionários da Casa da Moeda japonesa 54
Figura 18 – Thomas Edison visualizando a mão de Clarence Dally através do

fluoroscopio, uma de suas invenções que utilizava raios X 57
Figura 19 – Recorte da p. 3 da edição 503, de 04 de maio de 1912 do jornal *O Malho*. Anúncio sobre curso que permite adquirir a habilidade ver através dos corpos opacos, tal qual os raios X 60
Figura 20 – Radiografia da mão e do pulso de Alexandra Fedorovna, czarina da Rússia, utilizando joias. Imagem feita por Dr. H. H. Horne no inverno de 1898 60
Figura 21 – Recorte da p. 2 da edição 285, de 17 de dezembro de 1899 do *Jornal do Recife*. Notícia sobre o uso dos raios X pela rainha de Portugal 61
Figura 22 – Recorte da p. 5 da edição 247, de 22 de outubro de 1912 do jornal *A Federação: orgam do partido republicano*. Notícia sobre os benefícios do uso de espartilhos a partir de estudo com raios X 62
Figura 23 – Recorte da p. 3 da edição 259, de 29 de dezembro de 1900 do jornal *O Rio-Nú*. Trecho de conto que retrata o desejo de ter visão de raios X para ver o corpo de uma mulher 63
Figura 24 – Nus masculino e feminino usados no livro *Epitome* de Vesalius.....65
Figura 25 – Esqueleto do corpo humano usado no livro *Epitome* de Vesalius 65
Figura 26 – Esqueleto do corpo feminino de Thiroux d'Arconville 66
Figura 27 – Esqueleto do corpo masculino de Thiroux d'Arconville 67
Figura 28 – Recorte da p. 1 da edição 16, de 21 de janeiro de 1904 do jornal *A Provincia*. Notícia sobre médico que passou a utilizar raios X para embranquecer peles negras.....70
Figura 29 – Recorte da p.2 da edição 51, de 07 de maio de 1896 do jornal *O Republicano*. Trecho de notícia na qual o autor sugere o desejo dos homens de ver o corpo das mulheres a partir de aplicações dos raios X 73
Figura 30– Radiografia da coluna da artista Laura Ferguson, ressaltando sua escoliose e a presença de adornos nas orelhas e pescoço 77
Figura 31– Pintura feita pela artista Laura Ferguson, representado sua escoliose 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição das subcategorias da categoria de análise Uso dos raios X..... 49

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
CEFET/RJ	Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
CRUE	*Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas*
EC	Educação em Ciências
HC	História da Ciência
HCC	História Cultural da Ciência
IENCI	Investigações em Ensino de Ciências
JS	Justiça Social
NIEHCC	Núcleo de Investigação em Ensino, História da Ciência e Cultura
QNEsc	Química Nova na Escola
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
RBPEC	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências

SUMÁRIO

Introdução		**16**
1	**Fundamentação teórico-metodológica**	**24**
1.1	A História Cultural da Ciência	24
1.2	Educação em Ciências para Justiça Social	28
1.3	O olhar histórico para pensar em novos futuros	31
2	**A produção e divulgação dos raios X em seus primeiros anos**	**34**
2.1	Röntgen e o contexto da produção e divulgação dos raios X	34
2.2	Pesquisa histórica: o conhecimento dos raios X nas sociedades francesa e brasileira	38
2.2.1	Metodologia de Pesquisa	39
2.2.2	Análise e Resultados	40
3	**Os desdobramentos dos raios X: a ciência e a sociedade coproduzidas**	**56**
3.1	O encontro dos raios X com as sociedades do final do século XIX	56
3.2	Raios X através dos corpos	64
3.2.1	Raios X através dos corpos negros	69
3.2.2	Raios X através dos corpos femininos	71
3.3	Concepções de corpo presentes no século XIX e XX: a modificação do olhar para o corpo a partir dos raios X	75
3.4	A coprodução entre ciência e sociedade a partir dos raios X	78
4	**A humanização na Educação em Ciências: discussões a partir das relações entre a tecnologia médica dos raios X e o corpo**	**80**
4.1	Os raios X e a radioatividade na Educação em Ciências no Brasil	80
4.2	Os raios X através dos corpos por uma Educação em Ciências que promova Justiça Social	83
Considerações Finais		**88**

Referências **91**

Introdução

Entendendo que nenhum trabalho acadêmico ou científico é neutro, ou seja, que é impossível dissociar a obra de seu autor, explicitamos que a apresentação está incorporada na introdução e ao longo da dissertação. Os caminhos teóricos e metodológicos percorridos durante essa pesquisa só foram escolhidos desta forma devido a inquietudes e vivências da autora e dos que colaboraram de alguma forma para desenvolvimento do trabalho.

Essa dissertação não é só fruto das reflexões, indagações e indignações que surgiram ao longo da minha formação. Ela também reflete indagações de outras pessoas, visto ser desenvolvida a partir de uma construção coletiva. Construção essa que começa nas disciplinas do mestrado, passa pelas conversas com meus companheiros de jornada acadêmica que, assim como eu, se inquietam com a sociedade tão desigual em que vivemos e se estabelece nas reuniões com os colegas do Núcleo de Investigação em Ensino, História da Ciência e Cultura (NIEHCC), que iluminaram o caminho para que essa pesquisa fosse desenvolvida.

Desse coletivo, apoio-me em Sandra Harding (2015) e Donna Haraway (1995) para argumentar que não há produção de conhecimento sob a visão de lugar nenhum, ou seja, que nossa visão de mundo é determinada pelo lugar de onde falamos, e que não existem enunciados, e, portanto, discursos, livres, neutros e independentes (Foucault, 2008). Dessa forma, começo por apresentar como minha trajetória me leva até a escolha desse tema de pesquisa e como este reflete e refrata na (re)construção de minhas identidades.

A motivação para essa dissertação nasce muito antes da vontade de me tornar pesquisadora. Desde o início da vida escolar, a afinidade com as áreas de exatas fez com que eu fosse tratada como “excepcional” e sentisse haver sempre uma expectativa de que eu estivesse muito acima da média para poder ocupar esse espaço. No final do Ensino Fundamental, perceber que esse mesmo tratamento não era direcionado aos meninos que possuíam a mesma afinidade me fez tomar a decisão de prestar concurso para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). Escolhi o curso técnico integrado de Administração, partindo do critério de que esse era um dos únicos cursos da instituição que não tinha uma forte ligação com a Física.

No primeiro ano de curso, descobri que não queria trabalhar com Administração, mas mudar de curso não era uma opção viável, pois a única forma era

prestar concurso novamente. Além disso, apesar do meu gosto por Matemática, a aversão por Física permanecia, visto que o contato com essa matéria no meu curso só acontecia no segundo e terceiro ano do Ensino Médio. Mas logo na minha primeira experiência com a disciplina (através de abordagens históricas) eu entendi que o campo das ciências era um espaço que eu poderia ocupar, embora existissem barreiras.

Nesse primeiro contato, além da professora regente, havia uma professora que estava realizando sua pesquisa de mestrado com a minha turma. Esse ponto foi fundamental para eu entender melhor como funcionavam as pesquisas na área de educação e tomasse a decisão definitiva de que queria ser professora de Física. O interesse surgiu não só por enquanto aluna ter vivenciado aquela pesquisa de mestrado, mas também porque o desenvolvimento das aulas fez com que eu refletisse sobre a minha própria realidade e de outras mulheres.

Um dos tópicos abordados foram as contribuições de Émilie du Châtelet (1706 – 1749) na controvérsia entre René Descartes (1596 – 1650) e Gottfried Leibniz (1646 – 1716) sobre a forma de se quantificar o movimento da matéria[1]. A partir desse episódio foi problematizada a falta de reconhecimento da personagem, mesmo que ela tivesse os privilégios de ser branca, europeia, aristocrata e possuir ligações com outros pensadores renomados da época. Para a introdução desse assunto, foi utilizado um trecho de um filme[2] que contava sobre a vida de Émilie e apresentava uma cena na qual Voltaire dizia que Madame du Châtelet era um grande homem, cujo único defeito era ser mulher. Essa frase me marcou não só pelo que ela representa no contexto em que foi expressa, mas pelo quanto ela pode ser associada a situação que vivi em minha trajetória.

Essa minha trajetória ao longo da vida escolar fez com que diversas vezes eu questionasse minha identidade feminista e com que esta fosse e ainda esteja sendo (re)construída tijolo por tijolo nos encontros que tive e tenho com as mulheres incríveis que passaram e passam pelo meu caminho. Aquela aula sobre Madame du Châtelet funcionou como ponto de ignição para que, através da minha convivência com as colegas de graduação e de mestrado, hoje eu entenda que a questão de gênero, assim como outras questões contemporâneas, deve ser discutida na Educação em

[1] Sobre as contribuições de Émilie du Châtelet na controvérsia entre Leibniz e Descartes, sugerimos a leitura das seguintes referências: TERRALL, M. Emilie du Châtelet and the Gendering of Science. History of Science, v.33, n. 3. p. 283-310, 1995; SCHIEBINGER, L. The mind has no sex?: Women is the Origins of Modern Science. Havard University Press, p. 59 – 65. 1991.

[2] Filme *Einstein's big idea* (2005), trecho 00:54:16 – 1:06:30.

Ciências (EC). Isto porque esse tipo de discussão em aulas de ciências possibilita que, no futuro, pessoas que fazem parte desse e de outros grupos denominados marginalizados não precisem carregar o peso de terem que ser excepcionais para poder fazer ciência e que suas características de raça, gênero, classe, sexualidade e outros deixem de ser consideradas como defeitos.

Essas questões pessoais não estão dissociadas das questões políticas e sociais do Brasil. Em entrevista para a GloboNews[3] sobre os desafios para mulheres na ciência, a ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação, Luciana Santos, aponta que 60% das pessoas que conseguem bolsas de Iniciação Científica são mulheres. Ela, ainda, destaca que esse número cai para 35% no topo da carreira, com as bolsas de produtividade. Dessa forma, destaca a ministra, um dos maiores desafios não está apenas em desenvolver iniciativas que despertem maior interesse de meninas e mulheres pelas carreiras científicas, mas em construir ações que promovam a permanência e a valorização delas no campo. Dentre os diversos fatores subjetivos que fazem com que as mulheres abandonem suas carreiras, Luciana cita as duplas e triplas jornadas que as mulheres assumem ao cuidar da casa e da família e a necessidade de serem excepcionais para se afirmarem em seus empregos.

Sobre a questão da permanência de mulheres nas carreiras científicas, uma pesquisa de Matthew Ross *et al* (2022), publicada na *Nature*, aponta que um dos fatores responsáveis pelo abandono de mulheres das carreiras científicas é o fato de receberem menos crédito que homens pelos seus trabalhos científicos. Os autores analisaram dados administrativos de 52 universidades estadunidenses entre 2013 e 2016 para chegar a esta conclusão. Além disso, em uma parte qualitativa da pesquisa, eles procuraram saber o motivo pelo qual cientistas (homens e mulheres) acreditavam ter sido excluídos de publicações das quais eles e elas fizeram parte do desenvolvimento da pesquisa. Dentre as justificativas citadas, aquelas que foram citadas com maior frequência pelas mulheres do que pelos homens foram “responsabilidades pessoais (por exemplo, maternidade ou paternidade)”, “saída do laboratório”, “contribuições subestimadas pelos outros”, “discriminações, estereótipos e preconceitos” e “outras razões” (Ross *et al*, 2022, p. 140, tradução nossa).

As dificuldades impostas a mulheres para seguir uma carreira científica

[3] JORNAL GLOBONEWS EDIÇÃO DAS 18H. Desafios da igualdade de gênero na tecnologia. Globonews, Brasil, publicado em 08 março 2023. Disponível em: https://g1.globo.com/globonews/jornal-globonews-edicao-das-18/video/desafios-da-igualdade-de-genero-na-tecnologia-11431245.ghtml . Acessado em 06 mai. 2023.

refletem a sociedade patriarcal em que vivemos, na qual se pressupõe que mulheres devam ocupar funções ligadas ao cuidado do lar e das pessoas, enquanto homens devam se ocupar de trabalhos que exijam força e raciocínio. Em uma matéria do jornal *El País*[4], a reitora da *Universidad Autónoma de Madrid* e delegada de Igualdade da *Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas* (CRUE), Amaya Mendikoetxea, diz que é curioso que as mulheres, ao começar a ingressar na universidade, o faziam em disciplinas que eram consideradas adequadas ao papel da mulher na família e na sociedade (o papel de cuidar) e "que o panorama permaneça o mesmo é inapropriado para os tempos modernos, e se deve ao fato de os estereótipos de gênero estarem tão internalizados, que parece ser uma escolha natural para as mulheres escolher determinadas carreiras".

Mobilizadas por essas questões e defendendo que ciência e sociedade se coproduzem (Harding, 2015), portanto são indissociáveis, nessa dissertação investigamos o que podemos aprender sobre as relações de poder na ciência e quem se beneficiou e quem sofreu no processo de construção da ciência. Para cumprir esse objetivo, optamos por trabalhar com uma prática científica específica, em determinado tempo e seus desdobramentos: a divulgação do conhecimento dos raios X nas sociedades brasileira e francesa. A escolha por esse caso histórico se deve a potencialidade de elementos associados a ele para discussões na EC, como argumentamos ao longo da dissertação.

O primeiro aspecto a ser destacado é o choque que a obtenção de uma imagem derivada dos raios X causou na sociedade, a partir da primeira visualização interna do corpo sem a necessidade de abri-lo. Na época em que os raios X começaram a ser produzidos, na cultura ocidental, as dissecações eram a principal forma de produção de conhecimento sobre o corpo (Ortega, 2014). Assim, a forma mais comum de se visualizar o esqueleto era a partir da abertura do corpo de uma pessoa morta. E, até aquele momento, o esqueleto era uma figura associada ao ícone da morte. Por isso, Lisa Cartwright (1995) aponta a existência de uma ambiguidade para a sociedade quando, ao radiografar um corpo vivo, obtemos a imagem dos ossos. A euforia e o medo causados por essa novidade fazem com que os raios X se tornem a base para experimentos intencionais e não intencionais (Dommann, 2003),

[4] BRASCIA, C. A. Enfermería para mujeres, informática para hombres: las carreras universitárias en España no escapan de los estreotipos. El País, Espanha, publicado em 27 março 2023. Disponível em: https://elpais.com/educacion/2023-03-27/enfermeria-para-mujeres-informatica-para-hombres-las-carreras-universitarias-en-espana-no-escapan-de-los-estereotipos.html. Acessado em 06 mai. 2023.

nos quais os sujeitos os faziam por vontade própria ou eram obrigados.

Mas esse não foi o único motivo pelo qual eles causaram alvoroço. Outra contribuição que trazem, que contraria os padrões vigentes naquelas sociedades, é o fato de que é impossível determinar gênero, raça ou etnia olhando apenas para as radiografias, visto que nem a genitália, nem a musculatura aparecem na imagem (Cartwright, 1995). Levando em conta a força que o patriarcado (Martins, 2020) e a eugenia (Bérubé; Lyon, 1998) exerciam já no final do século XIX, muitos foram surpreendidos ao verem suas crenças sendo contrapostas a partir da ideia de que todos eram iguais, pressuposta nas imagens radiográficas (Cartwright, 1995).

Para além desses pontos, as imagens do interior do corpo permearam o imaginário popular como fetiches, como ícones de sexualidade e de saúde, entre outras formas que veremos ao longo desse trabalho. Por exemplo, Francisco Ortega (2014) destaca que, antes do final do século XX, havia limites bem claros e determinados entre o que era público e o que era privado, tal qual entre o interior e o exterior do corpo. O autor aponta que esses limites começaram a se desfazer com as imagens radiográficas. O interior do corpo, que era considerado algo íntimo e privado, passou a se tornar público, especialmente porque o uso dos raios X não se limitou à Medicina. Este foi rapidamente incorporado a campos jurídicos e socioculturais (Ortega, 2014).

No âmbito sociocultural, a visão de radiografia modificou radicalmente a percepção dos corpos de todos aqueles que entraram em contato com ela de alguma forma, seja como médico, técnico, paciente, frequentando uma palestra pública ou mesmo apenas ao vê-la em um jornal ou revista (Dommann, 2003). Mais especificamente, a mudança de percepção sobre os corpos foi direcionada de forma diferente para diferentes tipos de corpos. Com isso, os raios X funcionaram como instrumento de sexualização dos corpos femininos em diversos meios de comunicação (Ortega, 2014). Embora a imagem não revelasse a superfície do corpo, ela despertou o imaginário de posse sobre o corpo da mulher e de invasão daquela intimidade. Isso foi potencializado pelo fato de a radiografia mais famosa e uma das primeiras a ser divulgada ter sido a da mão de Anna Bertha Ludwig (1839 – 1919), esposa do físico alemão Wilhelm Röntgen (1845 – 1923).

Conforme os experimentos com raios X foram sendo repetidos, desenvolvidos e divulgados esse conhecimento se torna uma tecnologia médica (Dommann, 2003), e, assim, os raios X serviram não só para a realização de diagnósticos, mas também para reconfigurar as concepções de corpo e saúde (Boldrin, 2022; Chazan, 2003). A

visualização dos órgãos e ossos contribuiu para a criação de um padrão de saúde similar ao padrão de beleza. Possuir o interior do corpo em bom estado passou a ser uma preocupação da sociedade (Cartwright, 1995). Isso se refletiu, alguns anos depois, nas campanhas de combate a algumas doenças, como a tuberculose (Chazan, 2003).

Para além de contribuir com os padrões de saúde, os raios X também explicitaram questões ligadas ao padrão de beleza físico quando utilizados para o embranquecimento da pele de pessoas negras. O *status* de padrão da pele branca era algo tão intrínseco na sociedade que, por um período, médicos realizaram "tratamentos" para fazer com que pessoas negras alcançassem peles brancas (de la Peña, 2003; Kevles, 1997).

Com base nesses e outros elementos presentes na prática da divulgação dos raios X, construímos essa pesquisa a partir da hipótese de que o estudo dessa prática científica permite levantar discussões ligadas a construção da ciência capazes de promover uma Educação em Ciências mais humanizada, voltada para questões sociopolíticas e visando uma sociedade mais justa. E, assim, possibilita a discussão de problemas presentes no contexto sociocultural de final do século XIX e início do XX no Brasil e na França, mas que ainda permeiam a nossa sociedade, incluindo as relações de poder presentes nela e na ciência.

Consideramos que discussões em aulas de ciências que problematizem as relações de poder na construção da ciência vão ao encontro do defendido por Daniel Morales-Doyle (2023). O autor defende uma EC sociopolítica e aponta que para tal é fundamental olharmos para o passado para entendermos o presente e pensarmos em futuros alternativos.

Entendendo que desigualdades de raça, classe e gênero ainda são alguns dos problemas mais persistentes na EC (Morales-Doyle, 2017), e que a ciência não pode ser desassociada dos sistemas social, cultural e político nos quais está inserida (Siry; Yacoubian, 2023), nos alinhamos com uma perspectiva crítica de Justiça Social (JS). Assim como Lee Anne Bell (2016) e Lena Hansson e Hagop Yacoubian (2020), compreendemos que a JS é tanto um processo quanto um objetivo. Dessa forma, acreditamos que um dos papeis da educação em ciências seja ouvir e dar voz para as diversas identidades que não costumam ter espaço para esse tipo de participação devido às desigualdades presentes na sociedade.

Sendo assim, os caminhos percorridos na construção dessa pesquisa levaram-nos a guiar o nosso olhar para o estudo da prática científica da divulgação dos raios X

no Brasil e na França no início do século XX, com base na vertente historiográfica da História Cultural da Ciência (HCC), a qual fui apresentada na disciplina de Evolução do Pensamento Científico I, no início do mestrado. A partir de outros trabalhos realizados no NIEHCC (Jamal; Guerra, 2022; Amaral, 2021; Moura; Jager; Guerra, 2020; Moura, 2019), grupo de pesquisa do qual fazemos parte, entendemos que a HCC nos permite discutir sobre quem se beneficiou e quem sofreu com a formação da ciência e o que a sustentou social, cultural e materialmente (Guerra, 2021; Nyhart, 2016) utilizando um olhar micro-histórico focado na dinâmica das práticas científicas cotidianas (Moura; Guerra, 2022; Pimentel, 2010).

Com base nessas considerações, no tema escolhido e nas nossas pretensões para a EC, buscamos responder a seguinte pergunta de pesquisa: **Como discussões sociopolíticas sobre o corpo podem ser mobilizadas na Educação em Ciências a partir da prática da divulgação dos raios X e da sua cultura material, no final do século XIX e início do século XX, à luz da História Cultural da Ciência?**

Para responder essa pergunta, elencamos como objetivo geral levantar questões sobre as relações entre corpo, ciência e tecnologia a partir da prática da divulgação dos raios X, no final do século XIX e início do século XX, a partir da HCC, visando uma EC voltada para a JS, e para objetivos específicos:

- Realizar uma revisão de literatura (Von Hohendorff, 2014) sobre a História Cultural da Ciência e outra sobre Educação em Ciências para Justiça Social e
- construir uma síntese crítica relacionando as duas revisões citadas, destacando possibilidades de relações entre HCC e EC para JS;
- Implementar uma revisão de literatura sobre o desenvolvimento dos estudos dos raios X em fins do século XIX e início do XX;
- Desenvolver uma pesquisa histórica em jornais nas bibliotecas digitais Hemeroteca e *Gallica*, levantando fontes primárias sobre a divulgação dos raios X entre os anos de 1896 e 1912;
- Construir uma síntese crítica a partir dos resultados do levantamento de jornais e de fontes secundárias de forma a aprofundar as discussões sobre corpo e raios X;
- Realizar uma síntese crítica para construir subsídios que encaminhem respostas à pergunta de pesquisa.

Com base nos objetivos geral e específicos, a dissertação se encontra dividida em quatro capítulos. O primeiro define o nosso referencial teórico-metodológico. Apresentamos a lente historiográfica que utilizamos, a História Cultural

da Ciência, apontando suas potencialidades para a Educação em Ciências e como ela contribui para a análise do tema estudado. Também apresentaremos o que entendemos por uma EC que promova discussões sociopolíticas, e, assim, esteja voltada para a JS e como este trabalho se enquadra nessa visão.

No segundo capítulo, mostramos um panorama do contexto em que os raios X foram produzidos e suas implicações imediatas na ciência e na sociedade. Apresentamos os resultados da pesquisa histórica realizada em jornais franceses e brasileiros, que apontam como esse novo conhecimento foi difundido pela sociedade, quais foram seus usos e quais implicações ocorreram.

No terceiro capítulo, construímos uma narrativa, guiadas pelos resultados da pesquisa nas fontes primárias e por fontes secundárias, que discute as relações entre a tecnologia médica dos raios X e os corpos considerados como subalternos. Além disso, expandimos a narrativa ao tratar dos desdobramentos que os raios X tiveram em campanhas de saúde e de como ele contribuiu para modificar a forma como olhamos para o corpo.

O quarto capítulo discute como este tema tem sido trabalhado na educação básica e quais questões podem ser trabalhadas, a partir do que foi abordado nos capítulos anteriores, para uma Educação em Ciências mais humanizada e contextualizada.

Por fim, as considerações finais indicam as contribuições que esse trabalho fornece para a EC através das respostas que obtivemos ao longo da dissertação para a pergunta de pesquisa e quais caminhos ainda podem ser percorridos no futuro para expandir esse assunto.

1- Fundamentação teórico-metodológica

Neste capítulo, apresentamos o referencial teórico-metodológico norteador da presente pesquisa, fundamentando as potencialidades que acreditamos que ele oferece para atingir nossos objetivos. Na primeira seção, introduzimos a lente historiográfica da História Cultural da Ciência, utilizada para direcionar respostas a nossa pergunta de pesquisa. Na segunda seção, destacamos as recentes aproximações entre Educação em Ciências e Justiça Social, explicitando o que entendemos por JS e o que defendemos com essa aproximação. Na terceira seção, realizamos uma síntese crítica das duas seções anteriores, argumentando que a humanização e a contextualização na EC, intermediadas por estudos históricos a respeito da ciência à luz da HCC, contribuem para uma sociedade mais justa e com mais equidade.

1.1 A História Cultural da Ciência

Desde meados do século XX, podemos perceber a crescente defesa de abordagens históricas da ciência na EC. Diversos autores (Moura; Guerra, 2022; Moura, 2021; Martins, 2006; Matthews, 1995) têm destacado contribuições que podem surgir a partir dessa abordagem, incluindo a motivação dos estudantes, a humanização da ciência e a facilitação na compreensão dos processos de construção da ciência, entre outros.

Para discutirmos a articulação entre História da Ciência (HC) e EC, é fundamental olhar para o próprio campo da HC. Antes das primeiras décadas do século XX, quando se iniciaram as discussões entre internalismo e externalismo (Gurgel; Watanabe, 2020), a HC voltou-se para as narrativas das histórias de cientistas proeminentes e das ideias consideradas como verdades absolutas e universais. No entanto, é a partir das questões trazidas pelas humanidades (história, sociologia e outras) que a HC deixa de contar apenas narrativas triunfalistas e passa a considerar a ciência como um empreendimento humano (Guerra, 2021).

