

## OPPENHEIMER E A BOMBA ATÔMICA: ESTUDO DE CASO SOBRE QUESTÕES ÉTICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Pietro Souza G. Amaral<sup>1</sup> (IC), Evandro F. Rozentalski (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá - MG

**Palavras-chave:** História da Ciência. Bomba Atômica. Robert Oppenheimer. Ética na Ciência.

### Introdução

A História da Ciência (HC) desempenha um papel crucial no Ensino de Ciências, pois oferece uma perspectiva rica que vai além da simples exposição de fatos e teorias científicas. Essa abordagem nos permite entender as complexidades envolvidas no processo científico, incluindo as tribulações enfrentadas pelos cientistas, as mudanças de paradigmas e as forças culturais, sociais e políticas que impulsionam o progresso científico, conforme destacado por Kuhn (1996, pp. 93).

Ao integrar a HC na educação científica, não apenas aumentamos nossa apreciação pelo conhecimento científico, mas também colocamos em foco os contextos sociais e históricos que moldam a ciência (Hesse, 1974, pp. 6-15; Shapin; Schaffer, 2011, pp. 14-15).

Um exemplo emblemático da interseção entre HC e ética na ciência é a construção da bomba atômica sob a liderança do físico Julius Robert Oppenheimer e sua equipe em Los Alamos, Novo México (Bird; Sherwin, 1951, pp. 17-18). Este desenvolvimento culminou na criação das primeiras armas nucleares durante a Segunda Guerra Mundial, que se estendeu de 1939 a 1945 (Merçon; Quadrat, 2004, pp. 28).

A utilização de armas atômicas gerou profundas questões éticas, que continuam a ser relevantes na educação científica contemporânea. Compreender a história da ciência é fundamental para analisar temas como o desenvolvimento das bombas nucleares e o papel da ciência em decisões sociais e políticas (Valente, 2005, pp. 54).

Em vista disso, esta pesquisa tem como objetivo analisar o desenvolvimento e uso das bombas nucleares, bem como o Projeto Manhattan, enfocando como a pesquisa científica contribuiu para a compreensão das causas, efeitos e implicações desse evento histórico.

Os objetivos específicos incluem examinar o papel de Oppenheimer como diretor do Projeto Manhattan, destacando os dilemas éticos que ele enfrentou, e discutir as críticas e polêmicas que surgiram após o uso da bomba. Além disso, pretende-se explorar a importância dessas questões éticas na educação científica, analisando como os educadores podem abordar dilemas éticos complexos relacionados à

investigação científica e ao desenvolvimento tecnológico em sala de aula.

Por meio deste estudo, busca-se não apenas resgatar a história de Oppenheimer e sua equipe, mas também promover uma reflexão crítica sobre as lições que podem ser extraídas desse período. A compreensão dos desafios éticos envolvidos no desenvolvimento da bomba atômica é vital para preparar os estudantes de ciências, futuros cientistas e engenheiros para as questões morais e sociais que inevitavelmente enfrentarão no futuro.

Assim, a discussão sobre as responsabilidades éticas no contexto científico se torna um aspecto essencial da formação educacional, possibilitando um entendimento mais profundo das implicações globais das descobertas científicas. Esses fatores históricos e éticos não devem ser esquecidos, pois são fundamentais para a formação de uma ciência mais consciente e responsável.

### Metodologia

A metodologia de pesquisa em História da Ciência exige uma análise cuidadosa dos contextos históricos, epistemológicos e culturais que influenciam o desenvolvimento do conhecimento científico. Não se limita apenas à narrativa dos descobrimentos, mas investiga como esses avanços são formados e legitimados em seus contextos, refletindo transformações mais amplas na sociedade (Kragh, 2001, pp. 32).

É essencial diferenciar a ciência, que foca na produção e validação de teorias, e a historiografia da ciência, que busca entender como esses processos são contextualizados historicamente (Martins, 2005, pp. 307-308).

A abordagem crítica é fundamental para discernir as interações complexas entre ciência e história, revelando como essas dinâmicas moldam a aceitação do conhecimento.

Filgueiras (2015, pp. 17) contribui com uma visão inclusiva, que integra práticas científicas regionais e marginalizadas, permitindo uma compreensão mais holística da evolução científica. Isso é vital, pois a metodologia deve considerar não apenas os desenvolvimentos predominantes, mas também os

contextos locais que influenciam a prática científica.

