

ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA E RADIOATIVIDADE NA SÉRIE CHERNOBYL

*THE APPROACH TO THE HISTORY OF SCIENCE AND RADIOACTIVITY IN THE SERIES
CHERNOBYL*

Ana Caroline Ferrari¹, Fernanda Luíza de Faria²

Recebido: agosto/2024 - Aprovado: julho/2025

RESUMO: O artigo teve como objetivo analisar a série americana Chernobyl a partir das discussões teóricas que permeiam a História da Ciência e a Radioatividade. No contexto da História da Ciência, foi dada uma ênfase nas visões de ciência e cientista trabalhadas na série. Para a análise e interpretação dos dados foram considerados como fonte de estudo todos os episódios da série, manuscritos, páginas autorizadas sobre a série e o conteúdo sobre radioatividade. A análise e discussão dos resultados estão organizados em dois tópicos: um que dialoga com a série e o enfoque da História da Ciência, principalmente no que tange às visões de ciência e cientista abordadas na série; e um segundo tópico que discorre sobre o conteúdo de radioatividade e sua presença ao longo da série. Em ambos os tópicos é notório a potencialidade da série para um debate em torno de conceitos de radioatividade, da ciência e do fazer ciência, estando estes últimos amparados na História da Ciência, promovendo discussões de uma ciência não neutra, histórica, não linear, que perpassa aspectos econômicos, sociais, políticos, culturais, dentre outros. A série analisada apresenta possibilidades satisfatórias de debates e problematizações no campo da sala de aula e do ensino da química.

PALAVRAS-CHAVE: ensino de química, educação básica, natureza do conhecimento científico.

ABSTRACT: This article aimed to analyze the American series Chernobyl based on the theoretical discussions surrounding the History of Science and Radioactivity. In the context of the History of Science, emphasis was placed on the views of science and scientists portrayed in the series. For the analysis and interpretation of data, the complete series, manuscripts, authorized pages about the series, and content on radioactivity were considered as study sources. The analysis and discussion of the results are organized into two sections: one that engages with the series and the focus of the History of Science, particularly concerning the views of science and scientists addressed in the series; and a second one that elaborates on the content of radioactivity and its presence

- 1 <https://orcid.org/0009-0002-2250-0332> - Licenciada em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Técnica em Operação de ETA no Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto, SAMAE, Jaraguá do Sul, Santa Catarina, Brasil. Rua dos Imigrantes, 304, apto 101, Rau, CEP: 89254-430 - Jaraguá do Sul - Santa Catarina, Brasil. E-mail: ferrari.anacaroline@gmail.com
- 2 <https://orcid.org/0000-0002-3326-9204> - Doutora em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Professora do Magistério Superior na Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil. Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Ciências Naturais, Bloco C, Praça Dom Helvécio, 74, Dom Bosco, CEP: 36301-160, São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil. E-mail: fernandafaria@ufsj.edu.br





throughout the series. In both topics, the potential of the series for a debate around concepts of radioactivity, science, and the practice of science is evident, with the latter being supported by the History of Science. These discussions promote an understanding of science as non-neutral, historical, non-linear, and encompassing economic, social, political, cultural, and other aspects. The series offers satisfactory possibilities for debates and problematizations in the classroom setting.

KEYWORDS: chemistry education, basic education, nature of scientific knowledge.

1. Introdução

A radioatividade pode ser entendida como um processo em que os núcleos atômicos sofrem transformações e emitem radiações, possibilitando ainda a formação de novos elementos químicos (MARTINS, 1990). O século XX foi cenário de várias mudanças impulsionadas pelos estudos das reações nucleares, sendo uma temática que apresenta potencial para debates em aulas de química.

Diante do exposto, torna-se importante trabalhar a radioatividade em sala de aula, principalmente no que tange a discussões que permeiam o seu desenvolvimento e contribuição na ciência, a fim de desmistificar visões errôneas da sociedade. Nesse sentido, quando se discorre sobre a natureza do conhecimento científico, a História da Ciência se torna uma abordagem essencial para a problematização da ciência como uma construção humana.

Para Matthews (1995), a História da Ciência (HC) pode aproximar o estudante a problematizações que perpassam a construção de teorias científicas, possibilitando humanizar a ciência e promover reflexões mais críticas pelo estudante. Para Beltran, Saito e Trindade (2014) e Schmechel e Leite (2024), a HC permite ainda uma compreensão mais abrangente e contextualizada dos conceitos científicos sem deixar de envolver sua história.