Porém, as relações entre ciência e sociedade vão além da questão sobre se a História da Ciência deve discutir aspectos internos da pesquisa e do conhecimento científico ou aspectos externos não epistêmicos. Como defendido por Haira Gandolfi (2018a, p. 559, tradução nossa), “essas práticas ‘internas’ da comunidade científica não devem ser dissociadas de uma comunidade maior de práticas sociais, na qual a ciência não é separada nem diferenciada da sociedade, mas um ator ativo dentro

dela".

Dessa forma, em acordo com Sandra Harding (2015), entendemos que a ciência e sociedade se coproduzem, ou seja, uma reflete e refrata questões presentes na outra. E, assim, pensar em contextualização da ciência é considerar a produção do conhecimento científico como práticas humanas locais e situadas e que reproduzem "estruturas, práticas e valores sociais que frequentemente estão ligadas a injustiças sociais e vão contra ao bem-estar coletivo" (Moura, 2021, p. 1172).

Para Sandra Harding (2015, p. 150)

> os teóricos da coprodução argumentam que o social e científico sempre estão continuamente em relação e provendo mutuamente recursos para o outro. Toda ciência sempre esteve completamente perpassada pela sua sociedade e toda sociedade perpassada pela sua ciência. Isso não quer dizer que as ciências são "enganadas" pela determinação social dos seus momentos históricos, mas, apenas que elas tendem a participar de várias questões de sua época histórica.

Este entendimento nos levou a adotar a vertente historiográfica da HCC para realizar uma análise micro-histórica sobre a prática científica que analisamos. A HCC concebe todo feito científico como um feito profundamente cultural e social (Pimentel, 2010). Nesse sentido, nesta dissertação, consideramos a ciência essencialmente como cultura, coproduzida com a sociedade em que se insere e a analisamos como tal.

De acordo com Juan Pimentel (2010), a HCC direciona seu enfoque para os hábitos e as práticas cotidianas, explorando as relações entre ciência e sociedade por meio de quatro categorias de análise: as práticas científicas, as representações, a cultura visual e a material (Guerra, 2021).

Em nossa pesquisa, utilizamos, principalmente, a categoria das práticas científicas, por estarmos tratando sobre como um conhecimento científico foi difundido, e a categoria da cultura material, por basear-nos nos discursos e nas representações que surgem a partir da comunicação entre o público leigo, suscitados pelas radiografias presentes nas mídias e no cotidiano da época de interesse. Essa escolha se deve a compreendermos as práticas científicas conforme definidas por Cristiano Moura e Andreia Guerra (2016, p. 734-735):

> Um conjunto de processos de avaliação e crítica das próprias explicações científicas, pelos quais a ciência se constrói. As práticas incluem, mas não se reduzem às performances, isto é, aos atos concretos ou de pensamento que constituem o dia-a-dia do cientista, como medições, análise de dados, etc. Há uma série de outras ações que fazem parte da ciência, mas não apenas dela e sim de outras atividades laborais, como ler, escrever, falar e debater com pares, construir relações sociais, elaborar argumentos e contra-argumentos para as proposições científicas suas e de outrem. Este conjunto de

> práticas – que busca consensos, mesmo que temporários – está plenamente imerso em relações socioinstitucionais e permeado pela cultura de um determinado espaço-tempo, sem os quais, portanto, não faz sentido seu estudo e análise.

Assim, vemos que as práticas científicas não se limitam aos procedimentos de laboratório. Atividades de comunicação, tanto entre pares quanto para o público leigo, desempenham um papel crucial no processo de construção da ciência, contribuindo para a disseminação e construção de argumentos para defender ideias científicas (Moura; Guerra, 2016). A comunicação também possui uma cultura material, que se manifesta, no início do século XX, especialmente através da cultura impressa (Nyhart, 2016).

Analisar a cultura material não apenas como um conjunto de objetos, mas como algo que se articula com aspectos sociais e culturais de um dado tempo (Moura; Jager; Guerra, 2020) pode nos fornecer pistas de quem pode ter tido acesso a este material, como o podem ter interpretado e em qual cultura esse material esteve imerso (Nyhart, 2016). Além disso, examinar esses materiais frequentemente nos permite tornar visíveis práticas que foram invisibilizadas ao serem descritas por outras perspectivas históricas (Dommann, 2003). Entendemos que os processos sociais se materializam no que Peter Galison (1997) chama de “objetos enculturados”. Olhar para esses objetos a partir da História Cultural da Ciência não se limita a analisar os objetos por si só, mas também estudar seus usos sociais e seus significados simbólicos. Dessa forma, a análise da cultura material de uma prática científica, como a divulgação dos raios X, nos permite aprender sobre a própria prática e sobre os atores sociais que dela fizeram parte (Dommann, 2003).

Tanto as práticas científicas quanto a cultura material sofrem modificações ao longo do tempo e dependem do local em que são desenvolvidas. Dessa forma, atores sociais, sendo eles cientistas ou não, têm o potencial de modificar os caminhos dessas práticas e culturas e, consequentemente, podem modificar a própria ciência (Guerra, 2021). Portanto, assim como Andreia Guerra (2021), reconhecemos a importância que movimentos sociais possuem para modificar práticas científicas que potencializam as desigualdades sociais. Um exemplo relevante de ações decorrentes desta participação é destacado por Ana Paula Martins (2020, p. 243), no qual, a autora ressalta que a partir de movimentos feministas, “as historiadoras desempenharam importante papel ao tratar os discursos médicos e científicos sobre as mulheres e a feminilidade como discursos de poder e como artefatos históricos”. Dessa maneira, compreendemos que os discursos médicos e científicos presentes no material analisado nesta dissertação também fazem parte da cultura material e, portanto, contribuem para a investigação

realizada nesta dissertação. Estes discursos são elementos que contribuem para a construção da ciência e possuem ligação direta com a prática da divulgação do conhecimento dos raios X.

Os usos dos raios X tiveram uma rápida difusão principalmente através de jornais de grande circulação em fins do século XIX e início do XX, atingindo o grande público ao mesmo tempo em que alcançavam as comunidades científicas. Pela produção dos raios X ser facilmente reprodutível e de baixo custo (Pamboukian, 2001; Kevles, 1997; Martins 1997), as técnicas que o utilizavam foram amplamente repetidas, desenvolvidas e divulgadas nas mídias e, assim, abriram caminho para sua entrada em grandes laboratórios científicos e hospitais (Dommann, 2003).

Com base nas considerações anteriores, defendemos que esta difusão do conhecimento científico deve ser estudada considerando que ela está imersa em uma sociedade que possui suas próprias concepções, perspectivas e olhares sobre a questão dos corpos. Dessa forma, quando o conhecimento científico alcança ampla divulgação, ele é utilizado com base nas perspectivas vigentes, podendo amplificar a invisibilidade de certos sujeitos subalternizados naquela sociedade, como as mulheres e as pessoas negras.

Considerando essas questões, entendemos que o olhar micro-histórico da vertente historiográfica da HCC, ao olhar para uma prática científica específica, nos permite discutir sobre quem se beneficiou e quem sofreu com a divulgação do conhecimento dos raios X e o que sustentou a expansão e o uso deste conhecimento social, cultural e materialmente (Guerra, 2021; Nyhart, 2016). Dentro dessa discussão, é possível levantar elementos da construção da ciência de forma a dar visibilidade para aqueles que, de alguma forma, foram prejudicados pelos desdobramentos da prática da divulgação dos raios X e discutir as relações de poder que permitiram que alguns se beneficiassem a partir da potencialização do ideal da existência de um corpo padrão que deve ser alcançado. Assim, partimos da categoria da cultura material para selecionar e analisar as fontes primárias e secundárias, explorando como relações de poder da sociedade em que os raios X foram produzidos e divulgados permeiam a divulgação e o uso deste conhecimento científico.

Entendemos, com base em outros trabalhos desenvolvidos no NIEHCC (Mazzarela, 2023; Amaral, 2021; Cardinot, 2020), que essa vertente historiográfica nos permite discutir as questões em torno dos raios X com um olhar voltado para questões relacionadas à Justiça Social, como discutiremos nas próximas seções.

1.2 Educação em Ciências para Justiça Social

Nas últimas décadas, diversos autores (Dagher; Erduran, 2016; Allchin, 2011; McComas; Clough; Almazroa, 1998) passaram a defender que a educação em ciências não deve se limitar a abordar apenas os produtos da ciência, sem levantar questões relacionadas à forma como esses conhecimentos foram construídos.

Diante disso, compreendemos que discutir questões sobre a construção da ciência é crucial para desafiar a noção de que o conhecimento científico é dissociado do contexto em que é produzido e que, portanto, este seria neutro (Sepulveda; Farias, 2022; Amaral, 2021; Gandolfi, 2018b).

Assim, defendemos uma EC voltada para a formação de cidadãos críticos, capazes de tomar decisões voltadas para o bem público nos casos que envolvam temas científicos, bem como compreender as questões do mundo contemporâneo para agir diante delas (Mazzarella, 2023; Gandolfi, 2018b; Moura, Guerra, 2016). O conhecimento e as práticas científicas são historicamente, socialmente e politicamente construídos e, portanto, suscetíveis a modificações (Barton, 1998), o que enfatiza a importância de uma EC que incentive a reflexão e a agência sobre questões de opressão, exclusão e marginalização, que são frequentemente fomentadas pela ciência. Isso se potencializa quando percebemos que as pessoas mais afetadas por essas questões frequentemente têm suas perspectivas ignoradas na hora de tomar decisões que as impactam (Siry; Yacoubian, 2023).

Essas considerações nos levam a defender, como Rochelle Gutiérrez (2013), que conhecimento e poder estão interligados. Dessa forma, levantar elementos constituintes do processo de formação da ciência possibilita entender quais conhecimentos são considerados relevantes, porque o são e quem se beneficia deles.

Por esses motivos, somado ao aumento das grandes crises contemporâneas, como as mudanças climáticas, as destruições ambientais e as crescentes desigualdades sociais, defendemos uma EC mais politizada. Ao nos referirmos a uma EC politizada, nos baseamos em Sara Tolbert e Jesse Bazzul (2016), assim, advogamos que a EC deve promover espaços que permitam aos estudantes se posicionarem politicamente e tomarem ações para promover uma sociedade mais justa.

Em consonância com Tolbert e Bazzul (2016), pesquisadores (Moura, 2021; Hansson; Yacoubian, 2020; Moura; Jager; Guerra, 2020) defendem uma aproximação da EC com o campo da JS, visando a construção de uma sociedade menos desigual, promovendo maior bem-estar coletivo e evitando que estudantes de diferentes grupos

sociais se sintam marginalizados nas salas de aula.

Importante destacar que existem várias perspectivas para JS, a maioria delas é baseada em princípios de equidade e solidariedade (Hansson; Yacoubian, 2020). Por exemplo, para Lee Anne Bell (2016), o objetivo da JS é alcançar a participação equitativa de pessoas de todos os grupos sociais em uma sociedade capaz de atender as necessidades dos indivíduos desse grupo, enquanto o processo para atingir este objetivo deve ser democrático e participativo, permitindo que os diferentes grupos identitários contribuam uns com os outros para criar mudanças que promovam uma sociedade menos desigual. Desta forma, a JS é percebida tanto como um objetivo quanto como um processo.

No campo da EC para JS, Lena Hansson e Hagop Yacoubian (2020) destacam "a necessidade de problematizar o poder e o *status* especial que a ciência tem na sociedade (e na escola) e como diferentes pessoas são posicionadas com relação à ciência" (Hansson; Yacoubian, 2020, p. 10, tradução nossa). Os autores Christina Siry e Hagop Yacoubian (2023) acrescentam ser necessário promover oportunidades de aprendizagem socialmente justas considerando que existem grupos sociais que sequer têm acesso à educação.

Rochelle Gutiérrez (2013) aponta que a definição de JS não pode ser orientada apenas de forma conteudista, não privilegiando as vozes, experiências e contextos dos estudantes. Isso significa que, para que a JS funcione como um processo, é necessário que os estudantes não sejam apenas "'consumidores' dos projetos de justiça social ou da ideologia do(a) professor(a)" (Gutiérrez 2013, p. 49, tradução nossa). Isso implica que as motivações e os direcionamentos das questões abordadas devem partir dos estudantes ou serem motivadas pela observação dos problemas que os afetam, para que possam ter algum significado para eles.

A partir destas considerações, nos alinhamos com Özlem Sensoy e Robin DiAngelo (2014, p.2, tradução nossa) ao definir JS como a compreensão dos seguintes princípios:

> • todas as pessoas são indivíduos, mas nós também somos membros de grupos socialmente construídos;
> • a sociedade é estratificada e grupos sociais são valorizados de forma desigual;
> • grupos sociais que são mais valorizados têm maior acesso a recursos e esse acesso está estruturado nas instituições e normas culturais;
> • injustiça social é real e existe hoje;
> • relações de poder desiguais são constantemente promulgadas tanto no nível micro (individual) quando no nível macro (estrutural);
> • nós somos todos socializados para sermos cúmplices nessas relações;

> • aqueles que alegam ser a favor da justiça social devem agir estrategicamente a partir dessa reivindicação de forma que desafiem a injustiça social e
> • essa ação requer comprometimento com um processo para a vida inteira.

A partir deste olhar para a JS, devemos compreender nossa posição dentro das dinâmicas de poder da sociedade (Sensoy; DiAngelo, 2017) nas diferentes interações entre grupos sociais, para que possamos agir em favor de uma sociedade mais justa. No contexto da EC, é crucial, então, considerar que as escolas são instituições e, como tais, reproduzem as estratificações de raça, classe, gênero e capacidade presentes na sociedade (Sensoy; DiAngelo, 2014). Por isso, é fundamental reconhecer que a JS não é apenas um objetivo, mas também um processo. Devemos nos posicionar de forma a desafiar as relações de poder existentes no espaço escolar, buscando proporcionar segurança para que estudantes de diferentes grupos tenham suas vozes ouvidas e consideradas.

Com base nesse propósito, defendemos ser importante desenvolver práticas pedagógicas que contextualizem e humanizem a ciência. Entendemos que essa humanização não se resume a mostrar que a ciência é produzida por cientistas e que estes são pessoas comuns. Consideramos ser fundamental discutir que indivíduos de diferentes grupos sociais, localidades, contextos, grupos étnicos participam da construção da ciência, mesmo que não necessariamente sejam visibilizados nos documentos oficiais (Moura; Guerra, 2022).

Além disso, defendemos a ideia de que a ciência moderna emerge em todo lugar, tendo como seus criadores

> uma multiplicidade de agentes, intermediários, facilitadores, interlocutores, todos envolvidos em trocas e negociações constantes, incluindo roubos, apropriações devidas e indevidas, em escalas locais e globais, sempre assimétricas e geralmente marcadas pela violência, mas ainda assim relacionais (Haddad, 2022, p. 625).

Dessa forma, compreendemos que existem sujeitos que participam da construção da ciência, embora seja de forma involuntária. No caso do conhecimento dos raios X, o seu desenvolvimento foi decorrente da reprodução dos experimentos dentro e fora dos laboratórios (Dommann, 2003). Em ambos os ambientes, muitas vezes os alvos dos raios não se colocavam nessa situação voluntariamente, porém contribuíam para a construção e desenvolvimento desta prática. Um exemplo é o do médico francês Charles Bouchard, que em 1896, ao convidar seus colegas para uma exibição utilizando raios X, utilizou sua empregada de forma involuntária como sujeito da experiência, expondo parte de seu corpo para estranhos, sem se preocupar com

questões de privacidade sobre aquele corpo (Kevles, 1997).

Neste exemplo, trazemos relações de poder que destacam uma estratificação de gênero, de classe e, possivelmente, de raça, visto que a mulher, empregada doméstica, era vista apenas como membro de uma casta que estava lá para ser útil (Kevles, 1997). Como esse, ocorreram outros casos que explicitam as relações de poder presentes na sociedade, que se manifestam dentro da ciência, visto que as duas não podem ser dissociadas. Estes podem ser utilizados na EC para problematizar questões que estiveram e ainda estão presentes na nossa sociedade e que aumentam cada vez mais as desigualdades sociais.

1.3 O olhar histórico para pensar em novos futuros

Em um artigo da BBC de 2021[5], quando o Brasil ainda enfrentava ondas de Covid-19, era apontado que o país era um dos mais desiguais do mundo. O artigo revelava que os 10% mais ricos do Brasil ganhavam quase 59% da renda nacional, enquanto a metade mais pobre possuía menos de 1% da riqueza do país. Além disso, o 1% mais rico possuía quase a metade da fortuna patrimonial brasileira.

Essa desigualdade socioeconômica, combinada com os efeitos cada vez mais graves do aquecimento global[6], expõe a realidade das situações de injustiça social que vivemos no Brasil. Concordando com Moura, Jager e Guerra (2020), entendemos que essa desigualdade social existente é resultado de condições históricas, nas quais a ciência desempenhou um papel importante.

Sendo assim, para buscar modificar a realidade em que vivemos, precisamos analisar como a ciência contribuiu para a construção e para a manutenção dessa desigualdade social e como a ciência é permeada pelas relações de poder existentes nas sociedades em que é desenvolvida. Para isso, compreendemos que o que consideramos como conhecimento, como adquirimos esse conhecimento e quem é privilegiado no processo de construção dele está intrinsecamente ligado a essas

---

[5] FERNANDES, D. 4 dados que mostram por que Brasil é um dos países mais desiguais do mundo, segundo relatório. BBC News, Brasil, publicado em 7 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59557761>. Acesso em: 27 de jan. 2024.

[6] Para saber mais detalhes, recomendamos as reportagens dos seguintes *links*: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/sp2/video/chuvas-revelam-despreparo-da-cidade-para-enfrentar-desastres-ambientais-12279469.ghtml>; <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2024/01/21/61percent-dos-brasileiros-acreditam-que-precisarao-se-mudar-nos-proximos-anos-por-conta-das-mudancas-climaticas-aponta-estudo.ghtml>; <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2024/01/23/eventos-climaticos-extremos-causaram-numero-recorde-de-desastres-naturais-no-brasil-em-2023.ghtml>.

relações de poder (Gutiérrez, 2013).

Para abordar essas questões em salas de aula, nos alinhamos à HCC, pois acreditamos que ela nos permite compreender essas relações de poder e as relações entre ciência e sociedade (Moura; Guerra, 2022; Guerra, 2021). Compreendemos que nos posicionar dentro da História Cultural da Ciência nos possibilita a construção de argumentos sobre injustiças históricas e contemporâneas, ao mesmo tempo em que permite aos estudantes estabelecerem uma conexão afetiva com atores que seguem em posição subalterna atualmente (Moura, 2021). Contudo, é importante que a escolha da contextualização histórica abordada seja guiada pelo interesse dos estudantes, já que, conforme apontado por Angela Calabrese Barton (1998), o que é essencial para um contexto não necessariamente se aplica a outro. Além disso, essa contextualização só adquire significado quando é capaz de tocar a realidade desses estudantes (Moura; Jager; Guerra, 2020; Barton, 1998).

Com isso, nossa intenção ao unir a vertente historiográfica da HCC com a perspectiva da JS na EC é abordar questões de gênero, classe e raça através da visibilização das relações de poder (Moura; Guerra, 2016) presentes na divulgação e no desenvolvimento do conhecimento sobre os raios X para gerar discussões que promovam reflexões sobre as injustiças presentes ao nosso redor. Nosso objetivo não é simplesmente incentivar que mais pessoas de grupos sociais menos valorizados procurem carreiras científicas, mas sim promover um entendimento de que as relações de poder que fazem parte da produção da ciência afetam diretamente as formas de viver de todos.

Nesse contexto, é crucial “tornar os discursos dominantes mais aparentes [...] tanto para reconhecer como esses discursos prejudicam os indivíduos quanto para desafiar esses discursos e suas práticas associadas, de modo a colocar novos em prática” (Gutiérrez, 2013, p. 50, tradução nossa). No caso dos raios X e sua relação com os corpos, começamos a analisar os discursos dominantes a partir de casos encontrados em jornais brasileiros e franceses que repercutiram nessas sociedades no final do século XIX e início do XX, expondo as relações de poder existentes. Os jornais serviram como indicativos de como funcionavam as sociedades naquela cultura na qual eles estavam inseridos e fontes secundárias, como estudos sobre a história do corpo e sobre técnicas de visualização médica (Ortega, 2014; Michaud, 2006; Moulin, 2006; Dommann, 2003; Kevles, 1997; Cartwright, 1995), nos auxiliaram a ampliar essa perspectiva.

A partir dessas fontes, analisamos como os raios X influenciaram o olhar para

os corpos de maneira diferente dependendo de quais corpos eram os sujeitos das experiências, quais características da sociedade e da ciência corroboraram para esta ocorrência e de que forma este episódio nos permite compreender questões sobre como a ciência se constitui e quem se beneficiou e sofreu com a produção desse conhecimento científico.

2- A produção e divulgação dos raios X em seus primeiros anos

Neste capítulo, iniciamos a análise acerca da produção e difusão do conhecimento sobre os raios X em fins do século XIX e início do XX. Na primeira seção, discorremos sobre as questões que foram pertinentes para o desenvolvimento do trabalho de Röntgen de 1895 e narramos como ele divulgou seu experimento para seus pares e como esse conhecimento se disseminou para o resto do mundo. Na segunda seção, desenvolvemos uma pesquisa histórica com o intuito de levantar aspectos da divulgação dos raios X nas sociedades brasileira e francesa que pudessem ser do nosso interesse e que nos fornecessem subsídios para responder à pergunta de pesquisa. Com isso, apresentamos os resultados obtidos e destacamos as questões que despertaram nossa atenção.

2.1 Röntgen e o contexto da produção e divulgação dos raios X

A teoria da radiação eletromagnética do cientista escocês James Clerk Maxwell (1831 – 1879), desenvolvida no século XIX, foi considerada pelo físico estadunidense Richard Feynmann (1918 – 1988) como um dos eventos mais significativos da época (Zangwill, 2012) e se tornou um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento de outras pesquisas científicas. Um exemplo foi a previsão, derivada dos trabalhos de Maxwell, feita pelo físico alemão Hermann von Helmholtz (1821 – 1894) de que a radiação de alta frequência seria acompanhada por descargas de centelhas elétricas. Com isso, na Alemanha, iniciou-se uma busca por essa radiação de alta frequência por meio de experimentos com descargas de raios catódicos (Authier, 2013).

Diversas pesquisas com raios catódicos foram conduzidas até que contemporâneos de Röntgen se aprofundassem nesse fenômeno. Entre os trabalhos mais conhecidos da época estão os publicados em 1879 pelo cientista britânico William Crookes (1832 - 1919), responsável pelo desenvolvimento de ampolas que continham o gás rarefeito por onde passavam os raios catódicos, observando fluorescência vindo de seus tubos. Heinrich Hertz (1857 – 1894) também foi outro nome significativo ao realizar diversas pesquisas entre 1880 e 1892 sobre a natureza e as propriedades dos raios catódicos, também identificando fluorescência nas proximidades dos tubos que utilizou. Após sua morte, ele teve seus estudos e experimentos continuados por seu aluno Philipp Lenard (1862 – 1947) (Pacheco;

Freitas-Reis, 2023).

Em novembro de 1895, Röntgen era uma das pessoas que se dedicava a reproduzir e explicar os recentes experimentos com raios catódicos feitos por Crookes, Hertz e Lenard, na procura pelo que ele denominou raios invisíveis (Authier,2013). O aparato utilizado consistia em uma bobina de indução de Ruhmkorff e um tubo de Crookes semelhante ao apresentado na figura 1.



Figura 1 – Tubo de raios X com cátodo aquecido feito por William Coolidge[7]
Fonte: Deutsches Röntgen Museum (1913)

Nos experimentos desenvolvidos por Hertz e Lenard, os raios catódicos atingiam distâncias de poucos centímetros no ar e corpos luminescentes que eram colocados próximos ao tubo se tornavam luminosos (Martins, 1998). Outra observação feita através desse experimento era que chapas fotográficas apresentavam uma fluorescência a uma distância de oito centímetros fora do tubo (Kevles, 1997). Com base nisso, Röntgen, na réplica dos experimentos, buscou detectar alguma fluorescência em uma tela pintada com platinocianeto de bário a diferentes distâncias da detectada por Lenard (Authier, 2013; Martins, 1998).

Röntgen, então, cobriu o tubo com papelão preto e escureceu o ambiente para que nenhuma luminosidade atrapalhasse. Porém, enquanto Röntgen testava o aparato para verificar se nenhum brilho estava escapando de dentro dele, ele percebeu a fluorescência na tela que ainda estava a uma distância muito maior do que a que se esperava que o fenômeno ocorresse (Authier, 2013).

Após encontrar este resultado, ele começou a investigar qual a causa daquela fluorescência. Röntgen entendia que estavam saindo raios do tubo que tinham uma propriedade luminescente sobre o papel e que aparentavam ser um tipo de luz invisível (Dam, 1896, p. 413, *apud* Martins, 1998, p. 375). Ele percebeu que ao

[7] Disponível em: < https://roentgenmuseum.de/november-2017/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

aproximar a tela do tubo, a intensidade da fluorescência aumentava, mas a conclusão que mais o chamou atenção foi que essa radiação não tinha sua propagação prejudicada dependendo do anteparo que ele colocasse entre o tubo e a tela. Materiais menos densos sofriam uma grande penetração, enquanto metais mais densos, como o chumbo e a platina, impediam mais fortemente a sua passagem (Martins, 1997). Ao testar diferentes tipos de anteparos, ele segurou um disco de chumbo na frente da tela e se surpreendeu ao perceber que a imagem formada não era apenas o formato do disco, mas também a sombra dos ossos de sua mão (Authier, 2013).