Além disso, a análise das fontes, tanto primárias quanto secundárias, é crucial. As fontes primárias, como cartas e publicações originais, oferecem uma visão autêntica, enquanto as secundárias ajudam a contextualizar essas informações em narrativas mais amplas.

A reflexão sobre a interpretação destas fontes revela a complexidade da historiografia científica e como a visão do historiador pode moldar a apresentação da narrativa histórica. No estudo de caso sobre Oppenheimer e a bomba atômica, é necessário explorar temas e questões específicas para orientar a leitura e escrita do caso histórico:

**Biografia:** *Quem foi Robert Oppenheimer? Onde e quando nasceu? Quais eram os principais interesses acadêmicos de Oppenheimer? Qual sua formação? Qual foi seu papel no Projeto Manhattan? Como foi recrutado para o projeto? Quais foram seus principais trabalhos? Recebeu algum prêmio ao longo da vida?*

**Contexto social e científico:** *O que foi o Projeto Manhattan e qual seu objetivo principal? Quais eram as nações envolvidas na corrida armamentista nuclear durante a Segunda Guerra Mundial? Como a Segunda Guerra Mundial influenciou a urgência do desenvolvimento da bomba atômica? Qual foi a reação da comunidade científica internacional ao desenvolvimento das armas nucleares?*

**Questões éticas da produção e uso da bomba atômica:** *Quais foram os impactos imediatos das bombas atômicas lançadas em Hiroshima e Nagasaki? Quais foram as principais preocupações éticas de Oppenheimer em relação ao uso da bomba atômica? Como Oppenheimer e outros cientistas lidaram com o dilema moral de sua invenção? Qual foi o impacto do desenvolvimento da bomba atômica na política internacional pós-Segunda Guerra Mundial?*

Essa estrutura proporciona um direcionamento claro para a pesquisa, permitindo um aprofundamento nas complexidades que cercam a vida de Oppenheimer e as repercussões éticas e sociais do Projeto Manhattan.

## Resultados e discussão

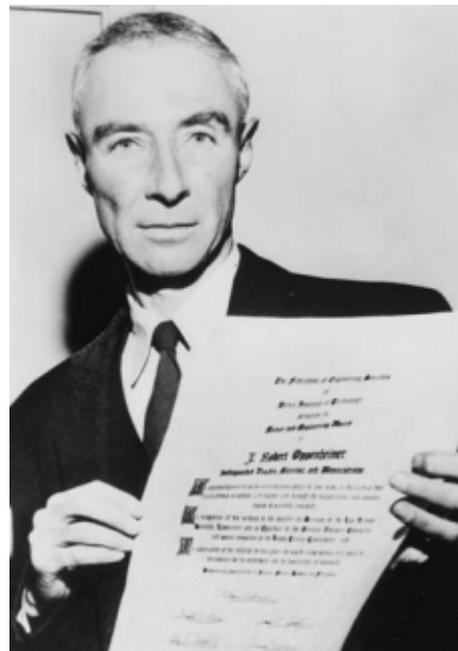
Robert J. Oppenheimer, nascido em 1904 em Nova York, veio de uma família judia de classe alta que lhe proporcionou uma educação diversificada. Desde cedo, destacou-se em matemática e ciências, frequentando a *Ethical Culture School*, que enfatizava a ética e o humanismo (Gillispie; Benjamin, 2007, pp. 2069).

Introspectivo, Oppenheimer se interessou por literatura e filosofia, influenciado por autores da

literatura como Dostoiévski e Goethe. Casou-se em 1939 com Katherine Puening, e tiveram dois filhos, enfrentando tensões na vida familiar após a guerra, exacerbadas por sua saúde mental e o estigma decorrente de seu trabalho com a bomba atômica (Bird; Sherwin, 1951, pp.234-236).

Oppenheimer formou-se em Física na Universidade de Harvard em 1925, onde também se interessou por literatura e filosofia. Posteriormente, foi para a Europa, onde trabalhou com grandes físicos em Göttingen e obteve seu doutorado em 1927, apresentando uma tese sobre mecânica quântica (Gillispie; Benjamin, 2007, pp. 2069).