Nesse sentido, a HC pode possibilitar a desmistificação de compreensões errôneas em torno da ciência, que são bem comuns entre a comunidade em geral, como a ideia de que ela é neutra, imutável, individual, elitista, construída por gênios, ahistórica (GIL-PEREZ et al., 2001). Nesse caminho, como problematiza Martins (2006), pode ser trabalhado a partir da HC, por exemplo, que a ciência não é isolada e sofre e influencia, portanto, o meio social a qual está inserido; que não se trata de uma verdade absoluta, mas sim de uma construção gradativa e coletiva, que não se faz por “grandes gênios” (MARTINS, 2006). Forato et al (2011) expande essa discussão, destacando sobre a necessidade de que professores e alunos compreendam a ciência como um construto humano, parcial, falível e contestável, historicamente construída, e portanto, imersa em um contexto cultural, político e econômico que a influencia. Ademais, torna-se relevante a compreensão da inexistência de um único e universal método científico.

Isto posto, nota-se a relevância da HC no contexto das aulas de química na educação básica, entretanto, esse debate ocorre segundo Silva (2006), mais a partir da perspectiva teórica do que prática, sendo ainda escasso os estudos que propõem estratégias de ensino e recursos didáticos que promovam a discussão da HC voltada para essa ciência discutida anteriormente. Na obra de Freitas-Reis (2015) vários capítulos são escritos trazendo discussões que permeiam a HC e no fim de cada um deles, uma proposta de ensino é apresentada, são trazidos como opções estudo de caso, júri simulado, teatro, filmes, dentre outros.



Diante das várias possibilidades de recursos didáticos e estratégias de ensino que podem ser vinculadas à HC no ensino de química, temos como enfoque neste trabalho, os recursos audiovisuais. Estes, como recursos didáticos, podem possibilitar ainda diferentes abordagens no contexto escolar, como, por exemplo, a discussão de questões sociais a partir de temáticas científicas em filmes, séries e documentários, o que tem sido mais comum nos últimos anos.

Entretanto, pelo fato de a temática científica estar sendo mais abordada nessas obras audiovisuais, esses meios têm tido grande influência sobre a visão de ciência e de cientista que a sociedade possui, contribuindo, muitas vezes, para visões estereotipadas da ciência e principalmente do cientista. Este último como gênio, louco, solitário, de jaleco branco, por exemplo (REZNIK; MASSARANI; MOREIRA, 2019).

É comum no contexto do cinema a discussão da ciência a partir da criação de filmes biográficos ou ainda documentários. Esse último normalmente é mais adotado em sala de aula, devido ao seu caráter mais fiel aos fatos históricos. Nesse âmbito de filmes e documentários, temos como exemplo, a película “A história de Louis Pasteur” (1936), dirigido por William Dieterle; a vida de Marie Curie explorada em diferentes obras do cinema como os filmes “Madame Curie” de 1943, “Marie Curie” de 2016 e “Radioactive” de 2019. No que tange à química especificamente, citamos ainda o curta “Haber” (2008), que retrata a vida de Fritz Haber (1868-1934) e traz a química em uma perspectiva mais negativa atrelando-a à temática bélica, debate ainda a síntese do amoníaco e seu uso ao longo da Primeira Guerra Mundial; e a série de TV Chernobyl, lançada em 2019, que retrata o acidente na usina nuclear, localizada na Ucrânia, ocorrido em 26 de abril de 1986. Há ainda outras obras que seguem essa vertente, entretanto, não é o foco deste estudo citá-las.

Diante do que foi apresentado, o objetivo deste trabalho foi analisar a série “Chernobyl” (2019) no que concerne à temática de radioatividade sob o contexto teórico da História da Ciência, principalmente no que tange à visão de ciência e cientista problematizada.

2. A série Chernobyl e o enfoque da História da Ciência: percurso metodológico

O trabalho teve como foco de análise a série de TV Chernobyl, lançada em 2019 pelo canal da HBO. A série, criada por Craig Mazin, apresenta cinco episódios, os quais se debruçam sobre o acidente nuclear ocorrido em Chernobyl em 26 de abril de 1986, mais especificamente como ocorreu os desdobramentos a partir dele na história.

Para análise e investigação da série, usou-se o referencial da História da Ciência (Beltran, Saito e Trindade, 2014) a qual considera os aspectos internalistas e externalistas da ciência, mantendo-se um equilíbrio dessas discussões. Assim, foram considerados para a análise os conhecimentos científicos que permeiam a série e o desenvolvimento da ciência, principalmente no que tange ao conteúdo da radioatividade, bem como os aspectos econômicos, políticos, sociais, éticos, culturais, sociais, dentre outros que perpassam os episódios da série, mesmo que de maneira mais tímida.

Para a análise e interpretação dos dados foram considerados como fonte de estudo manuscritos, páginas autorizadas sobre a série e o conteúdo radioatividade, dissertações, teses e artigos científicos.