Depois dessa conclusão, Röntgen, que morava com sua família no andar de cima do Instituto de Física onde trabalhava, passou sete semanas estudando cuidadosamente esse fenômeno (Martins, 1998). Por não conhecer precisamente o que era aquela radiação que estava estudando, deu-lhe o nome de raios X . Somente pouco antes do Natal, ele resolveu mostrar no que estava trabalhando para Anna Bertha Ludwig, sua esposa. Nesta ocasião, ele produziu diversas imagens radiográficas da mão esquerda dela (Kevles, 1997; Martins, 1998; Authier, 2013), como a que pode ser vista na figura 2. Posteriormente, essa seria uma das imagens mais conhecidas, se tornando um ícone e sendo reproduzida por diversas pessoas ao redor do mundo.



Figura 2 – Cópia da radiografia da mão esquerda de Anna Bertha Ludwig, esposa de Wilhelm Röntgen, enviada para o professor Ludwig Zehnder do Instituto de Física da Universidade de Freiburg[8]
Fonte: Wikimedia Commons (1895)

[8] Disponível em: <https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:First_medical_X-ray_by_Wilhelm_R%C3%B6ntgen_of_his_wife_Anna_Bertha_Ludwig%27s_hand_-_18951222.jpg>. Acesso em: 05 fev. 2024.

Com apenas um relatório preliminar prestes a ser publicado na *Proceedings of the Physico-Medical Society of Würzburg* (Kevles, 1997), Röntgen pagou para que a gráfica imprimisse algumas cópias antes da publicação oficial e enviou essas cópias desse manuscrito e de nove de suas radiografias mais importantes para dezenas de físicos em diferentes países como Alemanha, Áustria, França e Inglaterra (Authier, 2013; Martins, 1998). Como era de se esperar, a foto que mais impressionou os seus colegas foi a da mão de Anna Bertha Ludwig.

O professor austríaco do Instituto de Químico-Física da Universidade de Viena Franz Exner (1849 – 1926) foi um dos receptores dessas radiografias. Ele as mostrou para o colega de trabalho, o físico austríaco Ernst Lecher (1856 – 1926) , cujo pai, Z. K. Lecher, era o editor chefe do jornal diário austríaco *Die Presse* na época (Die Presse, 1896). Assim que Z. K. Lecher teve contato com os resultados do trabalho de Röntgen publicou uma matéria (*Eine sensationelle Entdneckung*) sobre o assunto na primeira página de seu jornal do dia 5 de janeiro de 1896 (Authier, 2013; Martins, 1997).

A partir desta publicação, a notícia se espalhou para o resto do mundo. Nos dias seguintes, jornais diários e semanais de ampla circulação em outros países também noticiaram o trabalho sobre a produção dos raios X (Martins, 1997) e logo os experimentos começaram a ser reproduzidos em diversos lugares (Authier, 2013).

A ideia de que existiam raios que penetravam corpos opacos não era uma novidade. Antes de Röntgen já havia a crença de que nenhuma substância seria tão densa a ponto impedir que raios a atravessassem (Kevles, 1997). Porém, nunca havia sido previsto que, ao atravessar um corpo humano, esses raios poderiam mostrar o que estava embaixo da pele. Tampouco se imaginou as consequências que isso poderia ocasionar a partir da euforia que surgiu a partir da promessa de se revelar os segredos do corpo (de la Peña, 2003).

Bettyann Kevles (1997, p. 2) aponta que, na França do final do século XIX, embora não tenha sido previsto pela ciência, ou seja, não se esperava encontrar uma forma de visualizar o interior do corpo sem abri-lo, esse conhecimento científico foi aceito rapidamente e sem questionamentos. Para a autora, isso se deve ao fato de naquele contexto existir um movimento de vanguarda cultural que começava a articular que muito do que era apresentado como útil, bom, belo e permanente era enganoso e efêmero, visto que a imagem radiográfica carregava consigo a lembrança de que todos iriam morrer e que todos possuíam um esqueleto similar.

Especialmente dado as influências do contexto da era vitoriana com costumes

rígidos e um forte moralismo social e sexual, as imagens do interior do corpo provocaram um choque no imaginário popular (Kevles, 1997). Com isso, surgiram anúncios de roupas íntimas a prova de raios X na intenção de prevenir que o corpo fosse exposto (Authier, 2012; Kevles, 1997).

A era vitoriana foi uma época em que as pessoas utilizavam muitas peças de roupa, protegendo a pele de ser vista e a pele protegia os segredos do interior do corpo do público (Kevles, 1997). Assim, ao exibir em diversos meios o interior do corpo frente a uma cultura do pudor, a popularização dos raios X tensiona questões presentes nessa era.

Por outro lado, não foram todos os tipos de corpos que foram expostos. Os corpos femininos foram os principais alvos da exposição pelos raios X, o que fez com que pais e maridos de mulheres temessem que algo que era privado se tornasse visível para estranhos. Além disso, como as mulheres eram criadas em uma atmosfera de forte repressão sexual, havia o temor que elas sucumbissem à tentação de olhar para seus próprios corpos nus a partir dessa possibilidade de ver através das roupas de outras mulheres (Kevles, 1997), que passou a ser uma imagem frequente nas mídias.

Assim, pensando em entender melhor como foi a relação entre o público geral e os raios X, de que forma este conhecimento foi utilizado pela sociedade e como foi transformado por ela, optamos por realizar uma pesquisa histórica em jornais de época brasileiros e franceses que trouxessem matérias que abordassem esse tema.

2.2 Pesquisa histórica: o conhecimento dos raios X nas sociedades francesa e brasileira

O estudo histórico da comunicação da ciência foi transformado ao longo desse tempo por causa das mudanças na divulgação científica[9], que costumava considerar os leitores da ciência como uma audiência passiva (Nyhart, 2016). Ou seja, acreditava-se que a sociedade não possuía participação nem na construção e/ou modificação da ciência, nem na forma como esse conhecimento era difundido.

Porém, com a expansão dos estudos sobre a comunicação da ciência, abriram-se portas para estudos sobre como escritores e consumidores dessa divulgação científica são considerados como participantes ativos na construção do conhecimento.

[9] No texto original de Lynn Nyhart (2016), a autora utiliza a "historiografia da ciência popular" para se referir ao que, neste trabalho, consideramos como divulgação científica.

De acordo com Lynn Nyhart (2016, p.15), a ciência não é feita em um local e depois se espalha para outros, mas “é um produto histórico de muitas pessoas diferentes que contribuíram, nem sempre voluntariamente, para uma cultura que valorizou coisas, suas descrições e a criação de significados científicos em torno delas”.

Dessa forma, podemos dizer que ciência e sociedade se coproduzem (Harding, 2015) e, portanto, a forma como um conhecimento científico é interpretado e utilizado por uma sociedade pode nos fornecer um panorama de quais questões foram relevantes naquele contexto.

Assim como todo conhecimento científico, a produção de raios X não foi uma exclusividade dos laboratórios científicos e permeou a sociedade de diferentes formas. Partindo do contexto histórico apresentado na seção 2.1, temos o objetivo de analisar como a divulgação do conhecimento dos raios X foi mobilizada pelas sociedades brasileira e francesa no período de 1896 a 1912, a partir da análise de publicações em jornais da época. Desta forma, investigamos quais questões foram levantadas pela sociedade quanto ao uso dos raios X, como ele foi utilizado e para quais finalidades. A partir dos resultados, poderemos construir uma narrativa, junto a outras fontes primárias e secundárias, que nos permita discutir as relações entre corpo, ciência e tecnologia médica.

2.2.1 Metodologia de Pesquisa

Como pretendemos analisar o ponto de vista da sociedade brasileira, naquela em que essa pesquisa se insere, e da francesa, na qual o experimento de Röntgen foi rapidamente reproduzido pelos médicos Paul Oudin (1851 – 1923) e Toussaint Barthélemy (1850 – 1906) (Martins, 1997), optamos por levantar jornais digitalizados presentes nas bibliotecas digitais Hemeroteca Digital Brasileira[10] e *Gallica*[11]. A Hemeroteca é uma biblioteca digital que contém um acervo de periódicos e publicações seriadas, possuindo desde os primeiros jornais brasileiros até jornais que não circulam mais na forma impressa. Enquanto a *Gallica* é uma biblioteca digital francesa que contém jornais franceses, livros, cartas, imagens e uma coleção de manuscritos e uma coleção de um milhão de documentos.

[10] A Hemeroteca Digital Brasileira é um portal de periódicos brasileiros gratuito que contém jornais, revistas, anuários, boletins, entre outros digitalizados online. Está disponível em: http://bndigital.bn.gov.br/hemeroteca-digital/

[11] A *Gallica* é a biblioteca digital da Biblioteca Nacional da França, contendo livros, cartas, jornais, imagens, entre outros, de forma online e gratuita e está disponível em: https://gallica.bnf.fr/accueil/fr/content/accueil-fr?mode=desktop

Como já destacado, o período delimitado para a pesquisa foi entre os anos de 1896 e 1912. Esta escolha se justifica pelo fato de a primeira publicação sobre o trabalho de Röntgen com os raios X ter sido em janeiro de 1896 e pelo trabalho com difração de raios X ter sido desenvolvido em 1912 (Authier, 2013), data a partir da qual aumentou a quantidade de matérias com caráter técnico nos jornais.

Os termos de busca utilizados na Hemeroteca foram “Raio X”, “raios X” e “Roentgen” e na *Gallica* foram “*Rayon X*” e “*Rayon Roentgen*”. Cabe ressaltar que, devido às limitações técnicas da busca digital, os resultados utilizados nesta pesquisa foram apenas aqueles que as ferramentas de busca conseguiram encontrar a partir do Reconhecimento Ótico de Caracteres (Brasil; Nascimento, 2020). Isto significa que os resultados encontrados não contemplam, necessariamente, todas as aparições dos termos nos jornais pesquisados.

Para a seleção das fontes, alguns critérios foram adotados. Dado que o objetivo era analisar de que forma a comunidade geral utilizou este conhecimento, foram excluídos os jornais de conteúdo voltado para comunidades científicas. Reportagens de aplicações exclusivas em medicina também foram excluídas devido ao número de dados, que seria da ordem de milhares. Além disso, tiveram que ser descartados jornais cuja digitalização impedia a leitura.

As matérias de jornais encontradas foram classificadas a partir de algumas categorias emergentes (Moraes; Galiazzi, 2020). Assim, essas categorias surgiram a partir de uma leitura analítica (Gil, 2017) de parte do material selecionado e foram sendo criadas, excluídas ou modificadas conforme a análise ia avançando. Por fim, as matérias foram classificadas de acordo com seu ano de publicação, tipo (anúncio, carta, relato, crônica/poema, notícia/reportagem, artigo de opinião, humorística, tirinha/charge) e uso dos raios X (entretenimento, aplicações técnicas, críticas à ciência, controle do corpo, misticismo, analogia).

2.2.2 Análise e Resultados

Nossa base de dados ficou dividida em duas partes: uma contém os jornais brasileiros selecionados e a outra contém os franceses. Na parte brasileira, obtivemos 353 resultados que foram coletados a partir da Hemeroteca Digital Brasileira. Na parte francesa, obtivemos 127 resultados que foram coletados a partir da *Gallica*.

Ambos os arquivos continham jornais de várias regiões dos países e se destinavam a diferentes públicos-alvo. Desta forma, obtivemos resultados que podem ser considerados representativos das diversas realidades existentes naquela época, especialmente quando falamos do Brasil, que é um país de grande extensão territorial.

Para analisar os dados obtidos, utilizamos as categorias ano e tipo de publicação e uso dos raios X, nas quais fizemos uma breve descrição destas. A título de organização, primeiro apresentamos os resultados dos jornais brasileiros, depois dos franceses e, por fim, fizemos uma comparação entre os dois. Cabe ressaltar que nas categorias tipo de publicação e objetivo foi atribuída apenas uma subcategoria para cada dado coletado, enquanto na categoria uso dos raios X foram atribuídas quantas subcategorias fossem mobilizadas ao longo da publicação.

- **Ano de publicação**

A partir desta categoria destaca-se como se deu a distribuição quantitativa das publicações selecionadas ao longo dos anos. Dessa forma, podemos verificar se o interesse pela questão dos raios X diminuiu, aumentou ou se manteve de acordo com a proximidade temporal da data do trabalho de Röntgen.

Nos resultados brasileiros, obtivemos os dados que seguem a linha azul presente no gráfico da figura 3. Como percebemos muitos anúncios repetidos entre as publicações, a fim de fazer uma análise mais consistente, utilizamos os dados excluindo as repetições, ou seja, considerando apenas uma vez os dados que se repetiram. Isto nos deixou com 190 publicações selecionadas da Hemeroteca que representamos seguindo a linha laranja no gráfico da figura 3.

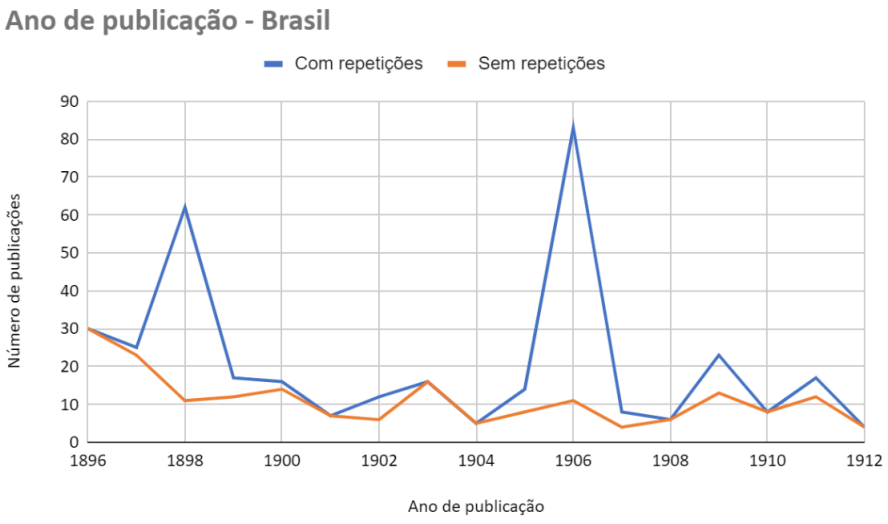


Figura 3 – Gráfico do ano de publicação de jornais brasileiros
Fonte: Autores (2022)

Considerando esse resultado, percebemos que os anos que mais tiveram publicações foram os de 1896 e 1897, ou seja, os dois primeiros anos após a

divulgação do trabalho com raios X. Nos anos seguintes, o interesse pelo assunto caiu, se mantendo aproximadamente constante até o ano de 1912.

Nos jornais franceses também encontramos repetições de anúncios, porém em um número bem menor. Apenas 4 dados precisaram ser excluídos, sendo assim, ficamos com 123 resultados no total. Pelo gráfico da figura 4, podemos ver que as repetições ocorreram apenas nos anos de 1899 e 1900, por isso as linhas laranja e azul se superpõem nos outros anos.

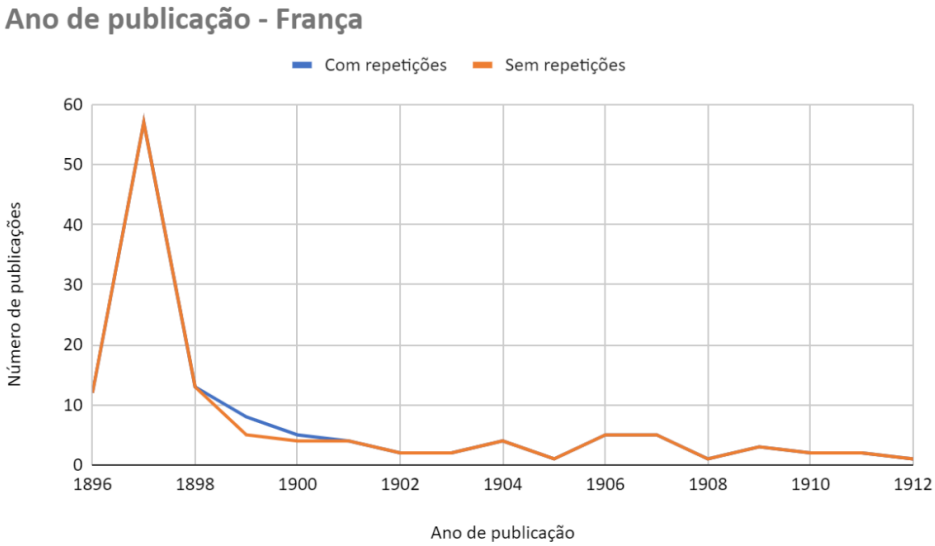


Figura 4 – Gráfico do ano de publicação de jornais franceses
Fonte: Autores (2022)

Da mesma forma que no Brasil, os primeiros anos foram os que tiveram o maior número de publicações. No caso francês, a partir de 1899, o interesse pelo assunto se torna mais escasso, se mantendo aproximadamente constante até o fim do período de análise.

Olhando para os primeiros anos, vemos que o ano de 1897 concentrou quase metade do total de dados obtidos. Isto ocorreu por causa das tentativas de se encontrar aplicações técnicas para o novo conhecimento científico (de la Peña, 2003). A principal delas encontrada nos jornais aqui pesquisados foi o uso dos raios X nas fiscalizações aduaneiras, que começou a ser implementado na França amplamente naquele ano. Seja para criticar a pressa existente nesse processo ou para elogiar o uso para este fim, diversos jornais publicaram matérias sobre este assunto.

Porém, esta não foi a única aplicação que teve grande repercussão na época. As aplicações médicas na identificação de doenças, reparo de ossos quebrados e remoção de projéteis também foram alvo de admiração e causaram fascínio em

grande parte da sociedade (de la Peña, 2003). Mas este aspecto não se sobressai na nossa pesquisa, visto que excluímos matérias que fossem de revistas/jornais de medicina ou científicas(os).

Dessa forma, no Brasil podemos ver que o interesse maior pelo assunto se dá nas proximidades do início da divulgação, assim como na França. Com isso, entendemos que este assunto teve uma popularização rápida, recebendo muita atenção logo nos primeiros anos após o surgimento desse conhecimento (Moulin, 2006), o que é justificável também pela crescente demanda que existia por respostas a questões de anatomia e fisiologia (Dommann, 2003).

- **Tipo de publicação**

O tipo de publicação nos mostra a forma que o autor da matéria escolheu para passar a informação que deseja. Diferentes escolhas carregam diferentes intencionalidades. Como mencionado acima, foi comum a aparição de muitos anúncios que se repetiam. Isto demonstra que a escolha pelo formato de anúncio pode revelar a intenção de comercialização, assim como um artigo de opinião pretende deixar explícita a visão do autor sobre um determinado assunto e uma notícia carrega consigo a pretensão de se demonstrar imparcial. Com base nessa distinção, faremos uma análise de quais as principais intenções ao abordar o assunto raios X em ambas as sociedades apresentadas.

No Brasil, como pode ser visto no gráfico da figura 5, o principal formato foi o de notícias ou reportagens, nas quais foram abordadas diversas aplicações dos raios X pela sociedade. Dentre estas, temos o uso em fiscalizações aduaneiras, na busca de pérolas dentro de ostras, na análise de quais galinhas colocavam mais ovos, na distinção entre diamantes verdadeiros e falsos, na verificação da qualidade de vinhos, exemplo destacado na figura 6, e uso no sistema judiciário quando começaram a aceitar radiografias como provas para certos julgamentos. Além de encontrarmos registros de pessoas fazendo pequenas imagens radiográficas para dar de presente, o que foi noticiado como uma novidade. Por outro lado, também encontramos matérias que noticiavam formas de evitar os efeitos dos raios X, como o desenvolvimento de envelopes que diminuem sua ação.

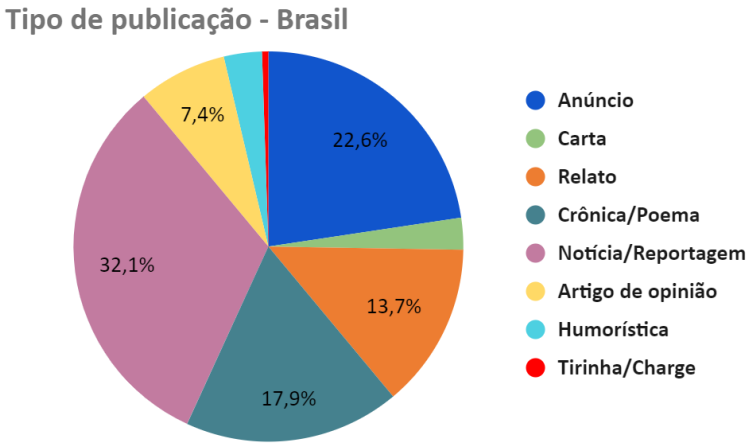


Figura 5 – Gráfico do tipo de publicação em jornais brasileiros
Fonte: Autores (2022)


Os raios Roentgen cujas applicações são hoje universalmente conhecidas, acabam de ler mais duas applicações,
Uma é a photographia dos vinhos.
Os vinhos, cujas photographias indicavam manchas escuras, foram reconhecidos falsificados e nocivos á saude em virtude de analyses feitas em laboratorios.

Figura 6 – Recorte da p.3 da edição 223, de 19 de setembro de 1896 do jornal *Pacotilha*. Notícia sobre aplicações técnicas dos raios X[12]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

Importante destacar que, dentre os anúncios, encontramos com frequência peças de teatros inspiradas nos raios X e livros homônimos. Além disso, os raios X estão presentes em anúncios de eventos beneficentes, comemorativos e exposições. Um exemplo desses casos é o da figura 7, que mostra uma exposição na qual o público pode pagar para visualizar 5 objetos através dos raios X.

[12] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=168319_01&Pesq=Röntgen&pagfis=18244>. Acesso em: 30 out. 2022.


Raio X

Exposição publica da descoberta de Rontg-n, todas as noites das 6 1/2 ás 8 1/2, na rua da Imperatriz n. 55.

Entrada com direito a ver 5 objectos—1$.

Figura 7 – Recorte da p.5 da edição 108, de 17 de maio de 1898 do *Jornal do Recife*. Anúncio de exposição para ver objetos através dos raios X[13]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

As crônicas e poemas, que ocupam o terceiro maior percentual, demonstram o quanto essa temática se expandiu para diferentes áreas da sociedade. Algumas das crônicas tratavam sobre como as religiões católica e espírita interpretaram esse fenômeno, outras trouxeram a associação popular a fantasmas e assombrações. Além disso, a maioria dos poemas e crônicas utilizavam o termo “raios X” fazendo referência às suas propriedades. Ou seja, abordavam temas como a possibilidade de ver através de corpos opacos ou ver o invisível, o que enfatiza que as primeiras produções feitas a partir desse novo conhecimento causaram alvoroço no imaginário popular.

Considerando a similaridade no tipo de conteúdo dentro de anúncios e crônicas e poemas, podemos interpretar que a forma com a qual a sociedade brasileira encarou o conhecimento dos raios X neste período foi, principalmente, ligada ao entretenimento e diversão. Porém, cabe lembrar que, neste trabalho, não estamos analisando artigos que se relacionem com medicina, embora este tenha sido um tema recorrente antes da filtragem realizada para selecionar apenas as matérias que eram de nosso interesse.

Na França, figura 8, assim como no Brasil, o principal formato também foi o de notícias ou reportagens. O teor das notícias e reportagens repete o padrão do Brasil, exceto pelo fato de que a variedade de notícias foi menor, tendo como foco a questão do uso nas alfândegas, como no exemplo da figura 9, que traz o uso dos raios X na fiscalização de mercadorias.

[13] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em:<https://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=705110&Pesq=%22raio%20x%22&pagfis=39584>. Acesso em: 11 nov. 2022.