Figura 1 – Robert J. Oppenheimer (1904 –1967)



Ao voltar aos EUA, tornou-se professor na Universidade da Califórnia, Berkeley, destacando-se como educador e publicando contribuições significativas na física. Sua carreira tomou um rumo decisivo ao ser recrutado para o Projeto Manhattan em 1942, onde liderou a equipe que desenvolveu a bomba atômica em resposta ao medo de que a Alemanha nazista estivesse criando a sua (Gillispie; Benjamin, 2007, pp. 2071).

O Projeto Manhattan, criado para desenvolver armas nucleares durante a Segunda Guerra Mundial, foi impulsionado pela descoberta da fissão nuclear em 1938 e pela preocupação com o avanço nazista (Carvalho, 2015, pp. 205-207).

*Trinity*, como foi chamado o primeiro teste da bomba atômica em julho de 1945, em Los Alamos, nos Estados Unidos, marcou não apenas um triunfo científico, mas também gerou questões morais, refletidas em sua

famosa citação da Bhagavad-Gita: “Agora eu me tornei a morte, o destruidor de mundos” (Bird; Sherwin, 1951, pp. 615).

Oppenheimer, muitas vezes chamado de “pai da bomba atômica”, tornou-se uma figura central no debate sobre controle de armas nucleares, advogando por uma abordagem ética para a energia atômica (Gillispie; Benjamin, 2007, pp. 2072).

O projeto culminou no teste da bomba atômica em Alamogordo, em julho de 1945, e na utilização das bombas em Hiroshima e Nagasaki, resultando em milhões de mortes e um debate ético que persiste até hoje (Mourão, 2005, pp. 691-692).

Os impactos imediatos das bombas foram devastadores, resultando em aproximadamente 210 mil mortes e um legado de doenças relacionadas à radiação entre os sobreviventes (Mourão, 2005, pp. 697-699).

Figura 2 – Foto de um dos poucos prédios que restaram após o bombardeio em Hiroshima, à esquerda, e o torii que sobreviveu ao bombardeio em Nagasaki, à direita.



Seu envolvimento político e sua associação com o comunismo levaram à sua desconfiança durante a Guerra Fria e a perda de sua autorização de segurança em 1954 (Bird; Sherwin, 1951, pp. 440-441).

Apesar das controvérsias, Oppenheimer foi reconhecido com prêmios como a Medalha Nacional da Ciência em 1963, ilustrando a complexidade de seu legado como um cientista atormentado por suas criações (Bird; Sherwin, 1951, pp. 503).

A corrida armamentista nuclear durante a guerra envolveu potências como EUA, Alemanha, Japão e União Soviética, levando à aceleração no desenvolvimento nuclear e à criação de um novo equilíbrio de poder (Okuno, 2015, pp. 209-210).

Após os ataques a Hiroshima e Nagasaki, a comunidade científica se dividiu; enquanto alguns celebravam a vitória, outros questionavam as implicações éticas do uso de armas nucleares (Okuno, 2015, pp. 211-217).

Oppenheimer e outros cientistas, como Einstein e Szilard, tornaram-se críticos do uso militar da tecnologia

nuclear, defendendo o controle internacional (Badash, 2005, pp. 143; Merçon; Quadrat, 2004, pp. 29).

O dilema moral enfrentado por Oppenheimer após os ataques refletiu as preocupações mais amplas sobre o uso da ciência para a destruição em massa, um tema que continua relevante na política internacional contemporânea (Badash, 2005, pp. 147-148).

O desenvolvimento da bomba atômica alterou a geopolítica, dando início à Guerra Fria e à corrida armamentista entre as superpotências, com tratados subsequentes tentando controlar a proliferação nuclear, como o Tratado de Não-Proliferação (Badash, 2005, pp. 145-146; Bernstein, 1988, pp. 245-251). A era nuclear trouxe tanto um novo poder quanto uma nova responsabilidade, moldando a discussão sobre ética e ciência que permanece central na política global.

## Conclusões

A pesquisa sobre Robert Oppenheimer e o Projeto Manhattan revela uma interseção crítica entre ciência, ética e responsabilidade social, destacando questões que transcendem o desenvolvimento tecnológico.

A investigação visa elucidar como a pesquisa científica ajudou a compreender as consequências devastadoras da criação de armas nucleares. Os resultados evidenciam a complexidade de Oppenheimer como líder do empreendimento de produzir a bomba atômica física, bem como os dilemas éticos profundos que sua trajetória suscitou, os quais ainda ressoam na atualidade.