A análise da série considerou todos os episódios, assim, cada um deles foi assistido na íntegra e toda cena que apresentava alguma discussão sobre a temática da radioatividade era transcrita e apontamentos iniciais eram registrados. Cenas que abordavam de alguma maneira o ser cientista e o fazer ciência no contexto social vivenciado na série, também eram registradas por meio de anotações. Posteriormente, uma interpretação dos dados foi feita considerando os referenciais teóricos adotados neste artigo sobre História da Ciência e natureza do conhecimento científico. Ao longo do estudo de cada episódio, teve-se o cuidado de situar o leitor sobre qual contexto e tempo histórico a série está inserida, todavia, torna-se relevante destacar que não se pretendeu analisar a série por completo, visto que alguns assuntos se repetiam ou eram redundantes, ou ainda não se enquadraram no enfoque principal deste artigo. Ao longo das análises, foram considerados os conhecimentos de natureza radioativa que estavam entrelaçados ao evento histórico de Chernobyl, bem como o contexto social e político que se tornaram essenciais no contexto da HC, possibilitando assim, uma visão de ciência e do desenvolvimento científico não neutro e histórico.

A análise e discussão dos resultados estão organizados em dois tópicos: um que dialoga com a série e o enfoque da HC, principalmente no que tange às visões de ciência e cientista abordadas na série; e um segundo que discorre sobre o conteúdo de radioatividade e sua presença ao longo da série.

A análise dos episódios por si só, podem ser utilizados pelo professor da educação básica como material de consulta e apoio para discussões em sala de aula que permeiam a temática de radioatividade e energia nuclear. Ademais, o assunto tem caráter interdisciplinar, visto que o acidente perpassa além dos conteúdos químicos, sobre discussões da área de história, física, biologia e sociologia, por exemplo.

3. Discorrendo sobre a série a partir da História da Ciência: os resultados

O ensino de ciências que vise a formação de cidadãos cientificamente alfabetizados deve, não apenas promover a compreensão dos conceitos de ciência, mas também a familiaridade com aspectos relativos à natureza da ciência objetivando o posicionamento crítico quanto às informações científicas (PRAIA et al, 2007; BREJARANO, ADRURIZ-BRAVO, BONFIM, 2019; CACHAPUZ et al, 2011; GAGLIARDI, 2006). Neste sentido, imagens romaneadas e ilusórias da ciência, veiculadas pelo ensino comum de ciências, potencializa o que Gil-Perez et al (2001) chamam de visão deformada da ciência.

Fato comum no ensino de ciências é de que alguns eventos sejam desconsiderados, tais como fatos políticos, econômicos e históricos, tratados apenas como pano de fundo, o que para Loguercio e Del Pino (2006, p. 68) favorece “uma imagem deformada de como se constituem e evoluem os conceitos científicos”.

Assim, para voltar os olhos para Chernobyl é necessário ter em mente que o mundo vivenciava a Guerra Fria. Apesar do conflito tecnológico ser uma das características primordiais do momento, o zelo pela discrição das informações era tido como estratégia de estado, tendo em vista as táticas de espionagem utilizadas pelo inimigo que rapidamente depreciavam sua posição, tanto em nível externo como interno. Na série, este posicionamento é evidenciado na fala de Bryukhanov que em reunião de cúpula, solicita segredo para conter consequências adversas (episódio 1). No mesmo contexto, havia a manipulação de informações, como retratado na fala de Shcherbina “é que uma catástrofe nuclear global não é possível



na União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). Deram o número da propaganda” (episódio 4), referindo-se aos dados maquiados revelados pela União Soviética.

As cenas evocadas permitem uma visão sobre a tática comum de controle de informações para manter a estabilidade do estado e sobretudo para não despertar incredulidade quanto ao potencial nuclear da União Soviética e ao próprio estado soviético, evitando danos irreparáveis à imagem do país. Por consequência deste artefato, a população não tinha consciência do que de fato se passava em Chernobyl e tão pouco dos riscos associados à radiação e ao seu alcance. Diante da escassez de informações oficiais, a mídia estrangeira, principalmente os Estados Unidos, passaram a noticiar o acidente, entretanto, considerando o contexto de polarização ideológica e a oportunidade de desacreditar a União Soviética, comumente estas informações eram distorcidas e acentuadas (DIEPPA, 2019).

Outro aspecto importante da Guerra Fria, foi o chamado “equilíbrio do terror”, que evitou que as duas superpotências utilizassem seus arsenais uma contra a outra pelo risco de uma contra ofensiva devastadora. Tal fato despertava o medo de ataques inimigos, que foi visível nas cenas pós explosão, no primeiro episódio, em que funcionários correm pela usina perguntando se aquilo não se tratava de um ataque (episódio 1).

Ainda quanto ao sigilo, na série, Ullana Khomyuk à procura de apurar o que ocorreu em Chernobyl, tem acesso autorizado a apenas um documento sigiloso da Biblioteca de Moscou, o qual continha a indicação da presença de uma falha nos reatores RBMK conhecida desde 1975. Contudo, com a necessidade de demonstração do poder nuclear soviético, tais informações foram ocultadas, estabelecendo uma visão dogmática e fechada da impossibilidade de tais defeitos.