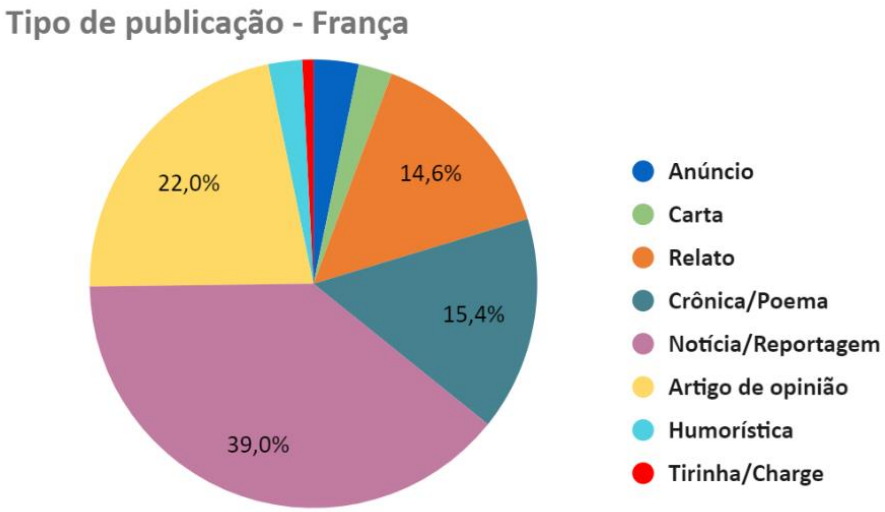
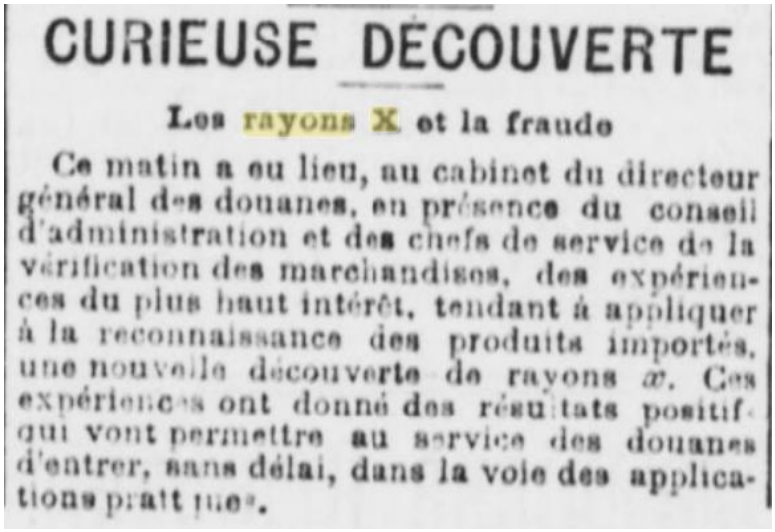


Figura 8 – Gráfico do tipo de publicação de jornais franceses
Fonte: Autores (2022)



CURIEUSE DÉCOUVERTE

Les rayons X et la fraude

Ce matin a eu lieu, au cabinet du directeur général des douanes, en présence du conseil d'administration et des chefs de service de la vérification des marchandises, des expériences du plus haut intérêt, tendant à appliquer à la reconnaissance des produits importés, une nouvelle découverte de rayons *x*. Ces expériences ont donné des résultats positifs qui vont permettre au service des douanes d'entrer, sans délai, dans la voie des applications pratiques.

Figura 9 – Recorte da p.1 da edição 6266, de 23 de junho de 1897 do jornal *Le Petit Troyen*. Notícia sobre uso dos raios X em fiscalizações de mercadorias[14]
"Descoberta curiosa
Os raios X e a fraude
Esta manhã, aconteceram no gabinete do diretor-geral das alfândegas, na presença do conselho de administração e dos chefes do serviço de verificação de mercadorias, experiências de grande interesse, visando aplicar a nova descoberta dos raios X ao reconhecimento de produtos importados. Estas experiências deram resultados positivos que permitirão ao serviço das alfândegas entrar, sem demora, no caminho das aplicações práticas" (tradução nossa)
Fonte: *Gallica* (2022)

[14] Extraído de *Gallica*, 2022, disponível em: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k4320975w/f1.item.r=%22Rayon%20X%22.zoo>. Acesso em: 02 jan. 2023.

Por outro lado, um tipo de publicação popular na França foram os artigos de opinião. Encontramos, nesse grupo, publicações nas quais os autores expressam suas visões sobre assuntos que não se relacionavam com os raios X, mas o utilizavam como analogia para algo que se assemelhasse com suas características populares. Um exemplo muito comum foi utilizar a expressão “visão de raios X” ou “olhos de raios X” quando queriam expressar o desejo de ver através de objetos ou de sentimentos. Por exemplo, na figura 10, podemos ver o autor fazendo uma crítica ao socialismo a partir do desejo de lhe aplicar os raios X para expor seu charlatanismo.

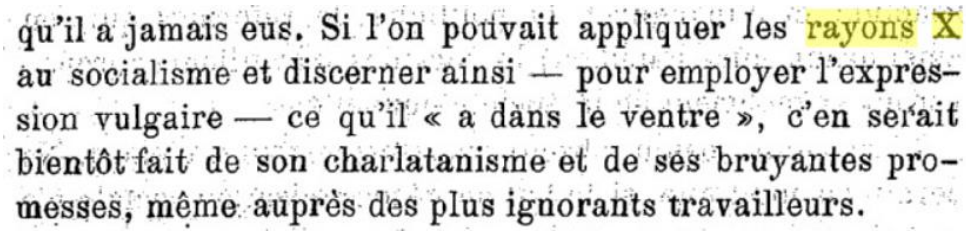

qu'il a jamais eus. Si l'on pouvait appliquer les rayons X au socialisme et discerner ainsi — pour employer l'expression vulgaire — ce qu'il « a dans le ventre », c'en serait bientôt fait de son charlatanisme et de ses bruyantes promesses, même auprès des plus ignorants travailleurs.

Figura 10 – Recorte da p.117 da edição de 02 de julho de 1898 da revista *Annales catholiques.* Artigo de opinião utilizando analogia sobre a possibilidade de se aplicar os raios X ao socialismo[15]

“... aqueles que já teve. Se pudéssemos aplicar os raios X ao socialismo e discernir assim – para usar a expressão vulgar – o que ele ‘tem na barriga’, logo se acabaria com seu charlatanismo e suas promessas barulhentas, mesmo entre os trabalhadores mais ignorantes” (tradução nossa)

Fonte: *Gallica* (2022)

A partir destes dois tipos de publicações, podemos inferir que a informação e a crítica eram priorizadas na França. Além disso, as críticas apareceram em maior proporção na França do que no Brasil, especialmente por causa da maior quantidade de artigos de opinião, que muitas vezes apresentaram um tom irônico ao analisar questões da própria sociedade. Isto evidencia a relação de coprodução entre ciência e sociedade, visto que havia uma questão nacionalista de exaltação da ciência francesa, fazendo com que o conhecimento dos raios X fosse amplamente explorado na França.

Em ambos os grupos de dados, brasileiros e franceses, apenas uma tirinha foi selecionada em cada, ou seja, percebemos uma ausência de imagens em nossos resultados apesar de as radiografias serem um material imagético. Nestas, o texto de cada quadrinho aparecia abaixo ou acima das imagens, como pode ser visto no jornal brasileiro da figura 11. Por este motivo, acreditamos que a ausência desse tipo de publicação seja devido a uma dificuldade com o reconhecimento óptico de caracteres,

[15] Extraído de Gallica, 2022, disponível em: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5715768h/f129.item.r=%22Rayon%20X%22>. Acesso em: 05 jan. 2023.

da mesma forma como ocorrido no trabalho de Eric Brasil e Leonardo Nascimento (2020), na qual os autores percebem a existência de matérias nas quais aparecem o termo de busca utilizado, porém elas não aparecem como resultado durante a busca.



Figura 11 – Recorte da p.7 da edição de 17 de setembro de 1898 do jornal *O Mercurio.* Tirinha na qual dois homens tentam invadir uma casa e utilizam raios X para visualizar o interior antes[16]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

[16] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=308730&pesq=%22raio%20x%22&pasta=ano%20189&hf=memoria.bn.br&pagfis=155>. Acesso em: 23 nov. 2022.

- **Uso dos raios X**

Na categoria uso dos raios X, discutimos a forma com que este conhecimento foi mobilizado nas publicações, isto é, como e com quais finalidades as sociedades o estavam utilizando ou qual era o uso pretendido.

Dentro dessa categoria de análise, temos as seguintes subcategorias descritas na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Descrição das subcategorias da categoria de análise Uso dos raios X.

Uso dos Raios X	**Descrição**
Entretenimento	Raios X são utilizados como passatempo ou como atração em eventos.
Aplicações técnicas	Diferentes aplicações dos raios X na sociedade.
Críticas à ciência	Raios X como exemplo para criticar elementos da ciência.
Controle do corpo	Raios X utilizados para impor certo padrão de corpo ou para direcionar um olhar invasivo para o interior do corpo do outro.
Misticismo	Raios X associados à religião, ao sobrenatural ou ao metafísico.
Analogia	Expressões contendo o termo raios X para se referir a características como atravessar corpos opacos ou ver o invisível.

Fonte: autoras (2023)

Nos jornais brasileiros, as aplicações técnicas, o entretenimento e as analogias foram os principais usos dos raios X, o que é possível ver na figura 12. As aplicações técnicas que foram noticiadas visaram facilitar a vida de parte da classe trabalhadora, como pescadores, que deixaram de abrir todas as ostras para encontrar pérolas, como no exemplo da figura 13; agricultores, que identificaram quais insetos estavam atacando suas plantações, e fazendeiros, que verificaram quais galinhas colocavam mais ovos.

Outras aplicações muito comuns foram as utilizadas para verificar o conteúdo dos contêineres e caixas nas fiscalizações alfandegárias, para verificar a veracidade de diamantes, a autenticidade de múmias e a qualidade de vinhos. Mas, também encontramos tentativas de criação de armas bélicas guiadas por raios X.

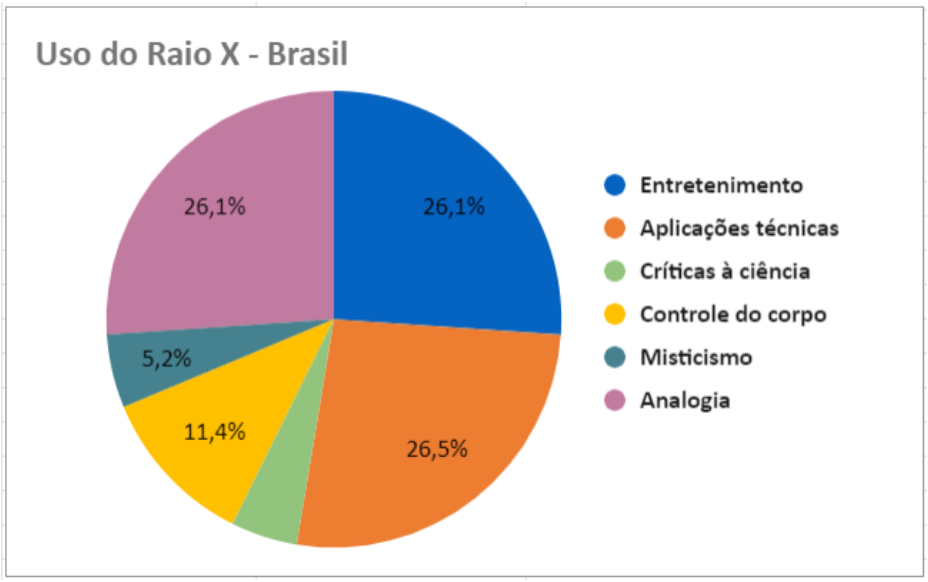


Figura 12 – Gráfico dos usos dos raios X em jornais brasileiros
Fonte: Autores (2022)

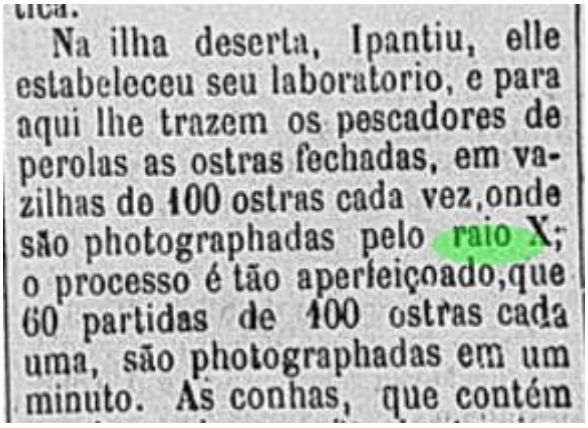

Na ilha deserta, Ipantiu, elle estabeleceu seu laboratorio, e para aqui lhe trazem os pescadores de perolas as ostras fechadas, em vazilhas do 100 ostras cada vez, onde são photographadas pelo raio X; o processo é tão aperfeiçoado, que 60 partidas de 100 ostras cada uma, são photographadas em um minuto. As conhas, que contém

Figura 13 – Recorte da p.1 da edição 10781, de 16 de junho de 1909 do Jornal *Diario do Maranhão*. Notícia sobre uso dos raios X para saber quais ostras possuem pérolas dentro[17]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

Quanto ao uso no entretenimento e nas analogias, encontramos indícios da compreensão que a população teve sobre esse conhecimento e como ele mexeu com o imaginário popular. A partir deste conhecimento, novas expressões, como “iluminar os fatos com os raios X”, “óculos de raios X”, “olhar penetrante como raios X”, “visão de raios X”, foram acrescentadas à linguagem e trouxeram novos elementos para a cultura, tais como as peças de teatro e livros sobre esse assunto, as radiografias como

[17] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <https://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=720011&Pesq=%22raio%20x%22&pagfis=41960>. Acesso em: 20 nov. 2022.

presentes e a presença do tema em decorações de carnaval e festas juninas.

Dentro da subcategoria analogia, de forma mais específica, percebemos um desejo por detectar sentimentos dos seres humanos visto que, em diversas crônicas e relatos, os raios X são citados como caminho para ver o coração da pessoa amada, e, assim, detectar o amor daquela pessoa pelo amado.

Por outro lado, apesar de esta tecnologia não permitir ver a superfície do corpo por baixo da roupa, apenas o seu interior, um assunto frequente foi a ideia de utilizá-la para ver o corpo das namoradas ou de outras mulheres na rua, de forma sexualizada. Isso ressalta a ruptura entre público e privado que foi acentuada após a popularização desse conhecimento (Ortega, 2014; Kevles, 1997; Cartwright, 1995), e nos leva a concluir que nem todas as pessoas foram afetadas da mesma maneira com essa ruptura, visto que o grupo alvo dessa vontade de visualização sem consentimento do corpo foram, principalmente, as mulheres. Através dos raios X, o outro poderia ver através das roupas femininas, olhando diretamente para suas partes privadas, para um esqueleto que passou a carregar uma conotação sexual (Cartwright, 1995), que às vezes era apresentado como alvo do desejo masculino e às vezes era colocado como um símbolo da feminilidade.

Nos jornais franceses, encontramos o destaque para usos semelhantes aos encontrados nos jornais brasileiros, exceto pela baixa porcentagem no entretenimento, figura 14. No caso do entretenimento, nos jornais franceses, encontramos destaque as exibições em museus e as peças de teatro. As publicações sobre aplicações técnicas deram maior enfoque a um único uso: a fiscalização de bagagens nas alfândegas.

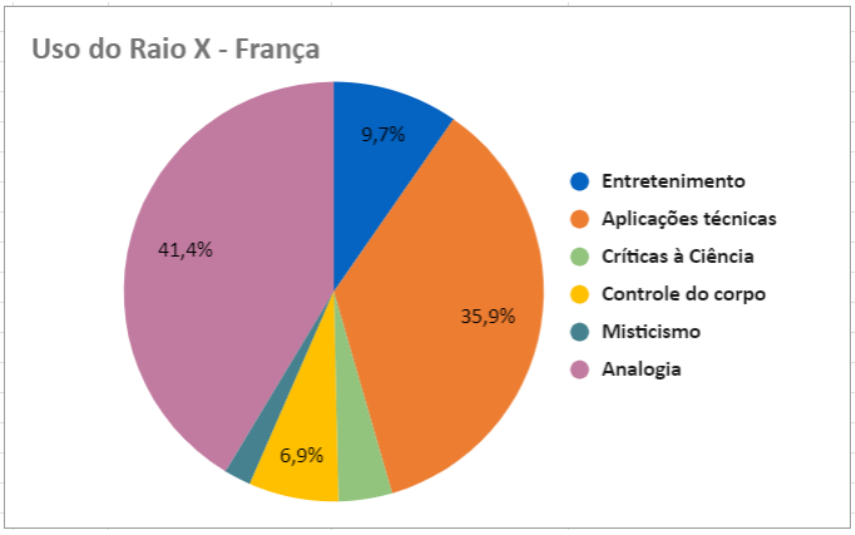


Figura 14 – Gráfico dos usos dos raios X em jornais franceses
Fonte: Autores (2022)

Por outro lado, as analogias foram mais frequentes no caso francês, indicando que o conhecimento dos raios X também foi incluído na cultura da população francesa, tal qual como no Brasil, sendo mencionadas expressões que utilizam o termo com certa frequência. O conteúdo das analogias também foi diferente. Na França, houve uma maior diversidade e um foco maior nas propriedades dos raios X de ver através de corpos opacos, sendo as analogias mais comuns as relacionadas a pessoas poderem ver além do que deveriam e saber mais do que poderiam saber, como no caso da figura 15, que traz a frase “Ela é curiosa como um Raio X”.

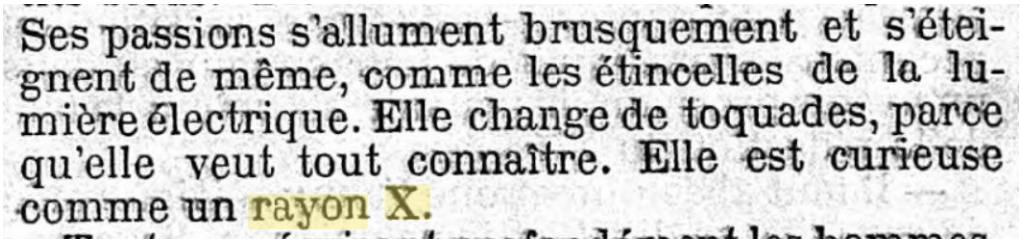

Ses passions s'allument brusquement et s'éteignent de même, comme les étincelles de la lumière électrique. Elle change de toquades, parce qu'elle veut tout connaître. Elle est curieuse comme un rayon X.

Figura 15 – Recorte da p.2 da edição de 23 de outubro de 1898 do jornal *Le Temps*. Uso de analogia atribuindo a característica curiosidade ao Raio X[18]
“Suas paixões se acendem repentinamente e se apagam da mesma forma, como as centelhas da luz elétrica. Ela muda de caprichos porque ela quer conhecer tudo. Ela é curiosa como um raio X” (tradução nossa)
Fonte: *Gallica* (2022)

Na análise dos jornais dos dois países, encontramos uma subcategoria que mesmo sem grande destaque se fez presente nos dois casos: o controle do corpo. Essa questão é importante porque, considerando que ciência e sociedade se coproduzem, cada uma possibilitando e limitando a outra (Harding, 2015), a questão do controle do corpo revela uma característica importante dessas sociedades.

De acordo com Lilian Chazan (2003, p. 194), a produção dos raios X contribuiu para novas formas de olhar o corpo, representando uma “extensão do controle e disciplinarização dos corpos”. Essa ideia fica evidente quando olhamos para algumas publicações selecionadas.

Em um jornal francês, foi noticiado um caso de que candidatas a um cargo de babá foram submetidas a um exame de raios X e a candidata com a melhor ossatura foi contratada, embora não explicitem o motivo desse critério de escolha. Em outro caso, um anúncio sugeriu o uso dessa tecnologia para evitar o embranquecimento dos fios de cabelo. Como já foi citado, tanto no Brasil quanto na França, algumas crônicas

[18] Extraído de Gallica, 2022, disponível em: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2357948/f2.item.r=%22Rayon%20X%22>. Acesso em: 05 jan. 2023.

e relatos utilizaram analogias sobre a visualização do corpo feminino sem consentimento. Além disso, em ambos os países, foram noticiados o uso dos raios X pela rainha de Portugal para contribuir na discussão sobre como o espartilho afeta o corpo e o caso de um homem que terminou o noivado após sua noiva se recusar a fazer uma radiografia para saber se ela teria propensão a ter algumas doenças, o que pode ser lido na figura 16.

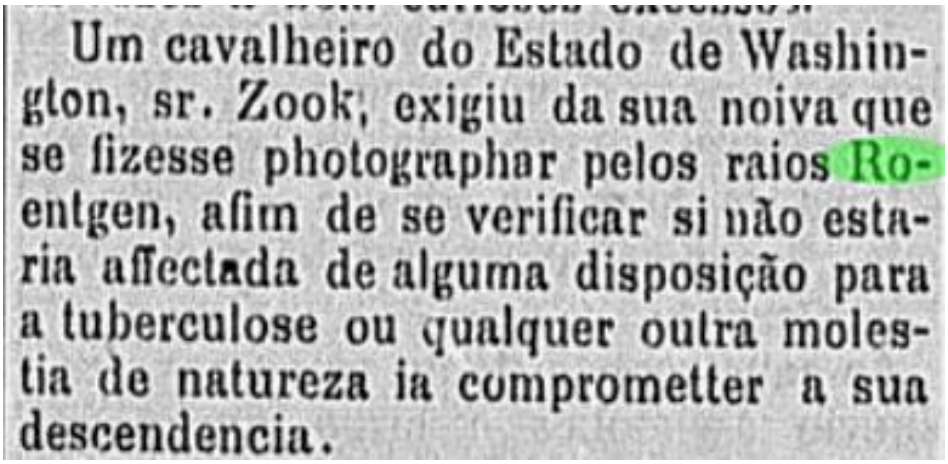
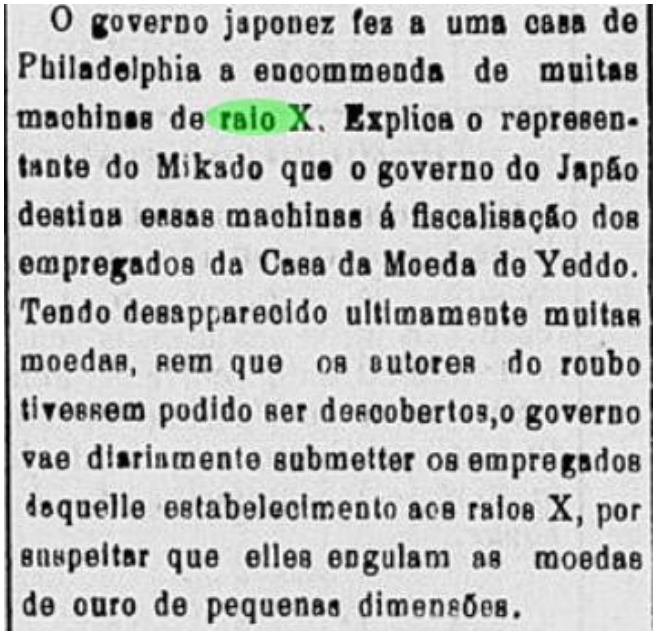

Um cavalheiro do Estado de Washington, sr. Zook, exigiu da sua noiva que se fizesse photographar pelos raios Roentgen, afim de se verificar si não estaria affectada de alguma disposição para a tuberculose ou qualquer outra molestia de natureza ia comprometter a sua descendencia.

Figura 16 – Recorte da p. 1 da edição 164, de 14 de julho de 1906 do jornal *A Republica*. Notícia sobre término de noivado após exigência de radiografia[19]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

Por outro lado, as questões ligadas ao corpo não se limitaram ao público feminino. Em alguns jornais brasileiros e franceses, encontramos publicações sobre o uso de radiografias em órgãos de alcoólatras, para convencê-los a mudar de hábitos. No Brasil, uma reportagem informou que um médico estadunidense estava utilizando raios X para clarear a pele de pessoas negras e foi noticiado, como visto na figura 17, que a Casa da Moeda Japonesa estava radiografando seus funcionários diariamente para evitar que eles roubassem moedas as engolindo.

[19] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=215554&pesq=Röntgen&pasta=ano%20189&hf=memoria.bn.br&pagfis=18327>. Acesso em: 31 out. 2022.



O governo japonez fez a uma casa de Philadelphia a encommenda de muitas machinas de raio X. Explica o representante do Mikado que o governo do Japão destina essas machinas á fiscalisação dos empregados da Casa da Moeda de Yeddo. Tendo desapparecido ultimamente muitas moedas, sem que os autores do roubo tivessem podido ser descobertos, o governo vae diarinmente submetter os empregados daquelle estabelecimento aos raios X, por suspeitar que elles engulam as moedas de ouro de pequenas dimensões.

Figura 17 – Recorte da p. 1 da edição 180, de 04 de agosto de 1903 do jornal *Estado do Espirito Santo*. Notícia sobre encomenda de máquinas de raios X para fiscalizar funcionários da Casa da Moeda japonesa[20]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

Esses e outros casos demonstram como os raios X podem funcionar como instrumento de poder sobre os corpos, especialmente daqueles de grupos menos valorizados pela sociedade. Esta questão merece atenção porque nos permite discutir como tensionar essas relações de poder que estavam e ainda estão presentes na construção da ciência e na sociedade.

Ao longo dessa pesquisa histórica, buscamos compreender como o conhecimento dos raios X foi mobilizado pelas sociedades brasileira e francesa. Nesse sentido, encontramos algumas diferenças, como um foco maior no entretenimento no Brasil e publicações mais críticas, com maior presença da opinião dos autores na França. Porém, também, encontramos algumas semelhanças, como o maior interesse pelo assunto dos raios X nos primeiros anos após sua divulgação e uma atenção especial para as suas aplicações técnicas.