A biografia de Oppenheimer, marcada por uma formação que enfatizava valores éticos e humanistas, moldou sua visão sobre a aplicação de suas descobertas. Ao liderar o Projeto Manhattan, ele se viu em uma posição crucial na corrida armamentista da Segunda Guerra Mundial, levantando questões sobre a responsabilidade dos cientistas em relação às suas invenções e seus impactos sociais.

O teste da bomba atômica em 1945 representou um divisor de águas, levando Oppenheimer a questionar a moralidade de sua criação. A pesquisa também revela as reações diversas da comunidade científica ao uso das bombas em Hiroshima e Nagasaki.

Muitos cientistas, que inicialmente se orgulhavam de suas contribuições para a vitória, enfrentaram dilemas morais. Oppenheimer, junto a Leo Szilard e Albert Einstein, tornou-se crítico da utilização militar da tecnologia nuclear, advogando por controle internacional e uma discussão ética mais ampla sobre os avanços científicos.

Este debate moldou a percepção pública da ciência e

influenciou políticas de desarmamento e cooperação internacional nas décadas seguintes.

Por fim, a pesquisa enfatiza a importância das questões éticas na educação científica. Compreender as implicações do desenvolvimento de tecnologias de destruição em massa é essencial para formar profissionais conscientes de suas responsabilidades.

A reflexão crítica sobre os dilemas éticos enfrentados por Oppenheimer e seus contemporâneos deve ser integrada ao Ensino de Ciências, para formar estudantes de ciências e futuros cientistas a abordarem questões complexas de maneira informada e responsável.

Em suma, a pesquisa sobre Oppenheimer e o Projeto Manhattan não apenas ilumina o passado, mas oferece lições valiosas para o presente e o futuro. A interligação entre ciência e ética permanecerá relevante em um mundo onde os avanços tecnológicos impactam profundamente a vida humana. Portanto, o estudo contribui significativamente para o aprendizado acadêmico e profissional, fornecendo um modelo de reflexão ética fundamental para qualquer campo de atuação.

### Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pelo apoio e infraestrutura que possibilitaram a realização desta pesquisa, assim como pelo financiamento da bolsa que viabilizou este trabalho.

### Referências

BADASH, Lawrence. **American Physicists, Nuclear Weapons in World War II, and Social Responsibility**. Birkhäuser Verlag, Basel, 2005.

BERNSTEIN, Barton J. Four physicists and the bomb: The early years, 1945-1950. **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, vol. 18, n. 2, p. 231-263, 1988.

BIRD, Kai; SHERWIN, Martin J, 1951. **Oppenheimer: O triunfo e a tragédia do Prometeu americano**; tradução George Schlesinger. 1 ed. - Rio de Janeiro: Intrínseca, 2023.

CARVALHO, Joaquim Francisco de A. A gênese da bomba. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 197-2008, 2005.

FILGUEIRAS, Carlos A. L. **Origens da química no Brasil**. Campinas, SP: Editora da Unicamp; São Paulo,

SP: Sociedade Brasileira de Química; Campinas, SP: Cencro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência / Unicamp, 2015.

GILLISPIE, C. C.; BENJAMIN, C. (Orgs.). **Dicionário de biografias científicas**. Vol. III ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.

HESSE, Mary B. **Models and Analogies in Science**. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1974.

KRAGH, Helge. **Introdução à Historiografia da Ciência**. Porto: Porto Editora, 2001.

KUHN, Thomas S. **The Structure of Scientific Revolutions**. Chicago: University of Chicago Press, 1996.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MERÇON, Fábio; QUADRAT, Samantha Viz. A Radioatividade e a História do Tempo Presente. **Química Nova na Escola**, n. 19, 2004.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. "Hiroshima e Nagasaki: razões para experimentar a nova arma". **Science Studia**, São Paulo, v.3. n. 4, pag. 687-710, 2005.

OKUNO, Emico. As bombas atômicas podem dizimar a humanidade - Hiroshima e Nagasaki, há 70 anos. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, São Paulo, Maio/Agosto, 2015.

SHAPIN, Steven.; SHAFFER, Simon. **Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life**. Princeton: Princeton University Press, 2011.

VALENTE, Maria Esther Alvarez. O Museu de Ciência: Espaço da História da Ciência. **Ciência e Educação**, v.11, n.1, p.53-62, 2005.