Diante deste imaginário, momentos após a ocorrência do acidente, enquanto os engenheiros tentam desvendar o ocorrido, é sugerida a explosão do reator. Todavia, Antony Dyatlov, engenheiro chefe encarregado de acompanhar os testes, fixado na alegação da impossibilidade de explosão em reatores RBMK, nega o acidente, declarando que “não está ótimo, nem terrível” (16min03s) em alusão à leitura de 3,6 Roentgen, o que equivalia ao limite máximo do dosímetro disponível.

Como mencionado por Rivero e Wamba (2011) “não dispomos de verdades absolutas, mas sim de acordos válidos” (p. 21), tomar como eternamente verdadeira a afirmação de que ‘reatores RBMK não explodem’ é um exemplo de visão deturpada da ciência, admitindo o conhecimento científico como apromblemático e inquestionável e não atentando que o conhecimento é desenvolvido por seres humanos passíveis de erros (GIL-PEREZ et al, 2001).

A mesma incompreensão do processo de construção do conhecimento científico fez com com que Garanin, no posto de Secretário Adjunto, alegasse a Khomyuk que “Quando há uma doença, onde estão os cientistas? Nos laboratórios com a cara nos livros [...] mas, quando não há problemas, ficam espalhando medo” (21min59s - 22min07s). Tal manifestação assume uma ciência que nasce pronta e acabada de “grandes gênios”, fruto de métodos científicos sem percalços e acelerada. Pelo contrário, a ciência não é apenas a aplicação de um método científico pronto como um mero roteiro, mas sim um longo e demorado caminho de debates e adversidades, propondo hipóteses e teorias que podem ser aceitas, mas não isentos de reconsideração, ou seja, verdades provisórias (MARTINS, 2006; GIL-PEREZ et al, 2001).

A cena recordada permite ainda a reflexão quanto aos métodos científicos, levando a compreensão reducionista de que a atividade científica é desempenhada unicamente no interior de laboratórios, quando na realidade “a ciência não se reduz a experimentos, pelo contrário, é extremamente abrangente e complexa” (FRANCELIN, 2014, p.27). A fala de Garanin não apenas despreza as pesquisas de cunho



teórico necessárias aos trabalhos experimentais como também nega as pesquisas das ciências sociais e humanas.

Outra visão anticientificista é demonstrada na fala “prefiro a minha opinião à sua” (22min32s) dita por Garanin ainda no segundo episódio a qual expõe a concepção de que todas as ideias são correspondentes. Contudo, ainda que não haja garantia de que os cientistas tomem decisões decididamente acertadas, para que o conhecimento seja cientificamente aceito, há um rigor neste processo, devendo passar pela apreciação da comunidade científica, em que as teorias serão discutidas, criticadas e aperfeiçoadas até serem aceitas ou não (CUPANI, 2004). Tal atividade diverge do chamado senso comum em que conceitos para explicar o cotidiano são acolhidos por certo meio social e repassado às futuras gerações (FRANCELIN, 2014).

Apesar de não haver um método científico infalível que quando aplicado rigidamente garantiria o sucesso, de acordo com Pereira e Gurgel (2020), a simples repetição da máxima ‘não existe um método científico’ pode levar os estudantes a pressupor que não há qualquer rigor de apreciação e validação na atividade científica. Para os autores, a menção e compreensão de que ‘não existe o método científico’ é mais adequada, uma vez que exalta a natureza diversa da atividade, com suas potencialidades e restrições.

As relações de superioridade e descrédito estão presentes em diversos momentos da obra. No transcorrer do segundo episódio, incrédulo com os dados apresentados pelo governo em uma reunião de cúpula em Moscou, Valery Legasov contraria o relatório oficial, já que baseado em seu conhecimento, provavelmente os níveis de radiação eram superiores aos relatados. Prontamente a reação de Gorbachev foi de que “[Legasov está] conjecturando e contrariando diretamente o que foi informado pelos oficiais do partido” (12min12s – 12min17s, episódio 2). A deslegitimação do conhecimento científico foi novamente notada no episódio 3, momento em que Gorbachev volta a refutar as contribuições de Legasov, desta vez quanto à área da zona de exclusão. Tal forma de gerenciar o acidente se refletiu no atraso em reconhecê-lo, o que apenas se sucedeu passados dois dias, após a detecção de radiação em países vizinhos e a exposição de imagens de satélites espioes (SUGUIMOTO; CASTILHO, 2014; PIZZINGA, 2020).