Concluímos que os raios X foram utilizados de diversas maneiras em ambas as sociedades, mexendo com o imaginário de grande parte da população e causando desconfiança em outra parte (de la Peña, 2003). Além disso, percebemos que a forma como aquele conhecimento científico foi utilizado revelou características das

[20] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <https://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=229644&Pesq=%22raio%20x%22&pagfis=16566>. Acesso em: 21 nov. 2022.

sociedades, seja pela transformação do mesmo em elementos culturais ou pela forma como foi utilizado para subjugar alguns grupos sociais. A partir desses resultados, podemos entender porque algumas questões permanecem na nossa sociedade até os dias atuais, tais como o uso de expressões como visão de raios X e como a questão da mudança na forma de olhar para os corpos.

Apesar do grande número de fontes selecionadas para essa pesquisa histórica, foram feitas algumas filtragens, como a exclusão de matérias relacionadas à medicina e de jornais científicos. Dessa forma, para ter um panorama mais amplo de como esse conhecimento científico contribuiu para que algumas pessoas se beneficiassem e outras sofressem, utilizamos outras fontes primárias e secundárias no capítulo 3 para expandir os resultados obtidos através dessa pesquisa, focando na questão do olhar para os corpos.

3- Os desdobramentos do raios X: a ciência e a sociedade coproduzidas

Nesse capítulo, elaboramos uma narrativa que aprofunda os resultados da pesquisa histórica, utilizando outras fontes primárias e secundárias, que contribuíram para compreender, contextualizar e ampliar as questões apresentadas no capítulo 2. Na primeira seção, exploramos o encontro do conhecimento dos raios X com as sociedades imediatamente após sua divulgação e como esse encontro modificou algumas perspectivas vigentes antes de seu surgimento e foi modificado por elas. Na segunda seção, abordamos como se estabeleceu a relação dos raios X com os corpos, analisando como os corpos pertencentes a grupos sociais menos valorizados foram tratados de maneira distinta quando comparados a corpos de grupos sociais mais valorizados. Na terceira seção, discutimos como esse novo conhecimento modificou a percepção da sociedade e dos indivíduos sobre seus corpos e os dos outros, destacando as implicações disso para a ciência e a sociedade. Na última seção, explicitamos a relevância da coprodução entre ciência e sociedade para a compreensão das questões em torno da prática científica que estamos estudando e seus desdobramentos sociais.

3.1 O encontro dos raios X com as sociedades do final do século XIX

Em seu livro *Screening the body: Tracing medicine's visual culture*, Lisa Cartwright (1995) traz um capítulo em que aborda as reconfigurações do olhar para o corpo, no início do século XX, a partir do microscópio enquanto instrumento institucional de vigilância e poder capaz de fragmentar e visualizar o corpo humano em unidades muito pequenas e com estruturas capazes de movimento perceptível. Ao falar sobre os objetos alvos da vigilância microscópica, a autora traz o caso do pesquisador August Krogh (1874 – 1949), que utilizou os microscópios no estudo da circulação sanguínea de sapos por volta de 1920.

> Krogh carrega o corpo do sapo com uma corrente elétrica, cutuca ele com agulhas e injeta produtos químicos, anotando cuidadosamente em blocos a variação na taxa de fluxo introduzida por cada intervenção. O filme [do experimento] conclui com Krogh bloqueando fisicamente o fluxo sanguíneo. A imagem em movimento dos corpúsculos desacelerando até parar é uma imagem que calibra a morte, permitindo ao observador mapear com precisão o tempo e a taxa do processo de morrer. (Cartwright, 1995, p. 93, tradução nossa)

A autora argumenta que o corpo do sapo é um substituto para o corpo humano, pois neste é conveniente realizar atos que seriam vistos como sádicos e

transgressivos se fossem realizados em um humano. Dessa forma, essas performances, que contribuem para a construção da cultura visual do laboratório, funcionam como uma forma de regulação simbólica, defende a autora. Com esse exemplo, Cartwright (1995) defende que no laboratório atos de punição são legitimados, pois são feitos em prol de conhecimento sobre a vida e a saúde, e neutralizados, pois são parte da cultura rotineira do laboratório, assim sendo tratados como técnicas e práticas institucionais.

Assim como o microscópio, os raios X, enquanto técnica médica e laboratorial, foram utilizados da mesma forma. Foram amplamente empregados em uma busca incessante por aprofundar os conhecimentos de anatomia e fisiologia humana (Dommann, 2003). No entanto, com os usos frequentes e as longas exposições, pessoas começaram a notar queimaduras, surgimento de bolhas e/ou queda de pelos corporais. Esses efeitos não acenderam um alerta para a interrupção ou diminuição do uso justamente porque essas práticas do uso dos raios X tinham a pretensão de trazer conhecimento sobre o corpo e sua saúde (Cartwright, 1995), sendo assim legitimadas.

Um exemplo prático dessa situação foi que Thomas Edison (1847 – 1931), ao ter contato com a notícia do trabalho de Röntgen, pediu ajuda a seu assistente, Clarence Dally (1865 – 1904), para realizar experimentos com raios X. Inicialmente, a função de Dally consistia em utilizar sua mão como objeto de teste, colocando-a em frente ao aparato para garantir que este estivesse emitindo os raios X (Pamboukian, 2001; Kevles, 1997; Cartwright, 1995), como mostrado na figura 18.



Figura 18 – Thomas Edison visualizando a mão de Clarence Dally através do fluoroscopio, uma de suas invenções que utilizava raios X[21]
Fonte: Smithsonian Magazine (2012)

[21] Disponível em: < https://www.smithsonianmag.com/history/clarence-dally-the-man-who-gave-thomas-edison-x-ray-vision-123713565/>. Acesso em: 04 fev. 2024.

Após algum tempo realizando esta atividade repetidamente, Dally começou a perceber inchaço, avermelhamento e dor na mão esquerda, a que ele utilizava nos experimentos idealizados por Edison. A partir disso, ele começou a alternar as mãos enquanto tratava os sintomas na outra, sem parar de realizar seu trabalho com os raios X. Apesar dos tratamentos, os sintomas não melhoraram e, pelo contrário, pioraram Ele começou a perceber queimaduras em seu rosto, perda dos pelos localizados na cabeça, como barba, bigode, sobrancelhas, cílios, e sentir a descamação da pele dos dedos e das costas de suas mãos. Ainda assim, ele continuou realizando as mesmas atividades e, eventualmente, perdeu todos os dedos da mão esquerda, até perder a mão por completo devido a úlceras que o deixavam sentido dor constantemente. Após alguns meses, teve úlceras na mão direita, que se espalharam e ele chegou a ter seus dois braços amputados. Dois anos depois, Dally veio a óbito (Kevles, 1997; Cartwright, 1995).

Ocorreram muitos casos semelhantes ao de Dally (Pamboukian, 2001, p. 67-69; Kevles, 1997, p. 48-49). No entanto, a morte de médicos, técnicos, trabalhadores de fábricas, mineiros e pacientes (Kevles, 1997), levou apenas poucas pessoas a associarem aquelas mortes ao uso dos raios X antes de 1945, quando os danos mutacionais causados pelas bombas atômicas lançadas em Hiroshima e Nagasaki se tornaram visíveis em um curto espaço de tempo e o público geral passou a se sensibilizar para os perigos dos diversos tipos de radiação conhecidos até então (Dommann, 2003).

Sylvia Pamboukian (2001) aponta que os discursos de progresso científico encorajaram diversas pessoas das sociedades a assumirem que os problemas de pele que estavam ocorrendo eram devido à falta de experiência e não uma consequência decorrente da própria natureza dos raios X e de seu uso excessivo. Dessa forma, os atos autopunitivos realizados pelos técnicos e demais trabalhadores eram neutralizados, ao serem considerados como uma questão de falta de aprimoramento técnico, ou seja, uma questão da rotina laboratorial.

Isto porque, ao longo do desenvolvimento da ciência, antes do século XX, as relações de causa e efeito eram percebidas de forma imediata no espaço-tempo, ou seja, não se sabia que era possível levar anos para que o contato com algo pudesse causar algum efeito. Dessa forma, a expectativa com os raios X era a mesma. Se o uso deles no corpo humano fosse produzir algum efeito, este deveria ser sentido ou visto imediatamente, o que não ocorria. Foi a partir desse conhecimento que se percebeu que as consequências do uso de uma tecnologia poderiam levar um certo

tempo até serem percebidas e entendidas (Dommann, 2003; Kevles, 1997).

Os mesmos discursos de progresso científico que fizeram com que as queimaduras causadas pelos raios X fossem negligenciadas também foram alvo de interesse por parte do público geral. A ideia de que os usos dos raios X iriam levar a novos conhecimentos sobre o corpo humano incentivou o desejo de participar da produção da ciência através dos raios X, o que contribuiu para a euforia decorrente da circulação desse conhecimento. Isso se torna visível a partir da popularidade da imagem da mão de Anna Bertha Ludwig (Pamboukian, 2001), que foi reproduzida por diversas pessoas em diferentes cenários.

Um desses cenários que se tornou comum foram exposições públicas e palestras, nas quais eram feitas demonstrações utilizando os raios X (de la Peña, 2003; Dommann, 2003; Pamboukian, 2001). Nessas ocasiões, voluntários se ofereciam para ter suas mãos ou bolsas radiografadas, fato que se tornou uma tendência no entretenimento.

Escritores de ficção científica que se apropriaram dos conhecimentos sobre os raios X começaram a explorar os possíveis impactos dos usos dos raios X na psiquê coletiva e começaram “a propor cenários de como o poder de ver através de objetos opacos poderia afetar indivíduos e sociedades inteiras” (Kevles, 1997, p. 116, tradução nossa). É a partir desse contexto que os raios X aparecem em obras como *The invisible Man* (1897) de H. G. Wells e *The Magic Mountain* (1924) de Thomas Mann (Lima; Afonso; Pimentel, 2009).

Com as ficções científicas, surge o ideal da visão de raios X, que permeou o imaginário popular e foi utilizado como marketing para atrair pacientes para médicos e clientes para fotógrafos (Kevles, 1997). Ademais, algumas pessoas se aproveitaram da euforia causada pelo novo conhecimento para enganar os outros. No jornal exposto na figura 19, por exemplo, vemos um anúncio de venda de curso de “Hypno-Magnetismo”, que lhe permitiria adquirir as faculdades dos raios X de penetrar na mente do outro para ver através dos corpos opacos.



MEIOS SEGUROS DE ENRIQUECER!

ou o Hypno-Magnetismo como meio infallivel de ter poderes maravilhosos no commercio, na advocacia, na medicina, na politica, no professorado, nas relações amorosas e em qualquer outra posição social.

Ensina a ter influencia secreta e instantanea sobre qualquer pessôa e defender-se das influencias alheias. Ensina o processo infallivel pelo qual muitos conseguiram facil fortuna pelos meios legaes, produzindo em si proprios um psychismo que lhes attrahia a felicidade em todas as cousas. Se quizerdes desenvolver vosso negocio, fazer curas em vós mesmos ou nos outros, espalhar vossa reputação, obter lucrativo emprego, alcançar amor ou amizade de alguem, tudo por meios occultos, porém sérios, bastará fazerdes o que ensina o nosso Curso. Não é um opusculo de distribuição gratis, recommendando á acquisição de livretos com instrucção superficial e sim um **Curso Completo**, sem egual e infallivel. Compõe-se de tres livros contendo muitas photogravuras e uma multidão de capitulos e de artigos com os mais interessantes e praticos ensinos sobre todas as situações da vida — **Occultismo Pratico, Magnetismo Utilitario e Milagroso e Iniciação nos Mysterios,** com os meios para adquirir em si mesmo a faculdade dos Raio X ou penetração psychica para ver atravez dos corpos opacos, descobrir o conteúdo de uma carta fechada, a historia de qualquer pessoa por meio de objecto que tenha estado em seu poder, as enfermidades, a leitura do pensamento, etc. — DEZ CAIXAS DE PASTILHAS NERVIGOR que, sem faze-

Figura 19 – Recorte da p. 3 da edição 503, de 04 de maio de 1912 do jornal *O Malho*. Anúncio sobre curso que permite adquirir a habilidade ver através dos corpos opacos, tal qual os raios X[22]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

Outro exemplo que contribuiu para o aumento do desejo coletivo pelos raios X e pelas imagens geradas por eles foi o uso dessa prática por celebridades nos primeiros anos de divulgação. A czarina da Rússia, Alexandra Fedorovna, teve sua mão radiografada, conforme mostrado na figura 20, enquanto o imperador alemão Guilherme II fez uma radiografia do braço (Kevles, 1997).



Figura 20 – Radiografia da mão e do pulso de Alexandra Fedorovna, czarina da Rússia, utilizando joias. Imagem feita por Dr. H. H. Horne no inverno de 1898[23]
Fonte: Wikimedia Commons (1898)

[22] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <https://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=116300&Pesq=%22raio%20x%22&pagfis=2154>. Acesso em: 07 dez. 2022.

[23] Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:X-ray_of_the_Hand_and_Wrist_of_Alexandra,_Empress_of_Russia.jpg>. Acesso em: 05 fev. 2024.

Em Portugal, a rainha Emilia fez com que outras mulheres da corte se submetessem aos raios X porque ela queria mostrar os perigos que o uso do espartilho poderia causar ao corpo das mulheres, deformando os ossos (Kevles, 1997), o que se tornou uma notícia que circulou pelo mundo, figura 21.

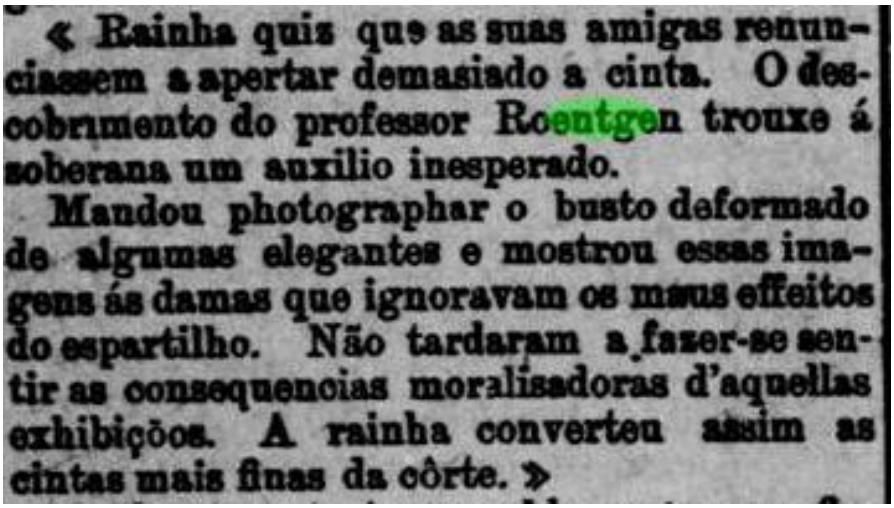

« Rainha quis que as suas amigas renunciassem a apertar demasiado a cinta. O descobrimento do professor Roentgen trouxe á soberana um auxilio inesperado.
Mandou photographar o busto deformado de algumas elegantes e mostrou essas imagens ás damas que ignoravam os maus effeitos do espartilho. Não tardaram a fazer-se sentir as consequencias moralisadoras d'aquellas exhibições. A rainha converteu assim as cintas mais finas da côrte. »

Figura 21 – Recorte da p. 2 da edição 285, de 17 de dezembro de 1899 do *Jornal do Recife*. Notícia sobre o uso dos raios X pela rainha de Portugal[24]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

A questão do espartilho e da saúde da mulher não eram novidades. Já havia discussões sobre se ele era maléfico ou benéfico para saúde da mulher, como pode ser visto pelos estudos de Samuel Thomas Sömmerring (1755 – 1830) no final do século XVIII, no qual ele comparou o esqueleto de uma mulher que não usava espartilho com o de uma que sempre o utilizava (Schiebinger, 1991). No entanto, essa disputa ganhou outras proporções com o surgimento dos raios X, pois agora os argumentos eram sustentados por uma imagem técnica, que carregava consigo a ideia de produção de verdades sobre o corpo (Chazan, 2003).

Nos primeiros anos do século XX, surgiram trabalhos, como o requisitado pela rainha Emilia, que pretendiam investigar se os espartilhos estavam deformando o corpo feminino. Além disso, surgiram pesquisas como a desenvolvida por dois médicos de Berlim e noticiada no Brasil, conforme ilustrado na figura 22, na qual eles afirmam que os espartilhos combatem determinados tipos de doenças pulmonares.

[24] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=705110&Pesq=Roentgen&pagfis=41543>. Acesso em: 30 out. 2022.

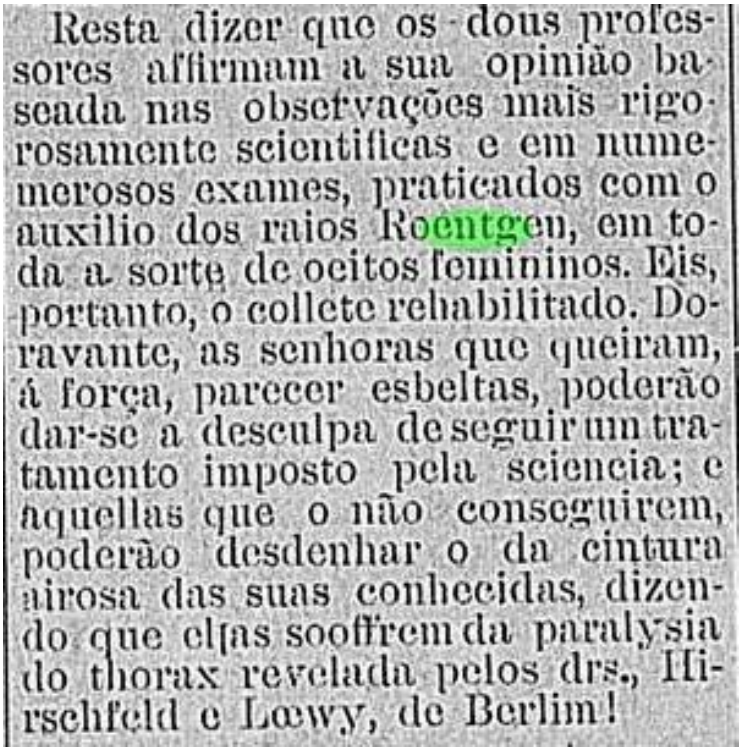

Resta dizer que os dous professores affirmam a sua opinião baseada nas observações mais rigorosamente scientificas e em numerosos exames, praticados com o auxilio dos raios Roentgen, em toda a sorte de ocitos femininos. Eis, portanto, o collete rehabilitado. Doravante, as senhoras que queiram, á força, parecer esbeltas, poderão dar-se a desculpa de seguir um tratamento imposto pela sciencia; e aquellas que o não conseguirem, poderão desdenhar o da cintura airosa das suas conhecidas, dizendo que ellas soffrem da paralysia do thorax revelada pelos drs. Hirschfeld e Lœwy, de Berlim!

Figura 22 – Recorte da p. 5 da edição 247, de 22 de outubro de 1912 do jornal *A Federação: orgam do partido republicano*. Notícia sobre os benefícios do uso de espartilhos a partir de estudo com raios X[25]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

Todas essas reações às imagens radiográficas surgem devido à combinação de quatro questões culturais que estavam em alta na época, conforme destaca Sylvia Pamboukian (2001, p. 58, tradução nossa): “o discurso do progresso científico, a instituição da medicina, a fascinação da classe média com dispositivos tecnológicos portáteis inovadores e os discursos de propriedade e beleza associados com o corpo”.

Em grande parte da Europa do final do século XIX, temos um contexto em que as pessoas usavam muitas camadas de roupa em qualquer época do ano e, assim, tinha-se a ideia de que as roupas escondiam a pele que, por sua vez, escondia os segredos íntimos. Poucas pessoas olhavam para os seus próprios corpos em espelhos grandes, muito menos para o corpo do outro. Era uma época de repressão sexual e vergonha do corpo (Kevles, 1997).

Neste contexto, as imagens radiográficas se tornaram símbolo de fetiche, sexualização e saúde (Kevles, 1997; Cartwright, 1995) e foram propagados com esse sentido nas diversas mídias. Um exemplo da fetichização e da sexualização é o trecho

[25] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <https://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=388653&Pesq=Roentgen&pagfis=25916>. Acesso em: 30 out. 2022.

do monólogo publicado no jornal O Rio-Nú, figura 23, que retrata a associação dos raios X com a possibilidade de ver o corpo feminino de forma sexualizada, maliciosa.

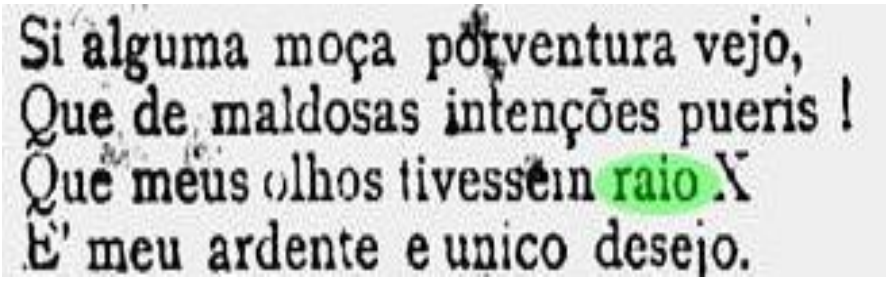

Si alguma moça porventura vejo,
Que de maldosas intenções pueris !
Que meus olhos tivessem raio X
E' meu ardente e unico desejo.

Figura 23 – Recorte da p. 3 da edição 259, de 29 de dezembro de 1900 do jornal *O Rio-Nú*. Trecho de conto que retrata o desejo de ter visão de raios X para ver o corpo de uma mulher[26]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

Quanto às radiografias enquanto símbolo de saúde, com a sua rápida introdução em campos da medicina, tornou-se comum a circulação de imagens de órgãos do corpo, como, por exemplo, os pulmões, principalmente por causa do uso dos raios no combate a doenças contagiosas, como a tuberculose (Chazan, 2003). Com isso, o bom estado do interior do corpo passou a ser uma preocupação daquela sociedade (Cartwright, 1995).

Embora a preocupação com a boa imagem do interior do corpo fosse geral, a forma como essa questão afetava as pessoas variava. Historicamente, as autoridades públicas de saúde voltaram sua atenção para estrangeiros, pobres, classe trabalhadora e outros grupos menos valorizados quando procuravam os agentes disseminadores de doenças, para os quais direcionam seus programas de combate às doenças (Lupton, 2003). Com a tuberculose e as campanhas para o uso dos raios X não foi diferente. Cartwright (1995) faz um estudo, a partir do olhar da cultura visual, para as campanhas de prevenção da tuberculose, que colocavam a mulher como agente responsável pela saúde da família ou pela falta dela. Os vídeos das campanhas tinham as mulheres como público-alvo e as colocavam como protagonistas, representando o papel de cuidado para com todos que vivem com ela. Isto porque elas eram vistas como vetores da doença e que seriam as responsáveis por transmitir a tuberculose para seus maridos e filhos mesmo que estivessem assintomáticas ou que não apresentassem sinais da doença (Cartwright, 1995).

Visando essa busca pelo ideal de saúde no início do século XX, por meio da

[26] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <https://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=706736&Pesq=%22raio%20x%22&pagfis=108>. Acesso em: 21 nov. 2022.

escrutinização do corpo, “a medicina ocidental assume o papel de determinar regras de comportamento, controlando o cotidiano com um conjunto rígido de recomendações, e prometendo em troca desta atenção a longevidade no lugar da morte” (Tucherman; Saint-Clair, 2008, p.9). Dessa forma, considerando os raios X como um dos instrumentos através dos quais a medicina ocidental ampliou o seu controle sobre os corpos, discutimos na próxima seção como se deu a relação entre os raios X e os corpos.

3.2 Raios X através dos corpos

Neste trabalho, compreendemos o corpo como sendo construído historicamente, sendo produzido na e pela cultura. Isto significa que as concepções que temos sobre ele não são naturais, elas são construídas de acordo com o tempo, espaço e as demais conjunturas que o cercam. Dessa forma, o olhar para o corpo é provisório, mutável e suscetível a intervenções consoante o desenvolvimento científico e tecnológico de cada cultura (Goellner, 2013).

Um exemplo disso são as representações do corpo feitas pelo médico belga Andreas Vesalius (1514 – 1564) e pela naturalista francesa Marie Thiroux d’Arconville (1720 – 1805) nos séculos XVI e XVIII respectivamente. Eles abordaram a questão das representações dos corpos femininos e suas diferenças em relação aos corpos masculinos.

Andreas Vesalius, autor do atlas de anatomia chamado *Epitome* (1617), desenhou nus feminino e masculino e apontou as diferenças na anatomia dos dois corpos e nos sistemas reprodutivos, figura 24. Ele defendia que a diferença entre os corpos femininos e masculinos estava só na superfície do corpo e nos órgãos reprodutivos, ou seja, seus esqueletos seriam iguais e sem necessidade de representá-los de forma distinta, figura 25 (Schiebinger, 1991; 1987).

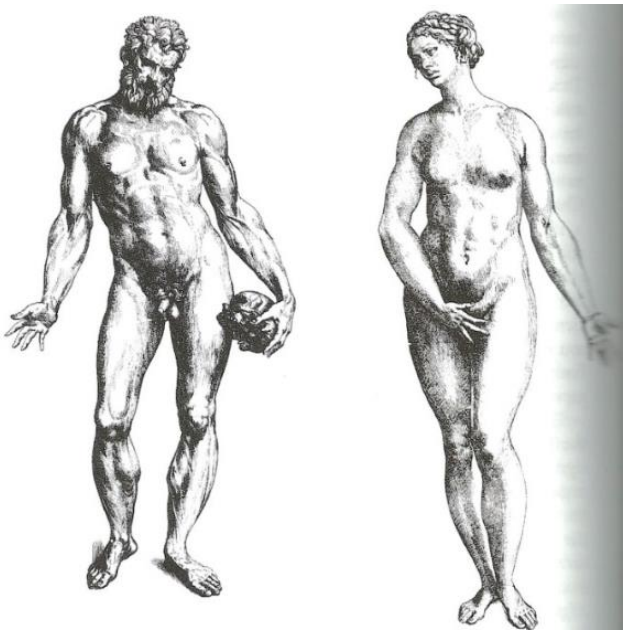


Figura 24 – Nus masculino e feminino usados no livro *Epitome* de Vesalius[27]
Fonte: Schiebinger (1991)

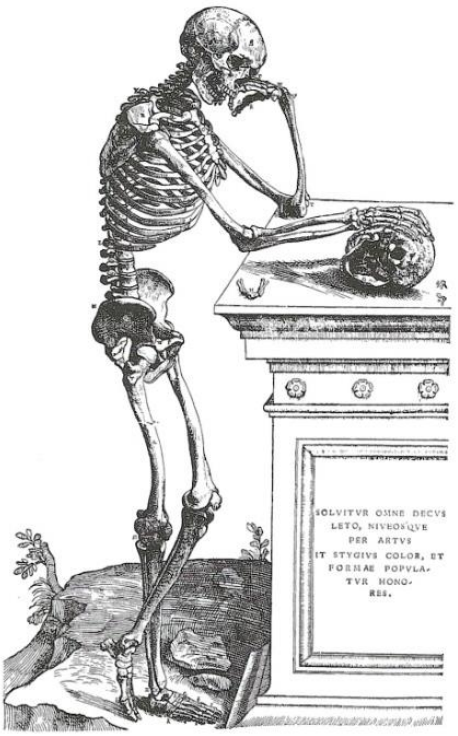


Figura 25 – Esqueleto do corpo humano usado no livro *Epitome* de Vesalius[28]
Fonte: Schiebinger (1991)

[27] Retirado do livro *The mind has no sex?: Women is the Origins of Modern Science* de Londa Schiebinger, página 182.
[28] Retirado do livro *The mind has no sex?: Women is the Origins of Modern Science* de Londa Schiebinger, página 183.

Já na segunda metade do século XVIII, a anatomista d'Arconville apresenta seus desenhos dos esqueletos masculinos e femininos, considerando, diferente de Vesalius, que eles eram diferentes. Existiam questões ligadas ao corpo feminino que eram alvo de debates políticos na época, como o tamanho do crânio estar ligado a inteligência e o tamanho da pélvis ser uma medida de feminilidade. Estas questões possuem uma conexão direta com as representações feitas por d'Arconville, visto que ela desenha o esqueleto feminino, figura 26, com um crânio menor e uma pélvis maior do que a do masculino, figura 27 (Schiebinger, 1991). Dessa forma, podemos observar que a forma como compreendemos o corpo ao longo do tempo se modifica de acordo com as questões vigentes na sociedade em que esses corpos se colocam.

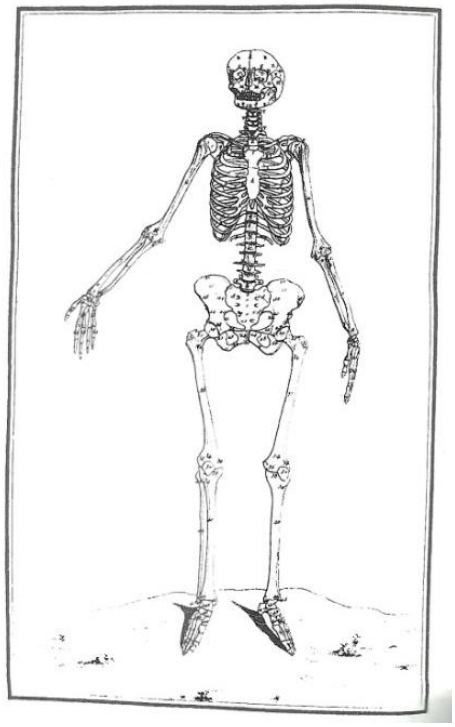


Figura 26 – Esqueleto do corpo feminino de Thiroux d'Arconville[29]
Fonte: Schiebinger (1991)

[29] Retirado do livro *The mind has no sex?: Women is the Origins of Modern Science* de Londa Schiebinger, página 196.

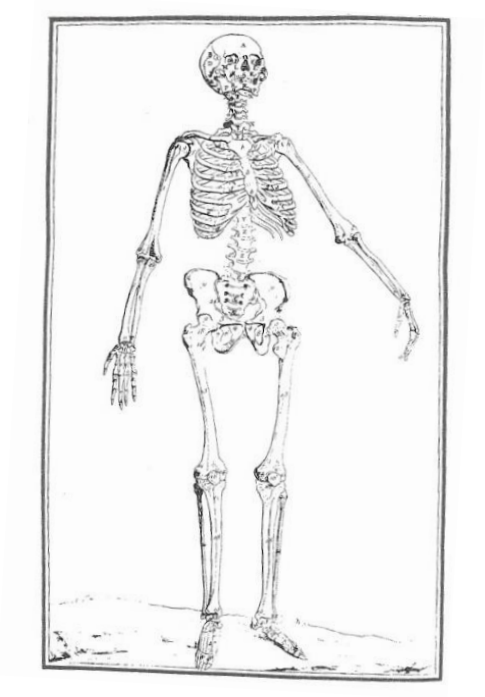


Figura 27 – Esqueleto do corpo masculino de Thiroux d'Arconville[30]
Fonte: Schiebinger (1991)

Londa Schiebinger (1991) aponta que as primeiras representações do esqueleto feminino surgem no século XVIII na Europa justamente por ser uma época e um local em que se buscava demarcar a posição da mulher na sociedade. Dessa forma, assim como nas ilustrações de d'Arconville, os anatomistas procuravam representar os crânios de mulheres em menores proporções, reforçando que os homens eram mais inteligentes, e as pélvis maiores, destacando o papel reprodutivo da mulher (Lupton, 2003; Schiebinger, 1991).

Nesse contexto, acreditava-se que a ciência tinha o poder de expor os segredos do corpo feminino, oferecendo evidências das diferenças entre as capacidades naturais dos sexos masculinos e femininos (Moscucci, 1990 *apud* Lupton, 2003). Assim, a ciência fornecia argumentos para que certos grupos, nesse caso as mulheres, fossem inferiorizados com relação a outros, nesse caso os homens, a partir da transformação desses corpos em objetos experimentais que podem e devem ser investigados.

Ao longo dos séculos, diferentes atores sociais como prisioneiros, órfãos, prostitutas, pessoas com deficiência, escravizados, povos colonizados, negros,

[30] Retirado do livro *The mind has no sex?: Women is the Origins of Modern Science* de Londa Schiebinger, página 197.

pobres, entre outros, foram tratadas como sujeitos experimentais, sendo chamados pelo filósofo francês Gregoire Chamayou de “corpos vis”. Porém, as formas como diferentes grupos sociais se tornaram “corpos vis” dependeram do tempo e das circunstâncias que os cercavam (Guerrini, 2016).

Dessa forma, podemos dizer que diversos discursos sobre o corpo foram produzidos e disseminados em diferentes tempos e lugares, produzindo a noção do que seria um corpo desejável e aceitável em sua época. Porém, apesar do que constituía esse corpo modificar-se com o tempo e a localidade, o corpo desejável teve e tem, como destaca Silvana Goellner (2013), o poder de excluir, inferiorizar e invisibilizar certos corpos. Por isso a importância de se olhar para casos históricos, procurando mediar passado e presente, desconstruindo representações e confrontando o que é o corpo padrão atualmente.

Recentemente, quatro movimentos sociais têm se voltado para defender o entendimento de que o corpo é socialmente construído e problematizar questões ligadas a gênero, sexualidade, deficiência e idade. São eles os movimentos feminista, LGBTQIAP+, das pessoas com deficiência e antietarista (Ortega, 2014; Turner, 2012). Além desses, o movimento negro há algumas décadas vem discutindo questões de emancipação do corpo negro (Gomes, 2017), contribuindo para a discussão.

Os raios X foram utilizados para inferiorizar e invisibilizar principalmente corpos como os de pessoas homossexuais, negros e mulheres, utilizando-os como corpos vis. Isso fica explícito a partir de casos que encontramos na pesquisa histórica e em fontes secundárias, os quais exploraremos mais profundamente ainda neste capítulo.

Em meados de 1930, já tendo o conhecimento dos raios X se difundido amplamente, iniciou-se uma investigação sobre os considerados desvios de sexualidade. Em 1935, um grupo de homens e mulheres homossexuais de Nova York começou um estudo voluntário sobre o próprio comportamento, buscando compreender a si próprios e mostrar para os outros que eles não eram perigosos (Ortega, 2006; Kevles, 1997). Apesar de o intuito dos participantes ser esse, os líderes políticos da cidade aproveitaram para explicitar suas expectativas de que os resultados fossem em direção a uma prevenção do espalhamento da variância sexual pela população em geral (Kevles, 1997). Ou seja, eles acreditavam que os estudos revelariam algo que faria com que a quantidade de pessoas homossexuais parasse de aumentar.

O estudo em questão envolvia cerca de 80 homossexuais com idades entre 20 e 40 anos que foram submetidos a testes de QI e exames físicos, que incluíam os

raios X. As radiografias eram utilizadas para medir as densidades cranianas e, no caso específico das mulheres, medir o ângulo da pélvis, visando revelar estruturas ósseas femininas nos homens e masculinas nas mulheres para explicar a comportamento sexual “fora do padrão” (Kevles, 1997). Isso se relaciona com a definição de homossexualidade aceita no século XIX, que seria a alma de um homem presa no corpo de uma mulher ou a alma de uma mulher presa no corpo de um homem (Miller, 1987). Logo, buscavam-se evidências para mostrar que o interior seria de um sexo diferente do exterior.

Deborah Lupton (2003) defende que esse processo de produção do corpo homossexual implicava na sua repressão. A partir da possibilidade de se identificar uma pessoa como homossexual, ela pode ser controlada para não parecer como tal. Assim como foram produzidos discursos sobre corpos homossexuais a partir dos raios X, esses também o foram produzidos sobre corpos negros e femininos.

3.2.1 Raios X através dos corpos negros

Em meados do século XIX, nos Estados Unidos, pessoas negras eram os principais sujeitos de pesquisas médicas por serem considerados mais disponíveis e acessíveis, dada a sua invisibilidade legal (Guerrini, 2016). E esse panorama não se altera no início do século XX.

Com o desenvolvimento de pesquisas sobre os raios X e a radioatividade, alguns médicos passaram a criar “terapias” para embranquecer a pele de pessoas negras (de la Peña, 2003; Kevles, 1997). Em 1903, experimentos feitos separadamente na Filadelfia e em Berkeley utilizaram corpos afro-americanos como parâmetro para testar as propriedades dessas novidades científicas. Registros indicam que essas pessoas se submeteram voluntariamente a sessões diárias por um mês, expondo seus corpos às radiações por quanto tempo aguentassem. Os registros de diversas naturezas não indicam quem eram essas pessoas ou o motivo pelo qual se submeteram a esses tratamentos, porém jornais e revistas reportam que elas estariam empolgadas com o resultado previsto por esses procedimentos (de la Peña, 2003).

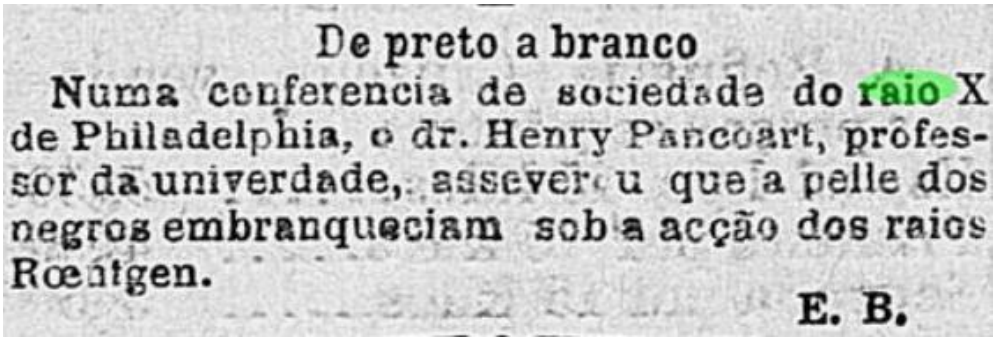
Não é possível verificar se esse anseio realmente existiu ou por quanto tempo durou, porém podemos dizer que essa era sensação que a mídia apresentava ao grande público. Carolyn de la Peña (2003, p. 172, tradução nossa) aponta que esses tratamentos

> oferecem provas viscerais e materiais da desvalorização e degradação dos corpos afro-americanos sob um sistema cultural racista [...]. Além disso, sugerem que a degradação se deu não só devido à violência física direta e psicológica indireta perpetrada contra

> corpos afro-americanos por brancos, mas também devido a maus-tratos auto-infligidos pelos próprios afro-americanos. Os cientistas não forçaram os seus sujeitos a exporem os seus corpos a raios nocivos. Mas, ao apoiarem um sistema que legitimava a equiparação da negritude à inferioridade, os cientistas participaram indiretamente na violência.

Corroborando com essa visão de que essa desvalorização do corpo negro se apoiava numa cultura racista e que essa era uma prática que legitimava a violência contra esses corpos está o fato que as pesquisas de Filadelfia e Berkeley não foram as únicas.

Encontramos registros dessas práticas ao longo do ano de 1903. Em São Francisco, por Robert A. Rees, um graduando da Universidade da California; em Boston, pelo médico Eldridge, e também em Filadelfia, pelo médico Henry K. Pancoast, um especialista em raios X da Universidade da Pensilvânia que anunciou que "poderia transformar a pele preta do mais negro dos homens em uma bela, macia e cremosa cor branca" (de la Peña, 2003, p. 172; Kevles, 1997, p. 49, tradução nossa). No caso do último médico citado, seu trabalho foi divulgado em uma conferência e se tornou notícia no Brasil no ano de 1904, como pode ser visto na figura 28.



De preto a branco

Numa conferencia de sociedade do raio X de Philadelphia, o dr. Henry Pancoart, professor da univerdade, asseverou que a pelle dos negros embranqueciam sob a acção dos raios Rœntgen.

E. B.

Figura 28 – Recorte da p. 1 da edição 16, de 21 de janeiro de 1904 do jornal *A Provincia*. Notícia sobre médico que passou a utilizar raios X para embranquecer peles negras[31]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

Por outro lado, o médico Dieffenbach de Nova York, embora concordasse com a possibilidade de transformar um homem negro em branco, alertou para os perigos de se realizar sessões com exposição do corpo inteiro, alegando que poderia levar a queimaduras fatais. Com o fim do ano de 1903, esse tipo de tratamento desaparece da literatura e não há registro do que aconteceu com os sujeitos dessas práticas (Kevles, 1997).

[31] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: < https://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=128066_01&Pesq=%22raio%20x%22&pagfis=14546>. Acesso em: 21 nov. 2022.

Embora essas práticas de embranquecimento por meio dos raios X tenham desaparecido da literatura, elas não perderam seu poder sobre o imaginário popular. Junto com as teorias eugênicas, que consolidavam a crença na existência de uma raça superior e na possibilidade de se utilizar a ciência para eliminar imperfeições humanas. Souza (2022) indica que essas práticas deixaram heranças como os processos de branqueamento empregados em diversos países da América Latina, que se deram de forma diferente em cada país, mas

> De maneira geral, os eugenistas latino-americanos se envolveram com legislações e medidas de bem-estar materno e infantil, combate às doenças infecciosas, saúde mental, educação sexual e matrimonial e controle reprodutivo, mas também com projetos relacionados às ideologias raciais particulares de cada país, muitas vezes em sintonia com o racismo científico que grassava na Europa e nos Estados Unidos (Stepan, 2005 *apud* Souza, 2022, p. 95).

Esse racismo científico possuía como base a "crença na hierarquia racial, na superioridade europeia e na indissociável conexão entre caracteres biológicos e capacidades físicas, morais e intelectuais" (Souza, 2022, p. 95). Dessa forma, no Brasil, país fortemente miscigenado, a seleção imigratória foi considerada fundamental para que a raça dita superior prevalecesse, providenciando cidadãos com maiores capacidades físicas, morais e intelectuais. Ou seja, acreditava-se que a mestiçagem entre brancos (o europeu, visto como raça superior), negro e indígenas (a maior parte da população brasileira, visto como raça inferior, de moral questionável) conduziria ao branqueamento da população, a partir da perspectiva do darwinista social, na qual a raça superior prevaleceria (Souza, 2022).

Assim, podemos ver que a busca pelo branqueamento das peles negras persistiu, com argumentos baseados em produções científicas, embora os raios X não fossem mais o meio utilizado para chegar neste fim. Isto acontece pelo fato de que as questões que permeiam a ciência não podem ser dissociadas das questões presentes nas sociedades. Dessa forma, a desvalorização dos corpos negros persiste considerando que vivemos sob uma cultura racista.

3.2.1 Raios X através dos corpos femininos

Além dos corpos negros, os corpos femininos também foram desvalorizados e utilizados como objetos de pesquisa na medicina sobre os quais discursos foram produzidos. O movimento feminista, a partir de críticas, "procurou desmistificar as verdades científicas e médicas sobre as mulheres", que produziam poder sobre os corpos femininos, visto que "ciência e medicina modernas construíram e sustentaram sua autoridade enunciativa sobre a natureza e a vida na relação de objetividade e de

neutralidade com o mundo das coisas, dos fenômenos e dos seres" (Martins, 2020, p. 242 -243).

Com o uso dos raios X na medicina, os discursos científicos e médicos se misturam e refletem questões já existentes na sociedade sobre o corpo feminino. Uma dessas questões estava ligada à gravidez e ao fato de que os exames para verificar a saúde do feto eram considerados muito invasivos em uma época em que o corpo da mulher era visto como uma propriedade privada e o pudor estava sempre presente.

Assim, em 1896, o médico Edward Parker Davis do *Jefferson Medical College* começou a utilizar os raios X para visualizar o feto no útero materno. No seu primeiro teste, ele expôs a grávida aos raios por cerca de uma hora e mais uma vez, em um segundo teste, por uma hora e quinze minutos. Encontrando imagens satisfatórias, ele sugeriu que essa prática se tornasse um exame de rotina na obstetrícia, pois seria menos invasivo e menos desconfortável, uma vez que não haveria manipulação da vagina (Kevles, 1997).

Embora o médico não tivesse encontrado evidências de que essa prática pudesse prejudicar a mãe ou o feto, atualmente sabemos que a consequência poderia ser o desenvolvimento de leucemia na criança alguns anos depois (Kevles, 1997). Porém, na época, não se imaginava que causa e efeito pudessem estar tão afastadas temporalmente. Além disso, não há registros de acompanhamentos das mães que passaram por esse procedimento para saber se as crianças desenvolveram alguma doença.

Outra questão presente nessa época foi que os raios X se tornaram uma justificativa para o voyerismo médico. Embora quase todos os radiologistas fossem homens nas primeiras décadas do século XX, o objeto das radiografias eram frequentemente mulheres (Cartwright, 1995). Um técnico de raios X da época justificou a escolha por sua profissão com base no desejo de visualizar o interior do corpo de sua mãe. Outros médicos, todos do gênero masculino, realizaram experimentos e "terapias" utilizando raios X e rádio em vaginas e úteros de mulheres (Kevles, 1997), com a intenção de visualizar o corpo feminino.

Esse olhar através dos corpos femininos não se manteve apenas no âmbito médico-científico, mas se espalhou por vários ambientes, conforme evidenciado pelos resultados da pesquisa histórica. Diversas matérias trouxeram um olhar libidinoso para o corpo feminino explicitado pelo desejo de homens por utilizar esta novidade para ver o corpo de suas namoradas, esposas e de outras mulheres na rua. Um exemplo é o destacado na figura 29, na qual uma reportagem sobre as aplicações dos raios X

termina com o autor lamentando que os namorados não poderiam utilizar a técnica para ver os corpos nus de suas namoradas, uma vez que eles apenas mostram o esqueleto.

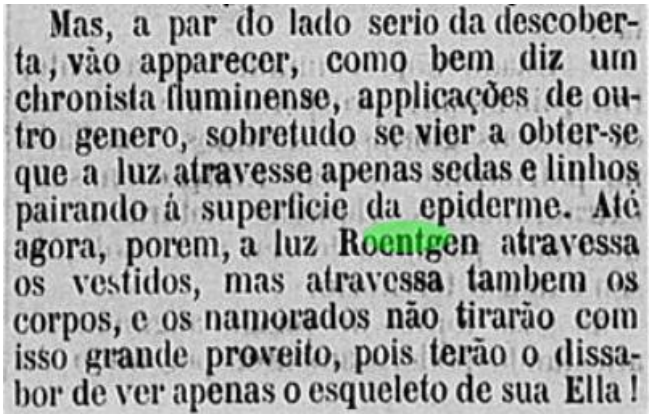

Mas, a par do lado serio da descoberta, vão apparecer, como bem diz um chronista fluminense, applicações de outro genero, sobretudo se vier a obter-se que a luz atravesse apenas sedas e linhos pairando á superficie da epiderme. Até agora, porem, a luz Roentgen atravessa os vestidos, mas atravessa tambem os corpos, e os namorados não tirarão com isso grande proveito, pois terão o dissabor de ver apenas o esqueleto de sua Ella!

Figura 29 – Recorte da p.2 da edição 51, de 07 de maio de 1896 do jornal *O Republicano*. Trecho de notícia na qual o autor sugere o desejo dos homens de ver o corpo das mulheres a partir de aplicações dos raios X[32]
Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira (2022)

As mulheres, por terem uma expectativa de vida mais baixa do que os homens até metade do século XX, foram consideram como um grupo que poderia ser utilizado em experimentos médicos, sendo menos valorizadas (Kevles, 1997). Mas, por outro lado, com a manutenção do bom estado da saúde se tornando um valor moral a partir das visualizações do interior do corpo, a mulher passou a ser responsabilizada pela saúde familiar. Dessa forma, caso ela se preocupasse com as questões que garantiam a saúde de sua família, ela era valorizada, caso contrário, era vista como uma ameaça à saúde da sociedade (Chazan, 2003; Cartwright, 1995).

Com isso, as campanhas promovendo o uso de radiografias do tórax na prevenção da tuberculose em meados de 1930 a 1950 tinham como foco o público feminino. Isto não porque houvesse uma preocupação com a saúde da mulher ou porque elas fossem mais acometidas pela doença, mas porque elas eram vistas como agentes disseminadores de infecções, “ameaçando a integridade da família, da comunidade e da nação” (Cartwright, 1995, p. 146, tradução nossa).

Além disso, as campanhas de prevenção da tuberculose também transmitiram outra mensagem, elas “convidaram as mulheres a gostarem de ser objeto de um novo modo de cultura visual, a reconhecerem as imagens de raios X como um indicador de

[32] Extraído de Hemeroteca Digital Brasileira, 2022, disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=304522&pesq=Roentgen&pasta=ano%20189&hf=memoria.bn.br&pagfis=206>. Acesso em: 30 out. 2022.

gênero e identidade sexual e até a identificarem-se com elas de forma narcisista" (Cartwright, 1995, p. 157, tradução nossa). Dessa forma, os raios X que já eram, desde o início de sua divulgação, considerados como símbolos de fetichização e sexualização do corpo feminino, tiveram seu uso em corpos femininos ainda mais legitimados, uma vez que serviam ao propósito de promover a saúde da sociedade e evidenciar a feminilidade.

Essa não era a primeira vez que o corpo feminino despertava um olhar sexualizado por parte dos médicos e cientistas. No final do século XVIII e início do XIX, os corpos de mulheres negras foram objeto de curiosidade sexual por parte dos naturalistas europeus. O caso mais famoso de desumanidade contra essas mulheres, foi o da sul-africana Sarah Saartjie Baartman (1789 – 1815), que foi exibida e examinada em Londres e Paris, por causa do formato de corpo das mulheres de seu povo. Após sua morte, ela teve a genitália dissecada e exposta em um museu de Paris (Craig, 2012), tendo sido tratada durante a maior parte de sua curta vida como um objeto possuído pelos naturalistas europeus.

No começo da divulgação dos raios X, as proporções tomadas pela imagem dos ossos da mão de Anna Bertha Ludwig causaram efeito similar. Tanto na esfera pública quanto na medicina, imagens das mãos de mulheres começaram a sugerir que o corpo feminino é passível de ser possuído por homens, através da simbologia trazida pela aliança de casamento. Visto que a radiografia da mão de Anna Bertha Ludwig foi feita na mão na qual ela usava a aliança, tornou-se moda a reprodução dessa imagem com o uso de joalherias, especialmente alianças. O anel, ao indicar que a mulher possui um marido, sugere que ela pertence a um homem e, dessa forma, a transforma em algo que pode ser posse de outro alguém.