A União Soviética se consolidou como uma das grandes potências científicas do mundo após a metade do século XX, destacando-se feitos como o lançamento dos satélites Sputnik e o envio dos primeiros homens e animais ao espaço (SILVA NETO, 2017; GLEMBOTSKY, 2013). No entanto, era de conhecimento que divergências dos discursos oficiais poderiam levar a ameaças e perseguições dos cientistas chegando até mesmo a afastá-los de suas pesquisas (SILVA NETO, 2017; GLEMBOTSKY, 2013). Levando em conta tal contexto, é possível compreender o motivo pelo qual Legasov recusa o risco de expor as causas do acidente na Agência Internacional de Energia Atômica, no episódio 4 e em sua negação do perigo, contrariando seu posicionamento científico em nome da máxima de não causar pânico desnecessário na população no episódio 2.

Diante das cenas resgatadas, compreende-se que as ações dos cientistas não estão às margens da sociedade, mas sim que são influenciadas por ela, cercadas por dilemas profissionais e pessoais que transcendem a ciência (FORATO et al, 2011; GIL-PEREZ et al, 2001). Desta forma, a ideia de que os atos dos cientistas tomam caráter neutro e imparcial torna-se um mito, uma vez que tratando a ciência como atividade social (logo dirigida pelo meio em que está inserida) e como ação humana (portanto submetida a agentes condicionantes), a neutralidade científica figura apenas como mais uma visão distorcida da ciência (GIL-PEREZ et al, 2001; RIVERO; WAMBA, 2011). Assim, a ideia de que o cientista está “acima do bem e do mal”, despreza as relações existentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (GIL-PEREZ et al, 2001),



De acordo com Gil-Pérez et al (2001) uma das deformações mais frequentemente assinaladas por professores quanto ao trabalho científico é a visão individualista e elitista em que a ciência seria produzida por grandes gênios, que isolados do mundo, realizam descobertas surpreendentes. Apesar da personagem de Ullana Khomyuk não ter existido de fato, ela compila todos os cientistas que trabalharam em conjunto com Legasov para desvendar as causas do acidente de Chernobyl e mesmo que de forma tímida, a presença da personagem exalta a natureza coletiva do trabalho científico, em que a cooperação e o debate entre Khomyuk e Legasov estiveram presentes em diversas partes da trama.

Além disso, a personagem de Khomyuk, por ser mulher, ainda contrapõe o estereótipo de que a ciência é desenvolvida exclusivamente por homens, uma visão que foi historicamente construída e sustentada e que apenas recentemente vem se alterando. Em sala de aula, tanto da educação básica como do ensino superior, a simples apresentação dos conteúdos sem que, no entanto, seja apontada a forma como os conhecimentos científicos são desenvolvidos pode gerar visões distorcidas da ciência, o afastamento dos alunos e até mesmo a recusa (CACHAPUZ, 2011).

4. Ensino de Química e a série Chernobyl: um olhar para o conteúdo de radioatividade

A utilização de usinas termonucleares para a produção de energia elétrica se deu após a Segunda Guerra Mundial e atualmente representa cerca de 3% da matriz elétrica brasileira, por meio das usinas Angra 1 e Angra 2 (ELETROBRAS, 2017).

De maneira simplificada, para que ocorra produção de energia elétrica em uma usina termonuclear, é necessária a ocorrência de reações de fissão nuclear no interior dos reatores nucleares. Tal reação acontece quando um nêutron atinge um átomo pesado, como é o caso do urânio-235 (^{235}U) usado como combustível nuclear, provocando a liberação de átomos menores, dois ou três nêutrons que manterão uma reação em cadeia e evidentemente energia, neste caso, energia térmica a qual será empregada para aquecer água e seu vapor mover as turbinas da usina (CARDOSO, 2012). Na série, Legasov expõe estes conceitos rapidamente a Shcherbina no segundo episódio.

Um modo de controlar a reação é pela utilização de hastes de controle no interior dos reatores. Estas hastes são feitas de boro ou cádmio, os quais são empregados como absorvedores de nêutrons, resultando na formação dos seus isótopos. Assim, pela movimentação das hastes é possível aumentar ou diminuir a produção de energia. A principal vantagem de uma usina nuclear é a grande quantidade de energia gerada utilizando pouco combustível quando comparado com a queima de óleo e carvão. Por conta da necessidade de nêutrons para manter a reação em cadeia, a produção de energia pode ser controlada, diminuindo a disponibilidade de nêutrons por meio de hastes de controle. Tais hastes são feitas de boro, um agente moderador que ao absorver nêutrons, resulta na formação de isótopo de boro (CARDOSO, 2012; PRASS, 2007).

Em Chernobyl (série), Legasov adverte que o acidente que ocorreu ali não há precedentes na história do planeta e tudo que será feito tem o intuito de tentar diminuir os danos, e por esta razão foi sugerida a utilização de boro e areia.

A completa elucidação do ocorrido na madrugada do dia 26 de abril de 1986 ocorreu nas cenas do julgamento. Didaticamente, Legasov faz uso de um esquema comparativo dos parâmetros que podem



aumentar e diminuir a potência do reator nuclear, demonstrando os equívocos cometidos naquele fatídico dia.

Por estar programado um teste de segurança, o reator operava a meia potência (1600 MW), porém, por consequência de um aumento de demanda energética, os testes foram transferidos para o turno seguinte, no qual os operadores não estavam cientes e preparados para a execução dos procedimentos. Desta forma, mais de 10 horas se passaram nestas condições até que foi dado continuidade ao teste. Isto deu abertura para o envenenamento por xenônio-135, que assim como o boro, também é um absorvedor de nêutrons (CNEN, 1986; SIGUIMOTO; CASTILHO, 2014). Em condições de pleno funcionamento, a formação do xenônio-135 não representa problemas, todavia, a baixa potência, o pleno funcionamento do reator é dificultado, já que o xenônio-135 é formado tanto pela reação de fissão como pelo decaimento de iodo-131 (DECCÓ, 1997).

Como não era possível aumentar a potência do reator em consequência da presença de xenônio-135, foi optado pela remoção de grande quantidade de hastes de controle (sendo de um total de 211 barras, mantiveram-se 6). Quando o teste de fato iniciou, foi ainda reduzido o fluxo de água para o núcleo, o que levou a elevação repentina da potência do reator. Como providência, os operadores inserem emergencialmente as barras de controle, pressionando o botão AZ-5, todavia, a potência do reator é elevada por consequência do aumento da pressão interna provocada pelo deslocamento de vapor pelo grafite presente nas barras de controle, resultando na explosão do telhado (CNEN, 1986; SIGUIMOTO; CASTILHO, 2014).

Após a explosão, pela janela da residência de Lyudmila e Vasily Ignatenko é demonstrado o impressionante efeito da ionização do ar em decorrência da liberação de radiação. Os núcleos de radionuclídeos instáveis, como os existentes em reatores nucleares, espontaneamente emitem radiação γ e partículas α e β em um processo conhecido como desintegração nuclear, de modo de atingir a estabilidade (OKUNO, 2013). Quando partículas α e β e a radiação γ entram em contato com a matéria, neste caso o ar atmosférico, ocorre a retirada de elétrons, ocasionando a mancha brilhante no céu.

De forma semelhante, ocorre a interação da radiação ionizante com os átomos do corpo. As moléculas presentes no corpo, como é o caso do DNA, quando expostas à radiação ionizante podem ser desestabilizadas e com isso serem partidas (OKUNO, 2013). No decorrer dos episódios, são observados os efeitos da radiação na saúde dos trabalhadores e no terceiro episódio, Legasov especifica o que acontecerá com estas pessoas:

Com o nível a que alguns foram expostos, a radiação ionizante desintegra a estrutura celular. A pele forma bolas, fica vermelha e depois preta. Depois vem um período de latência. Os efeitos imediatos passam. O paciente parece estar se recuperando. Saudável até, mas não está. Geralmente isso só dura de um a dois dias. Aí os danos celulares começam a se manifestar. A medula óssea morre. O sistema imunológico entra em colapso. Os órgãos e o tecido mole começam a se decompor. As artérias e veias vazam como uma peneira [...] e dentro de três dias a três semanas você está morto [...]. Nós recebemos uma dose contínua, mas não tanto. Não a ponto de matar as células, mas consistente o bastante para danificar nosso DNA, então com o tempo câncer ou anemia aplástica. De qualquer forma fatal (14min29s – 15min58s).

De acordo com Okuno (2013), os efeitos biológicos da exposição à radiação podem persistir desde dias até anos e são classificados de duas formas: reações teciduais e reações estocásticas. As reações teciduais decorrem de exposição à alta dose, sendo que quanto maior a dose, mais perigoso é o dano e



sua principal consequência é a morte celular. Já no caso dos efeitos estocásticos podem ser acarretados por qualquer dose e resultam em alteração celular, que levam a efeitos hereditários e câncer.

Na explosão, além da radiação, foram liberados também radionuclídeos do interior do reator, como o iodo 131 e césio, subprodutos da reação de fissão nuclear. No segundo episódio, a cerca de 400 km de Chernobyl, Khomyuk detecta iodo 131 em seu laboratório e por cautela, ingere pastilhas de iodo. Para o funcionamento pleno do corpo humano, o iodo é necessário para a síntese de hormônios pela glândula tireóide. No caso da disponibilidade de iodo radioativo (^{131}I), a glândula tireóide pode absorvê-lo e originar vários tipos de câncer, em particular da própria tireóide. Uma das formas de suavizar os danos é a ingestão de doses de iodeto de potássio (KI), para que a glândula tireóide esteja saturada de iodo e portanto, o iodo radioativo será eliminado pela urina e fezes (MARQUES, 2012).