Assim, mulheres começaram a fazer radiografias para dar de presente para membros da família como símbolo do casamento (Cartwright, 1995). Por outro lado, pais e maridos também se preocuparam e ficaram receosos com a exposição de filhas e esposas aos raios X, pois as imagens estariam revelando a estranhos algo que é privado: o interior do corpo (Kevles, 1997).

Dessa forma, a partir dos raios X, o olhar para o corpo feminino foi naturalizado, explicitando o desejo libidinoso masculino de visualizá-lo por baixo da roupa, como se ele fosse apenas um objeto disponível para ser escrutinizado.

3.3 Concepções de corpo presentes no século XIX e XX: a modificação do olhar para o corpo a partir dos raios X

Como já mencionado, a chegada dos raios X nas sociedades brasileira e francesa modificou a percepção dos indivíduos e das próprias sociedades sobre o corpo, assim como esta técnica científica foi modificada e, aos poucos, (re)construída por questões que permeavam os locais e espaços pelos quais passava.

A partir da transformação dos raios X em técnica médica, tornou-se evidente que o indivíduo não só pode, mas também deve ser estudado e normatizado, como no caso da prevenção da tuberculose, em que a realização do escaneamento torácico se tornou uma obrigatoriedade moral e, às vezes, social. Assim, as imagens do interior do corpo passaram a ser um aspecto constituinte da cultura visual do indivíduo, fazendo parte da construção do corpo ideal (Chazan, 2003).

Ieda Tucherman e Ericson Saint-Clair (2008) defendem que o corpo mediado por tecnologias, como os raios X, está ligado ao ideal de transparência e que, historicamente, este ideal transmite uma concepção de progresso científico, incluindo modificabilidade e controle sobre a fisiologia humana. Porém, a técnica médica dos raios X não foi a primeira a alterar significativamente as práticas médicas. No século XVIII, o contato físico entre médico e paciente era quase inexistente, visto que esses profissionais queriam se diferenciar dos cirurgiões. Na época, considerava-se que os cirurgiões lidavam com a superfície do corpo e suas ferramentas eram os dedos, enquanto os médicos lidavam com os relatos dos pacientes e sua ferramenta era a mente (Ortega, 2005).

Essas condições começam a se modificar com a introdução do estetoscópio no começo do século XIX, quando os médicos começaram a examinar os pacientes utilizando seus sentidos, no caso, a audição. Essa tendência continua com o uso da visão a partir da criação de exames que analisavam partes do interior do corpo através da exploração das cavidades do corpo (Dommann, 2003). Porém, foi somente com o uso dos raios X que foi possibilitada a visão do interior do corpo completo sem a necessidade de abri-lo.

Dessa forma, antes do estetoscópio, os médicos diagnosticavam com base apenas no que era descrito pelos pacientes. A partir do entendimento que as imagens radiográficas representavam a verdade sobre o corpo, os médicos passaram a poder “dizer que o paciente mente, não porque este seja amoral ou fantasioso, mas porque este não sabe o que tem” (Tucherman; Saint-Clair, 2008, p. 10). Este entendimento de que a penetração visual do corpo humano apresenta verdades também causou outra

modificação na sociedade: a dissolução da separação entre o que é público e privado (Ortega, 2014; Kevles, 1997). O interior do corpo que era considerado como privado em uma época de forte repressão sexual, passou a ser passível de ser visto por qualquer pessoa.

Dentro da medicina, os raios X foram apenas a primeira técnica de visualização do interior do corpo. Décadas depois, começaram a ser desenvolvidas outras diversas, como a ressonância magnética, a tomografia computadorizada, o *pet scan* e outras. Para Yves Michaud (2006), à medida que essas técnicas se tornaram mais potentes, elas também se tornaram mais invasivas ao expor o interior dos corpos e modificar as relações com eles.

Um exemplo dessas técnicas é a abreugrafia, desenvolvida em meados da década de 1930 por Manuel de Abreu (1891 – 1962) no Rio de Janeiro, que consistia em registrar a imagem de uma radiografia de tórax em um pequeno filme com dimensões de 24x24 milímetros (Dommann, 2003). No Brasil, a abreugrafia funcionava como um documento necessário para contratação em empregos e admissão em algumas escolas (Antunes; Waldman; Moraes, 2000).

Com essas modificações trazidas pela visualização do interior do corpo, além dos já existentes padrões de beleza sexualizados e racializados, padrões de saúde também começaram a ser almejados (Chazan, 2003). Possuir o estado dos pulmões, da coluna e de outros elementos dentro de um padrão passou a ser uma necessidade a partir da exposição pública do interior do corpo. Assim, os raios X funcionaram como um registro cultural da identidade e das diferenças entre os indivíduos (Cartwright, 1995). Por outro lado, alguns artistas tentaram contrapor essa ideia. Uma delas foi a pintora Laura Ferguson, que a partir de seus raios X criou uma série de obras em que explora sua experiência pessoal. Ela possui escoliose, retorcendo sua caixa torácica, o que dificulta sua respiração, e resolveu representar sua anomalia também em uma busca por rejeitar o ideal do corpo feminino representando um símbolo sexual (Kevles, 1997). Na figura 30, podemos ver uma das radiografias feitas pela artista com a colaboração de cirurgiões ortopédicos e radiologistas, na qual podemos ver sua escoliose e também a presença de um cordão e brincos. Já na figura 31, vemos uma de suas obras, inspirada na sua condição de saúde, parte da coleção *The Visible Skeleton* (O esqueleto visível).



Figura 30– Radiografia da coluna da artista Laura Ferguson, ressaltando sua escoliose e a presença de adornos nas orelhas e pescoço[33]
Fonte: Ferguson (2023)

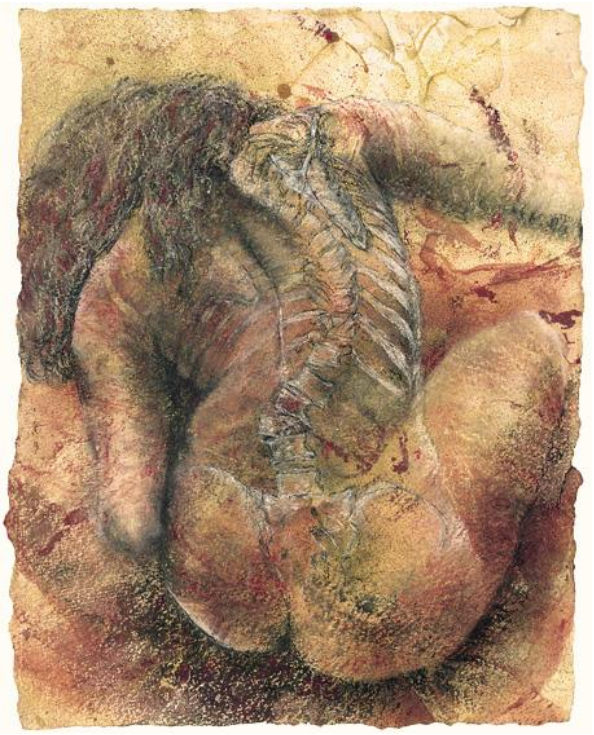


Figura 31– Pintura feita pela artista Laura Ferguson, representado sua escoliose[34]
Fonte: Ferguson (2023)

[33] Disponível em: < https://www.lauraferguson.net/visible-skeleton>. Acesso em: 18 fev. 2024.

[34] Disponível em: < https://www.lauraferguson.net/visible-skeleton>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Dessa forma, percebemos que a ampla divulgação do conhecimento dos raios X modificou os olhares das sociedades para os corpos subalternizados, criando padrões a serem seguidos a partir da amplificação das possibilidades de se visualizar o interior do corpo, mas também criando formas de resistência à imposição desses padrões.

3.4 A coprodução entre ciência e sociedade a partir dos raios X

Com esse conjunto de relatos acerca da prática da divulgação dos raios X, pudemos perceber que as questões presentes nas sociedades estudadas aparecem nas produções científicas ao mesmo tempo em que questões que são produzidas e/ou modificadas pela ciência se difundem pelas sociedades. A partir da visualização do interior dos corpos e da sua difusão, questões existentes na sociedade, como a visão das mulheres como objeto, dos negros como anomalia a ser modificada e dos homossexuais como um perigo para a comunidade, foram amplificadas.

O uso dos raios X nesses corpos subalternizados citados e nos corpos dos técnicos radiologistas foram legitimados por causa do entendimento de que estavam a serviço do avanço da produção do conhecimento sobre a fisiologia do corpo humano. Nessa época, o discurso do progresso científico era muito presente na Europa, fazendo com que testes com raios X fossem feitos sem quaisquer preocupações com eventuais consequências e, mesmo ao encontrar malefícios para a saúde, os procedimentos não eram interrompidos devido à crença generalizada no discurso do progresso científico na sociedade da época.

Outra questão existente na época era o fascínio por novas tecnologias. Dessa forma, para além do uso visando a ampliação do conhecimento sobre o corpo humano, os raios X também se tornaram uma forma de entretenimento, sendo utilizados por diversas celebridades, artistas e pessoas desconhecidas. Isto foi possível porque “as imagens de raios-X não são autoevidentes. Elas não possuem um significado inerente, são polissêmicas [...]” (Dommann, 2003, p. 14, tradução nossa). Sendo assim, elas precisam ser interpretadas e, portanto, abrem margem para metáforas associadas a ela (Dommann, 2003).

Da mesma forma, por necessitarem ser interpretadas, a visualização do corpo transparente a partir das radiografias não eram seguidas imediatamente pela produção de conhecimento sobre o corpo ou sobre uma doença (Dommann, 2003). Eram necessárias diversas imagens para tentar se produzir algum consenso ou padronização sobre o que era normal e o que era patológico (Daston; Galisson, 2007).

Como entendemos que o corpo é construído, historicamente, socialmente e culturalmente, compreendemos que essa padronização do que é considerado normal ou patológico também não é neutra. Assim, esse olhar para as radiografias é perpassado pelas questões que o cercam. A própria visibilidade proporcionada pelos raios X não é neutra, pois alguns indivíduos apareciam nas telas, oferecendo seu corpo como modelos ideais a serem seguidos (Ortega, 2005), enquanto outros corpos tinham os raios aplicados a si já com o objetivo de “corrigir” os seus corpos em direção ao que era considerado como padrão.

Com isso, grupos como mulheres e minorias éticas eram excluídos da comunidade científica (Schiebinger, 1987), não sendo considerados produtores da ciência, embora estivessem participando do empreendimento científico. Ao longo do século XVIII e XIX, sexo e raça cada vez mais contribuíam para a definição do valor social de uma pessoa, o que contribuiu para que certos grupos fossem considerados como padrão e outros fossem excluídos. Além disso, esses grupos de maior valor social também eram os que possuíam poder, uma vez que detinham os produtos da ciência (Schiebinger, 1987). Assim, a produção científica refletia essas questões presentes na sociedade e as amplificava, a partir do seu uso para aumentar a exclusão dos grupos de menor valor social.

Dessa forma, vemos que a ampla divulgação dos raios X proporcionou uma maior visibilidade para questões que permeavam as sociedades aqui analisadas. Percebemos que os padrões e as anomalias criados a partir dessa tecnologia foram social e culturalmente produzidos, o que nos permite refletir sobre os padrões que ainda existem na nossa sociedade.

Concordamos com Dagmar Meyer (2013, p. 27) ao dizer que

> Todos e todas nós participamos desses processos de produção [de padrões], de forma mais ativa ou mais passiva, sofrendo-os ou impondo-os, a nós mesmos e aos outros com quem convivemos profissional e afetivamente. E refletir sobre esses processos e nossa participação neles, no âmbito da escola ou em qualquer outro espaço, é fazer uma discussão política.

Por isso, propomos a discussão dos tópicos abordados neste trabalho na Educação em Ciências, para que possamos pensar o corpo construído historicamente, tensionar esses padrões e discutir quem se beneficiou e quem sofreu com esse processo de construção da ciência, de forma a promover não só uma educação mais justa, mas também uma sociedade mais justa.

4- A humanização na Educação em Ciências: discussões a partir das relações entre a tecnologia médica dos raios X e o corpo

Nesse capítulo, buscamos explorar como a pesquisa histórica apresentada nesta dissertação nos permite construir subsídios para discutir possibilidades para uma Educação em Ciências mais humanizada, voltada para questões sociopolíticas e visando uma sociedade mais justa. Para tal, iniciamos o capítulo apresentando uma revisão da literatura com vistas a compreender como os temas raios X e radioatividade vêm sendo tratados dentro da Educação em Ciências no nível médio a partir de abordagens da História da Ciência. A partir desta revisão e considerando as lacunas constatadas, discutimos algumas contribuições que a pesquisa histórica desenvolvida pode acrescentar no atual panorama da EC no que tange o assunto dos raios X. Sendo assim, utilizamos questões relacionadas aos tópicos abordados nos capítulos anteriores para destacar como o estudo da prática científica de divulgação dos Raios X no contexto delimitado pode contribuir para uma Educação em Ciências mais humanizada e contextualizada, que discuta questões que sejam importantes dentro da realidade dos estudantes para buscar uma sociedade mais justa.

4.1 Os raios X e a radioatividade na Educação em Ciências no Brasil

Como visto no capítulo 2, as pesquisas em torno dos raios X se popularizaram a partir do ano de 1986, atraindo a atenção de diversos públicos. Concomitantemente, mas não ao acaso, eram desenvolvidos os trabalhos ligados à radioatividade (Martins, 2004). Assim como os raios X, a radioatividade, enquanto conhecimento científico, foi utilizada respondendo ao contexto sociocultural em que era divulgada, como apontam Karel Leal (2023) e Rodrigo Lima, Luiz Cláudio Pimentel e Júlio Carlos Afonso (2011).

Para além das similaridades na gênese e nos usos iniciais dos raios X e da radioatividade, André da Silva (2019) destaca trechos de livros didáticos brasileiros que podem conduzir os leitores a entender estes fenômenos como sinônimos. Por esta razão, entendemos ser importante analisar como estes dois tópicos vêm sendo abordado nos trabalhos das áreas de ensino de física e ensino de química, visto que são temas presentes na fronteira entre a física e a química. Além disso, como nos localizamos na interface da História da Ciência e da Educação em Ciências, focamos em olhar para trabalhos que utilizem abordagens históricas para tratar dos conceitos de radioatividade e raios X.

A partir destas considerações, iniciamos a seleção dos nossos artigos utilizando a mesma base de dados presente no trabalho de Tainá Carvalho, Sheila Rego e Andreia Guerra (2022). Esta possui todos os artigos que trabalham com história da ciência e educação em ciências e que tenham pelo menos um autor brasileiro. Foram excluídos apenas artigos sobre pesquisas bibliográficas, revisões sistemáticas ou análises de livros didáticos. As revistas analisadas foram o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), com o acréscimo dos artigos das revistas Ciência & Educação, Ensaio, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência (RBPEC), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) e Química Nova na Escola (QNEsc).

As revistas foram escolhidas por serem periódicos reconhecidos dentro dos campos da Educação em Ciências, Ensino de Física e Ensino de Química, apresentando Qualis A1 ou A2 no quadriênio 2017-2020.

Dentro desta base de dados, procuramos pelos artigos que continham os termos “radioatividade” e/ou “raios X” em seu título e/ou resumo e que foram publicados nas últimas duas décadas (2003 – 2022). Desta forma, obtivemos uma base de dados com 9 artigos, sendo 3 do CBEF, 3 da RBEF, 1 da Ciência & Educação, 1 da IENCI e 1 da QNEsc. Nas demais revistas não foram encontrados artigos que trouxessem esses termos de busca. Este resultado nos aponta que os temas radioatividade e os raios X não são predominantes nos campos da HC e da EC.

Dos 9 artigos selecionados, 7 exploram exclusivamente o tema radioatividade por meio de diferentes enfoques. Dos dois artigos que não tratam exclusivamente de radioatividade, Indianara Silva, Olival Freire Junior e Ana Paula Bispo da Silva (2011) abordam as contribuições do físico estadunidense Arthur Compton (1892 – 1962) para o espalhamento de raios X. E Roberto de Andrade Martins (2004) discute os trabalhos do físico francês Henri Becquerel (1852 – 1908) e do físico inglês Silvanus Thomson (1851 – 1916), que foram descritos como representantes da descoberta da radioatividade, e os coloca associados à divulgação do trabalho de Röntgen sobre a existência dos raios X, sendo o único artigo que trata tanto da radioatividade quanto dos Raios X. Dessa forma, entendemos que é possível trabalhar os dois temas de forma conjunta quando os analisamos a partir de sua divulgação.

Quanto à perspectiva educacional, sete dos artigos apresentam potencialidades de se utilizar abordagens históricas para tratar os temas de radioatividade ou dos raios X em sala de aula sem vincular tais discussões a pesquisas empíricas, e os denominaremos aqui artigos teóricos. Enquanto outros

dois artigos apresentam pesquisas empíricas. Um busca levantar e problematizar as concepções dos estudantes de Ensino Médio sobre a noção de descoberta e outro discute com estudantes de Licenciatura possíveis equívocos históricos sobre o contexto apresentado no filme *Radioactive* e discute as possibilidades de se utilizar o filme para discutir aspectos sociológicos de Natureza da Ciência na sala de aula.

Dentre as potencialidades apresentadas pelos artigos teóricos, sete destacam que o ensino de radioatividade e/ou raios X, a partir de uma abordagem histórica, permite uma melhor compreensão de aspectos da construção da ciência. Por exemplo, Marinês Cordeiro e Luiz Peduzzi (2010) após análise das conferências Nobel de Marie Curie (1867 – 1934) e Pierre Curie (1859 – 1906), argumentam que quando "bem trabalhado em sala de aula, o contexto da atribuição do Prêmio Nobel a um cientista pode contribuir para desmistificar a própria ideia do gênio solitário, em sua torre de marfim, alheio a tudo e a todos" (Cordeiro; Peduzzi, 2010, p. 476). Além desse artigo, outros cinco artigos citam a possibilidade de se utilizar a história da construção do conhecimento da radioatividade como uma possibilidade de contrapor a ideia de que os cientistas trabalham de forma isolada dentro de laboratórios.

Dos nove artigos, três citam especificamente a questão de gênero, tendo por base as contribuições de Marie Curie e Lise Meitner (1878 – 1968). Dois deles a trazem a partir do filme *Radioactive*[35], que tem como tema central a história de Marie Curie. O artigo de Marinês Cordeiro e Luiz Peduzzi (2010) aponta que "É importante frisar o que Marie Curie enfrentou não apenas durante sua busca pelos novos elementos, mas por toda a sua vida: as dificuldades que a ela impunham por ser mulher" (p.494).

Outro trabalho que aborda questões de gênero, mas não fala da Madame Curie é o de Marinês Cordeiro e Luiz Peduzzi (2011). A autora e o autor destacam que

> Sime (1996 apud Cordeiro; Peduzzi, 2011) também mostra as dificuldades sofridas por Lise Meitner que, mesmo sendo uma doutora bastante qualificada, passou anos investigando com Otto Hahn sem quaisquer rendimentos – e sem, ao menos, poder utilizar a entrada principal do laboratório ou circular por outras salas do prédio (Cordeiro; Peduzzi, 2011, p. 558).

[35] O filme *Radioactive,* lançado em 2019, retrata a jornada científica do casal Curie em busca de explicar elementos radioativos que ainda não eram conhecidos. Embora seja considerado como um filme biográfico, há discussões sobre a veracidade histórica de algumas cenas representadas no filme.

Portanto, vemos que a questão de gênero é um tema que vem sendo trabalhado quando se fala do desenvolvimento da radioatividade, através da história de mulheres envolvidas no desenvolvimento da área, como Marie Curie e Lise Meitner. Porém, nos dois artigos que abordam raios X, vemos que a questão de gênero não apareceu.

Quanto aos dois artigos que apresentam pesquisas empíricas, o de Jennyfer Rocha e Adjane Tourinho e Silva (2019) buscam compreender as noções de descoberta de estudantes do Ensino Médio e problematiza a ideia de progresso linear da ciência a partir da defesa de que a concepção de descoberta estaria ligada a atribuição de um pioneirismo a alguém, como no caso da radioatividade, na qual há uma certa dificuldade em se atribuir este pioneirismo. Enquanto o artigo de Carlos Alberto dos Santos e Leandro Londero da Silva (2021) discute com estudantes de licenciatura em física as potencialidades de se utilizar o filme *Radioactive* enquanto meio de popularização da ciência e como instrumento para discussões de Natureza da Ciência, voltadas a aspectos sociológicos da produção científica. Dessa forma, ambos trabalham aspectos de natureza da ciência com os estudantes e trazem resultados que corroboram as potencialidades de se utilizar abordagens históricas na EC, partir das temáticas radioatividade e Raios X.

Em resumo, os artigos encontrados reforçam justificativas para abordagens históricas no ensino, como as que defendem que tais abordagens possibilitam discussões sobre Natureza Ciência (Santos; Silva, 2021; Melo; Heerdt, 2021; Rocha; Silva, 2019; Cordeiro; Peduzzi, 2014; Silva; Freire Junior; Silva, 2011; Cordeiro; Peduzzi, 2011; Peduzzi, 2010) e representatividade de mulheres na ciência (Melo; Heerdt, 2021; Cordeiro; Peduzzi, 2011; Cordeiro; Peduzzi, 2010). Na próxima subseção, buscaremos questões outras que podem ser potencializadas ao trazer o tema da divulgação dos raios X e da sua cultura material como foco em aulas de ciências.

4.2 Os raios X através dos corpos por uma Educação em Ciências que promova Justiça Social

Com o objetivo de promover uma EC voltada para JS, buscamos olhar para como a divulgação do conhecimento dos raios X em certas sociedades contribuíram para a construção e manutenção de desigualdades sociais e como estas permearam as relações de poder existentes.

Dessa forma, assim como Claudia Sepulveda e Yaci Farias (2022, p. 492), acreditamos que adotar uma perspectiva sociopolítica na EC nos leva a um “fortalecimento das lutas sociais de grupos historicamente subalternizados e vitimados por opressões sistemáticas, e da inclusão de suas pautas na agenda política nacional de ações afirmativas para reparação social”.

Assim, entendemos que tratar das questões que envolvem a divulgação do conhecimento dos raios X e sua cultura material nos permite abordar questões de gênero, raça e classe na EC, explicitando casos em que os raios X foram utilizados de forma diferente em grupos subalternizados, destacando as relações de poder que permitiram que assim fossem aplicados.

Embora as práticas citadas ao longo dos capítulos 2 e 3 pudessem ser consideradas como comuns em seu tempo histórico, é crucial destacar quais discursos por trás dessas práticas as tornavam aceitáveis. Dessa forma, podemos discutir e reconhecer como esses discursos prejudicaram certos indivíduos e entender de que formas eles ainda se fazem presentes em nosso cotidiano.

Sendo assim, entendemos que dentro da nossa narrativa histórica existem pontos que podem problematizar o uso de produtos científicos na sociedade de forma a tensionar as relações de coprodução entre ciência e sociedade e questões relacionadas à equidade.

Na mesma linha da maior parte dos trabalhos que encontramos sobre raios X e radioatividade na EC, o olhar da HCC para a prática da divulgação dos raios X possibilita discutir questões sobre a construção da ciência. Podemos perceber que a rápida popularização e os usos dados aos raios X não ocorreram ao acaso. Naquele contexto, buscava-se ampliar o conhecimento sobre a anatomia e a fisiologia do corpo humano (Domman, 2003). Dessa forma, a possibilidade de se ver através dos corpos gerou grande impacto no mundo científico, tomando grandes proporções no cotidiano dos indivíduos.

Além disso, o discurso de progresso científico era um elemento cultural forte no Norte Global no início do século XX (Pamboukian, 2001). Como os aparelhos que produziam os Raios X eram acessíveis para uma boa parte da população (Domman, 2003; Kevles, 1997; Martins, 1997), os aparatos de produção de raios X se tornaram rapidamente parte da cultura material de uma época, se fazendo presente no cotidiano da população. Podemos perceber essa presença através dos anúncios de venda de aparelhos de raio X e das radiografias que se tornaram alvo de desejo para muitas pessoas, cujo maior ícone foi a imagem dos ossos da mão junto da aliança de Anna

Bertha Ludwig (Ortega, 2014; Authier, 2013). Dessa forma, podemos discutir na EC como questões trazidas pela ciência são perpassadas por questões sociais do ambiente em que esta ciência é produzida, bem como a cultura é modificada pelas produções científicas.

Nesse sentido, um olhar para a divulgação dos raios X na imprensa de fins do século XIX e início do XX pode promover discussões em sala de aula a respeito do impacto causado pela visualização do interior do corpo numa sociedade, como a europeia de fins do século XIX, na qual as pessoas utilizavam muitas camadas de roupa em todas as épocas do ano, como uma forma de demonstrar uma proteção do corpo (Kevles, 1997).

Ainda tratando das relações de coprodução entre ciência e sociedade, mas acrescentando as questões gênero, raça e classe, o recorte histórico trazido nesta dissertação nos permite discutir como as radiografias funcionaram como forma de regulação simbólica de corpos subalternizados.