Decorrido um fenômeno nuclear como o que ocorreu em Chernobyl em que radionuclídeos do interior da usina foram disseminados pela atmosfera, sucede o fenômeno conhecido como “fallout” no qual as partículas antes dispersas no ar, passam a depositar sobre o solo (FIGUEIRA, CUNHA, 1998). Na ocorrência deste fenômeno, foram convocados cerca de 200.000 liquidators, nome dado às pessoas que participaram da limpeza de Chernobyl, para a remoção de plantações e de camadas superficiais de terra, cenas apresentadas na série. Ademais, o controle de animais dentro da zona de exclusão foi realizado para evitar a difusão de radiação.

Já no caso da limpeza do telhado do reator 4, previamente havia sido optado pela utilização de veículos lunares para a execução da tarefa, uma vez que estes são pensados para tolerar altas doses de radiação espacial (STRASSINOPOUOS; RAYMOND, 1988). Contudo, já nos testes iniciais para utilização dos robôs, a radiação existente causou graves efeitos nos sistemas eletrônicos, levando a perda de comunicação com o veículo lunar. Como saída, foram convocados homens para a retirada manual dos detritos do telhado, os chamados biorobôs.

Ainda por consequência da exposição aos radionuclídeos, na trama foram retratados os sepultamentos dos que foram expostos a radiação, sendo ali empregadas urnas de chumbo e concreto nas covas, já que segundo a Agência Internacional de Energia Atômica, materiais de alta densidade tais como chumbo e concreto, blindam a fonte de emissão de radiação a fim de reduzi-la ou controlá-la (IAEA, 2013). Ao longo da série, outros conceitos de radioatividade e cenas distintas das apresentadas aqui podem ainda ser trabalhadas pelo professor, neste artigo fazemos apenas um recorte da série e debatemos em torno dele.

Apontamentos Finais

No que tange à análise feita neste artigo, destaca-se que os aspectos de rejeição da ciência descritos aqui para a série Chernobyl, ainda estão presentes na sociedade atual e dão força para discussões sobre mudanças climáticas e desenvolvimento de medicamentos, por exemplo, com efeitos catastróficos. Diante disso, a série tem grande potencial para a desmistificação destas concepções quando problematizadas em torno do que debatemos aqui.

No que se refere ainda às discussões da História da Ciência, no contexto da sala de aula, podem ser levantadas ao longo dos cinco episódios, da série analisada neste estudo, cenas e falas que possibilitam desmistificar as imagens deformadas do conhecimento científico e do ser cientista, possibilitando a compreensão do estudante de uma ciência histórica, não-linear, não neutra, que é influenciada por fatores



políticos, sociais, econômicos, ambientais, éticos, dentre outros. E ainda desconstruindo o estereótipo de cientista tão enraizado na sociedade.

A discussão da série permite ainda, no âmbito educacional, abordar conceitos da radioatividade de forma significativa, como o conceito de fissão nuclear, o funcionamento de uma usina termonuclear, dentre outros. Entende-se, entretanto, que é papel do professor selecionar quais conhecimentos em torno da radioatividade cabem no seu plano de ensino. Conforme o exposto, reforça-se para a necessidade de domínio do conteúdo química, histórico científico, social e da produção Chernobyl pelo professor regente de turma.

Por fim, ressalta-se para a importância de mais trabalhos que tragam discussões em torno da HC de forma mais clara e acessível ao professor, bem como que articulem com propostas de ensino, apresentando, por exemplo, possibilidades de recursos didáticos e debates em sala de aula. Neste trabalho tem-se como foco o ensino da química, porém, a mesma série e tema poderia ser ainda explorado para outras áreas do conhecimento.

Referências

BELTRAN, Maria Helena Roxo; SAITO, Fumikazu; TRINDADE, Laís dos Santos Pinto. **História da Ciência para formação de professores**. São Paulo: Editora da Física, 2014.

BREJARANO, Nelson Rui Ribas; ADURIZ-BRAVO, Agustín; BONFIM, Carolina Santos. Natureza da Ciência (NOS): para além do consenso. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 4, p. 967-982, out-dez. 2019.

CARDOSO, Eliezer de Moura. **Apostila educativa**, 3. ed. Rio de Janeiro: CNEN, 2012.
Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/bitstream/123456789/555/1/Aplica%c3%a7%c3%b5es%20da%20Energia%20Nuclear.pdf>. Acesso em: 10. jun. 2024.

CACHAPUZ, Antônio; GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; PRAIA, João; VILCHES, Amparo. **A necessária renovação do Ensino das Ciências**. 3.ed. São Paulo: Cortez, 2011.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). **Acidente de Chernobyl (causas e consequências)**. Relatório DR nº 134/86 – 2/2. Set.1986. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/18/079/18079664.pdf. Acesso em: 17 jun 2024.

CUPANI, Alberto. A tecnologia como problema filosófico: três enfoques. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 493-518, dez. 2004.

DECCÓ, Cláudia Cristina Ghirardello. **Análise temporal das oscilações espaciais de xenônio em reatores de pequeno porte**. 1997. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José Andrade; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez Editora, 2002.

DIEPPA, María del Carmen Regalado. **Chernóbil: Incompetencia, difusión y manipulación de la información**. 2019. Trabajo de Conclusión de Curso. Facultad de Ciencias Políticas, Sociales y de la



Comunicación, Universidad de la Laguna, España, 2019.

ELETROBRAS. **Atualização do padrão técnico e de segurança do Projeto de Angra 3**. Relatório. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Quem-Somos/Governanca/Documents/Relat%C3%B3rios%20e%20Balan%C3%A7os/Relat%C3%B3rios%20de%20Seguran%C3%A7a/556.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

FIGUEIRA, Rubens C. L.; CUNHA, Ieda I. L. A contaminação dos oceanos por radionuclídeos antropogênicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 73-77, fev. 1998.

FORATO, Thaís Cyrino de Melo; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.

FRANCELIN, Marivalde Moacir. Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonância e paradoxos. **Ci. Inf.**, Brasília, v.33, n. 3, p.26-34, set./dez. 2004.

FREITAS-REIS, Ivoni (org). **Estratégias para a inserção da história da ciência no ensino: Um compromisso com os conhecimentos básicos de Química**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

GAGLIARDI, Raul. Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 6, n. 3, p. 291-296, out. 2006.

GIL PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, António; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, jun. 2001.

GLEMBOTZKY, Mauricio Schoijet. Libertad académica y represión: una ojeada histórica. **Alegatos**, Cidade do México, n. 84, p. 607-634, mai/ago. 2013.

IAEA. Sealed radioactive sources - information, resources and advice for key groups about preventing loss of controlover sealed radioactive sources. Vienna International Centre, Vienna. **International Atomic Energy Agency**. 2013. Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/sealedradsources1013.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2024.

LOGUERCIO, Rochele de Quadros; DEL PINO, José Cláudio. Contribuições da História e da Filosofia da Ciência para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 8, n.1, jan-jun, 2006.

MARTINS, Roberto de Andrade. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Cadernos Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, n. 7, p. 27-45, jun. 1990.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução: a história da ciência e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física. 2006. Disponível em: <http://www.ghc.usp.br/server/PDF/RAM-livro-Cibelle-Introd.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2024.

MARQUES, Paulo. Os deletérios impactos da crise nuclear no Japão. **Estudos Avançados**, São Paulo,



n. 26, v. 74, abr. 2012.

MATTHEWS, Michael. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, jan. 1995.

OKUNO, Emico. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 185-199, jan. 2013.

PEREIRA, Felipe Prado Corrêa; GURGEL, Ivã. O ensino da Natureza da Ciência como forma de resistência aos movimentos Anticiência: o realismo estrutural como contraponto ao relativismo epistêmico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 3, p. 1278-1319, dez. 2020.

PIZZINGA, Vivian Heringer. Notas sobre Chernobyl: análise de alguns aspectos relacionados às situações de trabalho da usina nuclear de Pripyat. **Caderno de Psicologia Social do Trabalho**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 143-156, dez. 2020.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 2, p. 141-156, ago. 2007.

PRASS, Alberto Ricardo. **A energia nuclear hoje: uma análise exploratória**. 2007. Monografia (Especialização), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

REZNIK, Gabriela; MASSARANI, Luisa; MOREIRA, Ildeu de Castro. Como a imagem de cientista aparece em curtas de animação? **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p.753-777, jul.-set. 2019.

RIVERO, Ana; WAMBA, Ana María. Naturaleza de la ciencia y construcción del conocimiento científico: la naturaliza de la ciencia como objetivo de enseñanza. *In*: LÉON, Pedro Cañal de (org). **Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar**, Espanha: Editorial Graó, 2011, p. 9-30.

SCHMECHEL, Mariele Lunardi; LEITE, Fabiane de Andrade. O Ensino de Ciências e o uso da História da Ciência na Educação Básica: um estudo bibliográfico nos anais do ENPEC. ENCITEC – Santo Ângelo - Vol. 14, n. 3., p. 484-492, set./dez. 2024.

SILVA, Cibelle Celestino (org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

SILVA NETO, Climério. **A ciência como elemento da construção do socialismo na União Soviética**, ed. 151, São Paulo: Princípios, 2017.

STASSINOPOULOS, E. G.; RAYMOND, JAMES P. The Space Radiation Environment for Electronics. **Proceedings of the IEEE**, Estados Unidos, v. 76, n. 11, p.1423-1442, nov. 1988.

SUGUIMOTO, Djmes Yoshikazu de Lima; CASTILHO, Maria Augusta de. Chernobyl – A catástrofe. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 12, n. 2, p. 316-322, ago./dez. 2014.