O surgimento de “terapias” para embranquecimento da pele de pessoas negras, no ano de 1903 (de la Peña, 2003; Kevles. 1997), demonstra a posição do corpo branco como um padrão a ser alcançado. Além disso, podemos discutir como as relações de poder da ciência e da medicina podem ter levado pessoas a buscarem esses tratamentos de forma voluntária. Outra discussão possível de ser potencializada é a respeito da falta de registros sobre o que aconteceu com os sujeitos que se submeteram a tais tratamentos (Kevles, 1997) e quais relações que a busca de técnicas de branqueamento tem com a forma como olhamos para os corpos negros hoje em dia e com o racismo científico.

Outros corpos que foram vilanizados nesse de amplo uso dos raios X foram os homossexuais. A visão de que esse grupo de pessoas seria perigoso e o medo de que o número de pessoas pertencente a ele aumentasse fez com que alguns membros desse grupo, nos Estados Unidos, procurassem utilizar instrumentos vindos da ciência para tentar modificar a visão que a sociedade tinha sobre eles (Kevles, 1997).

Por outro lado, quando vamos analisar o uso dos raios X no corpo feminino, vemos que, em alguns casos, ele é feito de forma voluntária enquanto em outros é sugerido seu uso sem o consentimento da mulher. A imagem que marcou o início da divulgação do trabalho de Röntgen foi a radiografia da mão de uma mulher, Anna Bertha Ludwig, com a presença de uma aliança de casamento. Por ser a primeira visualização do interior do corpo sem a necessidade de abri-lo, esta imagem foi tão impactante (Authier, 2013), que se tornou objeto de desejo. Assim, a imagem da mão

com um anel se popularizou naquele contexto, sendo reproduzido por diversas mulheres, inclusive para dar de presente como símbolo da cerimônia de casamento (Kevles, 1997; Cartwright, 1995).

Nesse mesmo contexto, como já discutimos, as imagens radiográficas se tornaram símbolo de sexualização e fetiche, visto que corpos que costumavam ser completamente cobertos com roupa passaram a ter o interior exposto amplamente nas mídias (Ortega, 2014; Kevles, 1997; Cartwright, 1995). Dessa forma, a imagem do interior do corpo feminino permitiu que surgissem publicações como as vistas no capítulo 2, nas quais era expresso o desejo masculino de utilizar os raios X para ver o corpo de suas companheiras ou de quaisquer outras mulheres desconhecidas.

Além do corpo feminino, podemos realizar discussões com base nos exemplos destacados no capítulo 2 de uso dos Raios X em corpos de trabalhadores. Como exemplo, temos o caso da empregada doméstica do médico francês, que teve seu corpo exposto através dos raios X de forma involuntária e sem qualquer preocupação com sua privacidade (Kevles, 1997) e no caso noticiado nos jornais brasileiros, em que funcionários da Casa da Moeda Japonesa eram submetidos a radiografias para garantir que não estavam engolindo moedas para furtar a instituição.

Dessa forma, pudemos ver que os usos advindos da divulgação em massa do conhecimento dos raios X acabaram por reforçar olhares discriminatórios para indivíduos considerados na sociedade como fora do padrão, inferiores ou degenerados. Vemos, então, que os efeitos colaterais dos raios X não foram apenas os biológicos, mas também sociais. Assim, podemos levantar discussões nas salas de aula para compreender de forma crítica os processos sócio-históricos que levaram a isso, discutindo de que forma e porque diferentes indivíduos foram afetados de formas diferentes no processo de construção da ciência.

Além disso, podemos refletir sobre como a prática científica da divulgação do conhecimento dos raios X, bem como sua cultura material, ajudaram a produzir uma noção de corpo ideal e desejável durante o final do século XIX e início do século XX. Para auxiliar nesse processo, consideramos importante, como aponta Silvana Goellner (2013, p. 35)

> percorrer histórias, procurar mediações entre passado e presente, identificar vestígios e rupturas, alargar olhares, desconstruir representações, desnaturalizar o corpo de forma a evidenciar os diferentes discursos que foram e são cultivados, em diferentes espaços e tempos [...]

Muitas das rupturas na nossa forma de olhar para o corpo de forma a afastar de um corpo ideal foram devido aos movimentos sociais (Martins, 2020; Goellner, 2013).Sendo

assim, entendemos que movimentos sociais como os movimentos negro, antietarista, LGBTQIAP+, o feminismo e de outros grupos minoritários “ajudaram então a redefinir e a ampliar não só os sentidos de educativo, mas também os de político, de um modo tal que temas como corpo, sexualidade, maternidade, relações afetivas e muitos outros mais pudessem ser problematizados a partir deles” (Meyer, 2013, p. 27). Dessa forma, assim como Dagmar Meyer (2013, p. 28), acreditamos que pesquisas que olhem a partir das perspectivas de gênero e raça nos permitem contribuir, a partir da educação em ciências, “para a construção de uma sociedade mais justa [...], não só no que se refere ao gênero, mas em todos os seus níveis e relações”.

Considerações Finais

> “Você é uma só pessoa / mas quando você avança / uma comunidade inteira / anda por meio de você - ninguém anda sozinho”
>
> Rupi Kaur

Finalizamos esta dissertação retornando a pergunta que encaminhou a pesquisa aqui discutida: **Como discussões sociopolíticas sobre o corpo podem ser mobilizadas na Educação em Ciências a partir da prática da divulgação dos raios X e da sua cultura material, no final do século XIX e início do século XX, à luz da História Cultural da Ciência?**

Para responder a essa pergunta, desenvolvemos uma pesquisa histórica nas bibliotecas digitais Hemeroteca e *Gallica*, nas quais selecionamos publicações de jornais e revistas brasileiros(as) e franceses(as), respectivamente, dos anos de 1896 a 1912, com vistas a construir um panorama de como o conhecimento dos raios X foram utilizadas pelo grande público no Brasil e França da época.

Nossa busca foi motivada pela crença de que para termos uma Educação em Ciências mais sociopolítica, precisamos olhar para o passado para entendermos o presente e pensarmos em futuros alternativos (Morales-Doyle, 2023). Para guiar o nosso olhar para o passado, nos utilizamos da lente historiográfica da História Cultural da Ciência, focando nas categorias da prática científica e da cultura material. Dessa forma, utilizamos um olhar micro histórico para realizar a análise dos nossos dados coletados.

A partir dos resultados da pesquisa histórica pudemos ter dimensão do quão rápida e impactante foi a difusão desse conhecimento e do quão amplo foram os seus usos. Além disso, pudemos notar elementos da cultura material deixada por esta prática nas sociedades estudadas. A partir desses pontos, discutimos que a euforia e o medo causados pelo novo conhecimento se tornaram a base para experimentos com sujeitos de forma voluntária e não voluntária (Dommann, 2003).

Assim, na intenção de encaminhar repostas à nossa pergunta de pesquisa, encontramos resultados em que apareciam relações entre os raios X e os corpos. Percebemos que quase a totalidade desses resultados estavam conectados com corpos marginalizados, nos quais os raios X eram utilizados para colocá-los em posições inferiorizadas, seja por obrigá-los a se submeter ao exame radiográfico ou pelo desejo do uso dos raios X para visualizar o interior do corpo, sem o consentimento do corpo visualizado.

Dessa forma, vemos uma dualidade na forma como este conhecimento foi encarado. Uma das quebras de expectativas causadas pela visualização do interior do corpo foi a impossibilidade de se distinguir gênero, raça e etnia a partir das radiografias (Cartwright, 1995). Refletindo e refratando o contexto patriarcal e racista em que esse conhecimento surgiu, apesar de as radiografias implicarem em uma ideia de que todos os corpos seriam iguais, o uso dos raios X foi diferente para diferentes tipos de corpos.

Para ampliar a nossa análise dos dados da pesquisa histórica, procuramos por fontes secundárias que tratassem das relações entre os raios X e os corpos. No capítulo 3, construímos uma narrativa a partir de diversos exemplos de casos em que os Raios X foram utilizados em corpos que eram considerados inferiores pelas relações de poder presentes nas sociedades em que ocorreram. Também aprofundamos a discussão sobre como se deu o encontro entre o conhecimento dos raios X e o público geral e como a coprodução entre ciência e sociedade aparece nesse cenário.

Ao olhar para esta narrativa, podemos concluir que o estudo da prática científica da divulgação dos raios X nos permite levantar discussões ligadas à construção da ciência capazes de promover uma EC mais humanizada por problematizar questões referentes a gênero, raça e classe. Assim, podemos levantar discussões de problemas presentes no contexto sociocultural de final do século XIX e início do XX, mas que ainda permeiam a nossa sociedade, incluindo as relações de poder presentes nela e na ciência.

No capítulo 4, apresentamos um breve panorama de como a EC tem trabalhado os temas raios X e radioatividade e apresentamos quais discussões acreditamos que são importantes para promover uma EC mais sociopolítica a partir da narrativa histórica que construímos neste trabalho.

Nos alinhando a uma perspectiva crítica de Justiça Social (Hansson; Yacoubian, 2020; Bell, 2016, Sensoy; DiAngelo, 2014), demos exemplos de discussões sociopolíticas que podem ser mobilizadas a partir da narrativa sobre a divulgação do conhecimento dos raios X e sua cultura material em certas sociedades e de como essa divulgação reflete questões de gênero, raça e classe daquelas sociedades, contribuindo, assim, para a construção e manutenção de desigualdades sociais.

Por fim, compreendemos que as questões expostas ao longo desta dissertação respondem à pergunta inicial e deixam algumas perspectivas para o futuro. Uma delas

é a ampliação dos resultados da pesquisa histórica, seja através do uso dos dados retirados de jornais e revistas de medicina e científicos(as), seja pela busca de dados em outros meios de comunicação. Outra possível contribuição futura é o desenvolvimento dessa proposta em sala de aula.

Referências

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

AMARAL, P. **O Estudo do Corpo Humano à luz da História Cultural da Ciência: Discutindo perspectivas para a Educação em Ciências no Ensino Fundamental II.** 2021. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2021.

ANTUNES, J. L. F.; WALDMAN, E. A.; MORAES, M. de. A tuberculose através do século: ícones canônicos e signos do combate à enfermidade. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 5, n. 2, p. 367-379, 2000.

AUTHIER, A**.** Röntgen and the discovery of X-rays. *In*: AUTHIER, A. **Early days of X-ray crystallography**. OUP Oxford, 2013. p. 52 – 62.

BARTON, A. C. Reframing “science for all" through the politics of poverty. **Educational Policy**, v. 12, n. 5, p. 525-541, 1998.

BELL, L. A. Theoretical foundations for social justice education. *In* ADAMS, M.,; BELL, L. A.; GOODMAN,; JOSHI, D. J.; JOSHI, K. Y. (Eds.), **Teaching for diversity and social justice**. 3 ed. New York: Routledge, 2016. p. 3 – 26.

BÉRUBÉ, M.; LYON, J. Language and Social Policy in the Wake of the ADA. *In* TREICHLER, P.; CARTWRIGHT, L.; PENLEY, C. **The visible woman: Imaging Technologies, gender and science.** New York: New York University Press. 1998. p. 273 – 284.

BOLDRIN, J. O olhar de medusa: composições do corpo interior visível nas imagens médicas. **Campos-Revista de Antropologia**, v. 23, n. 1, p. 104-121, 2022.

BRASIL, E.; NASCIMENTO, L. F.. História Digital: reflexões a partir da Hemeroteca Digital Brasileira e o uso de CAQDAS na reelaboração da pesquisa histórica. **ESTUDOS HISTÓRICOS**, v. 33, p. 196-219, 2020.

CARDINOT, D. **Relações socioculturais e práticas científicas nos processos de institucionalização e profissionalização da ciência no Brasil durante a segunda metade do século XX.** Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) - Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2020.

CARTWRIGHT, L. **Screening the body: tracing medicine’s visual culture.** 1.ed. London: University of Minnesota Press, 1995.

CARVALHO, T. A.; REGO, S. C. R.; GUERRA, A. A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O

ENSINO DE FÍSICA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA EM ARTIGOS PUBLICADOS ENTRE 2012-2021. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2022, Belo Horizonte. **XIX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2022. v. único. p. 1.

CHAZAN, L. K. O corpo transparente e o panóptico expandido: considerações sobre as tecnologias de imagem nas reconfigurações da pessoa contemporânea. **Physis: Revista de saúde coletiva**, v. 13, p. 193-214, 2003.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. As conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 473-514, 2010.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, p. 3601, 2011.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 536-563, 2014.

DAGHER, Z., ERDURAN, S. Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education – why does it matter? **Science & Education,** v. 25, p. 147-164, 2016.

DASTON, L.; GALISON, P. **Objectivity**. 1ed. New York: Zone Books, 2007.

DE LA PEÑA, C. T. **The body electric: how strange machines built the modern American**. New York: New York University Press. 2003.

DIE PRESSE. Vienna Press January 5th, 1896. **Google Arts & Culture**. 1896. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/asset/vienna-press-january-5th-1896-die-presse/DAGSh3glpfxCRw>. Acesso em: 23 set. 2022.

DOMMANN, M. **Durchsicht Einsicht Vorsicht: Eine Geschichte der Röntgenstrahlen 1896 – 1963**. Zurique: Chronos Verlag. 2003.

FOUCAULT, M. **A arqueologia do saber**. Tradução L. F. B. Neves, Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

GALISON, P. Image and Logic: a Material Culture of Microphysics. Chicago: Chicago University Press, 1997.

GANDOLFI, H. E. In defence of non-epistemic aspects of nature of science: Insights from an intercultural approach to history of science. **Cultural Studies of Science Education**, v. 14, n. 3, p. 557-567, 2018.

GANDOLFI, H. Different people in different places: Secondary school students' knowledge about History of Science. **Science & Education**, v.27, p. 259-297, 2018.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2017.

GOELLNER, S. V. A produção cultural do corpo. *In*: LOURO, G. L.; FELIPE J.; GOELLNER, S. V. **Corpo, gênero e sexualidade: um debate contemporâneo na educação**. 9 ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2013. p. 30 – 42.

GOMES. N. L. Corporeidade negra e tensão regulação-emancipação social: corpo negro regulado e corpo negro emancipado. *In*: GOMES, N. L. O Movimento Negro educador: Saberes construídos nas lutas por emancipação. Petrópolis: Editora Vozes, 2017. p. 93 – 100.

GUERRA, A. Novas Perspectivas historiográficas para a História da Ciência no ensino: discutindo possibilidades para uma educação em ciências mais política. **RBECM**, Passo Fundo, v. 4, edição especial, p. 1083-1100, 2021.

GUERRINI, A. The Human Experimental Subject. *In*: B. Lightman (Ed.), **A companion to the history of Science**. Oxford: Wiley B lackwell, 2016. p. 126 - 138.

GURGEL, I.; WATANABE, G. The Writing of the History of Science from the Notion of Scientific Field. TRANSVERSAL: INTERNATIONAL JOURNAL FOR THE HISTORIOGRAPHY OF SCIENCE, v. 1, p. 41-58, 2020.

GUTIÉRREZ, R. The Sociopolitical Turn in Mathematics Education. **Journal for Research in Mathematics Education**. v. 44, n.1, p. 37-68. 2013.

HADDAD, T. Local, universal, (pós)(des)colonial...: o jogo de escalas no horizonte epistemológico e político da história das ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, p. 612-629, 2022.

HANSSON, L; YACOUBIAN, H.A. Nature of Science for Social Justice: Why, What and How? *In*: HANSSON, L; YACOUBIAN, H.A (eds), **Nature of Science for Social Justice.** Springer: Switzerland, 2020. p. 1-21.

HARAWAY, D. Saberes localizados: a questão da ciência para o feminismo e o privilégio da perspectiva parcial. **Cadernos Pagu**, n. 5, p. 7-41, 1995.

HARDING, S. **Objectivity and Diversity: Another Logic of Scientific Research.** Chicago: The University of Chicago Press, 2015.

HEMEROTECA DIGITAL BRASILEIRA: Coleção Digital de Jornais e Revistas da Biblioteca Nacional. **Online**, Brasil. Disponível em: <http://memoria.bn.br>. Acessado em 15 out. 2022.

JAMAL, N. E.; GUERRA, A. O Caso Marie Curie pela lente da História Cultural da Ciência: discutindo relações entre mulheres, ciência e patriarcado na educação em ciências. **ENSAIO: PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ONLINE)**, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/35963>.

Acesso em: 10 de abr. 2022.

KEVLES, B. **Naked to the bone: Medical imaging in the twentieth century**. New Jersey: Rutgers University Press, 1997.

LEAL, K. P. **A Ciência dos Discursos Publicitários de Produtos Radioativos do Início do Século XX: Reflexões para o Ensino de Ciências a partir da História das Garotas do Rádio.** 2023. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

LIMA, R. S.; AFONSO, J. C.; PIMENTEL, L. C. F. Raios-x: fascinação, medo e ciência. **Química Nova**, v. 32, p. 263-270, 2009.

LIMA, R. S.; PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX. **Química nova na escola**, v. 33, n. 2, p. 93-99, 2011.

LOURO, G. L. **Gênero, sexualidade e educação**. 16 ed. Petrópolis: vozes, 2014.

LUPTON, D. **Medicine as Culture**. 2 ed. London: SAGE Publications, 2003.

MARTINS, A. P. V. A mulher, o médico e as historiadoras: um ensaio historiográfico sobre a história das mulheres, da medicina e do gênero. **História, Ciência, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 27, n.1, p. 241-264. 2020.

MARTINS, R. A. Investigando o invisível: as pesquisas sobre raios X logo após sua descoberta por Röntgen. **Revista Brasileira de História da Ciência**, n. 17, p. 81 - 102, 1997.

MARTINS, R. A. A descoberta dos Raios X: O primeiro comunicado de Röntgen. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 4, p. 373 - 391, 1998.

MARTINS, R. A. Hipóteses e Interpretação Experimental: A Conjectura de Poincaré e a Descoberta da Hiperfosforescência por Becquerel e Thompson. **Ciência & Educação**, v; 10, n.3, p. 501-516, 2004.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: Silva, C. C. (org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 17-30, 2006.

MATTHEWS, M. História, filosofia e Ensino: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAZZARELLA, A. G. C. **A prática científica de registro de eclipses totais: perspectivas para a educação em ciências à luz da história cultural da ciência**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) - Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2023.

McCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The role and character of the

nature of science in science education. In: McComas, W. F. (org.) **The nature of science in science education**. Dordrecht: Kluwer, p. 3-39, 1998.

MELO, M. G. A.; HEERDT, B.. Luz, Câmera, Alfabetização Científica! Compreendendo o protagonismo de Marie Curie pela obra cinematográfica Radioactive. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1674-1699, 2021.

MEYER, D. E. Gênero e educação: teoria e política. *In*: LOURO, G. L.; FELIPE J.; GOELLNER, S. V. **Corpo, gênero e sexualidade: um debate contemporâneo na educação**. 9 ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2013. p. 11 – 29.

MICHAUD, Y. Visualisations. Quelles conceptions du corps développe l'art moderne et contemporain, notamment au travers des techniques de la photographie, de la vidéo, de la peinture. *In*: CORBIN, A.; COURTINE, J. J.; VIGARELLO, G. (eds.) **Histoire du Corps, tome 3 – Les Mutations du Regard. Le XX^{e} siecle.** Paris: Éditions du Seuil, 2006. p. 401 – 417.

MILLER, D. A. Cage aux folles: Sensation and Gender in Wilkie Collin's The Woman in White. *In*: GALLAGHER, C.; LAQUEUR, T. (Eds.). **The Making of the Modern Body: Sexuality and Society in the Nineteenth Century**. California: University of California Press, 1987. p. 107 – XV.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C.. Construindo quebra-cabeças ou criando mosaicos? *In*: MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C.. **Análise Textual Discursiva**. Rio Grande do Sul: Editora Unijuí, 2020. p. 95- 114.

MORALES-DOYLE, D. Justice-centered science pedagogy: A catalyst for academic achievement and social transformation. **Science Education**, v. 101, n. 6, p. 1034-1060, 2017.

MORALES-DOYLE, D. Putting science education in its place: the science question in social justice education. **Cultural Studies of Science Education**, v. 18, n. 1, p. 81-94, 2023.

MOULIN, A. M. Corps et médecine. *In*: CORBIN, A.; COURTINE, J. J.; VIGARELLO, G. (eds.) **Histoire du Corps, tome 3 – Les Mutations du Regard. Le XX^{e} siecle.** Paris: Éditions du Seuil, 2006. p. 29 – 80.

MOURA, C. B. **Educação Científica, História Cultural da Ciência e Currículo: articulações possíveis.** 2019. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2019.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências? **Revista Brasileira**

de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 16, n.3, p. 725-748, 2016.

MOURA, C. B.; JAGER, I.; GUERRA, A. Teaching about Sciences in/for the Global South: Lessons from a Case Study in a Brazilian Classroom. *In*: Hansson, L., Yacoubian, H. (Eds) **Nature of Science and Social Justice**, Netherlands: Springer, 2020. p. 137 – 156.

NYHART, L. K. Historiography of the history of science. *In*: B. Lightman (Ed.), **A companion to the history of Science**. Oxford: Wiley B lackwell, 2016. p. 7-22.

ORTEGA, F. Corpo e Tecnologias de Visualização Médica: entre a Fragmentação na Cultura do Espetáculo e a Fenomenologia do Corpo Vivido. **Physis: Revista de saúde coletiva**, v. 15, n. 1, p. 237- 257, 2005.

ORTEGA, F. O corpo transparente: visualização médica e cultura popular no século XX. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 13 (suplemento), p. 89-107, 2006.

ORTEGA, F. **Corporeality, medical technologies and contemporary culture**. Oxon: Birkbeck Law Press, 2014.

PACHECO, L. L.; FREITAS-REIS, I. Principais Contribuições responsáveis pela descoberta dos raios X: a estirpe coletiva da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, 2023.

PAMBOUKIAN, S. "Looking Radiant": Science, Photography and the X-ray Craze of 1896. **Victorian Review**, p. 56-74, 2001.

PIMENTEL, J. ¿Qué es la historia cultural de la ciencia? **Arbor Ciência, Pensamento y Cultura**, v. 186, n. 743, p. 417-424, 2010.

ROCHA, J. A.; SILVA, A. C. T.. Compreensões de alunos de nível médio sobre descoberta: discussões em torno do episódio da descoberta da radioatividade em uma sequência de ensino e aprendizagem. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 56-71, 2019.

ROSS, M. B.; GLENNON, B. M., MURCIANO-GOROFF, R.; BERKES, E. G.; WEINBERG, B. A.; LANE, J. I. Women are credited less in Science than men. **Nature**, v. 608, p. 135 – 145, 2022.

SANTOS, C. A.; SILVA, L. L.. A história que o filme Radioactive não conta e a percepção de alunos de licenciatura em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210037, 2021.

SCHIEBINGER, L. Skeletons in the Closet: The First Illustrations of the Female Skeleton in Eighteenth-Century Anatomy. *In*: GALLAGHER, C.; LAQUEUR, T. (Eds.). **The Making of the Modern Body: Sexuality and Society in the Nineteenth Century**. California: University of California Press, 1987. p. 42 – 82.

SCHIEBINGER, L. **The mind has no sex?: Women is the Origins of Modern Science**. Havard University Press. 1991.

SENSOY, Ö.; DIANGELO, R. Respect differences? Challenging the common guidelines in social justice education. **Democracy and Education**, v. 22, n. 2, p. 1 - 10, 2014.

SENSOY, Ö.; DIANGELO, R. **Is everyone really equal?: An introduction to key concepts in social justice education**. Teachers College Press, 2017.

SEPULVEDA, C.; FARIAS, Y. M. M. A biologia e a construção de outros: história da ciência, crítica feminista e educação anti-opressiva. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 15, n. 2, p. 491-515, 2022.

SILVA, A. C. As radiações na medicina: o que dizem livros didáticos de Física do Ensino Médio?. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 3, p. 222-243, 2019.

SILVA, I.; FREIRE JUNIOR, O.; SILVA, A. P. B. O modelo do grande elétron: o background clássico do efeito Compton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, p. 4601-4601, 2011.

SIRY, C., YACOUBIAN, H. Coming Together Across Differences: The Uniting Role of Social Justice in Science Education. *In*: CARVALHO, G.S., AFONSO, A.S., ANASTÁCIO, Z. (Eds.) **Fostering Scientific Citizenship in an Uncertain World. Contributions from Science Education Research**, v. 13. Springer, 2023. p. 311 – 324.

TOLBERT, S.; BAZZUL, J. Toward the sociopolitical in science education. **Cultural Studies of Science Education**, v. 12, p. 321-330, 2017.

TUCHERMAN, I.; SAINT-CLAIR, E. O corpo transparente: dispositivos de visibilidade e mutações do olhar. **Intexto**, n. 19, p. 2-17, 2008.

TURNER, B. S. Introduction: The Turn of the Body. *In*: TURNER, B. S. (ed.). Routledge Handbook of Body Studies. New York: Routledge, 2012. P. 23 – 52.

VON HOHENDORFF, J. Como escrever um artigo de revisão de literatura. *In*: KOLLER, S.H.; COUTO, M.C.P.D.P.; HOHENDORFF, J.V. (Orgs.). **Manual de Produção Científica**. 1.ed. Porto Alegre: Penso, 2014. p. 39 – 54.

ZANGWILL, A. **Modern Electrodynamics**. New York: Cambridge University Press. 2012.