

# O tema radioatividade nas Revistas da SBQ e as possíveis contribuições para o Ensino de Radioatividade na Educação Básica

**Lucélia D. Nunes e Nyuara A. da S. Mesquita**

A utilização de artigos publicados em revistas vinculadas à Sociedade Brasileira de Química, como a Química Nova, Química Nova na Escola e Revista Virtual de Química, apresenta-se como possibilidade didática para auxiliar os professores em discussões feitas em sala de aula sobre a temática radioatividade. Buscamos os artigos publicados desde a criação destes periódicos até o ano de 2021 e identificamos nestas publicações enfoques que podem contribuir em aulas de Química a partir de aspectos como: histórico da descoberta das radiações, da radioatividade e de alguns elementos radioativos; fissão nuclear; aplicações da radioatividade; radioatividade e suas interações com organismos vivos e meio ambiente; acidentes nucleares e contribuições femininas. Destacamos também a escassez da temática nas revistas que têm ênfase em pesquisas no Ensino de Química e a importância de que mais pesquisas sejam publicadas nessa perspectiva, dada a relevância do tema, tanto no contexto social quanto escolar.

► radioatividade, revistas científicas, SBQ ◀

Recebido em 13/04/2022, aceito em 05/11/2022

401

O livro didático foi introduzido no Brasil a partir do século XIX (Mori e Curvelo, 2014) e ainda hoje se configura como um dos principais recursos pedagógicos utilizados pelos professores, desde a educação básica até o nível superior. Sendo a principal ferramenta utilizada nas aulas, os livros didáticos têm relevante contribuição no processo de ensino e aprendizagem dos alunos (Wille *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2017), no entanto, sozinhos não são suficientes como material didático para o complexo processo de ensinar aos alunos, principalmente os da educação básica, nas disciplinas da área de Ciências Exatas, como a Química. Nessa etapa do ensino é desejável que os alunos vejam sentido nos conteúdos estudados, tenham uma formação ampla, contextualizada, que sejam capazes de utilizar os conhecimentos adquiridos na escola, nas mais diversas situações do seu cotidiano, atuando na sociedade de forma crítica e reflexiva.

Dessa forma, mesmo que os professores se sintam mais seguros em utilizar o livro, não devem ficar restritos a ele, sob o risco de desenvolver o processo de ensino e aprendizagem tradicional, pautado pela transmissão e recepção de conteúdo, o qual pode trazer sérias consequências para a qualidade do ensino oferecido aos alunos (Mortimer e Santos, 2012). É preciso buscar outros materiais que sejam capazes de complementar os conhecimentos e teorias apresentados nos livros

didáticos e que possam subsidiar discussões diversas, que conduzam a uma ampla compreensão do conteúdo estudado, permitindo ao aluno se apropriar do conhecimento científico e ser capaz de utilizá-lo no seu cotidiano, desenvolvendo uma formação voltada para a cidadania. Nas palavras de Chassot (2018, p. 87) “[...] vale a pena conhecer mesmo um pouco de Ciências para entender algo do mundo que nos cerca e assim termos facilitadas algumas vivências”.

Isso posto, entendemos que uma alternativa para os professores é utilizar artigos científicos publicados em revistas de amplo alcance e fácil acesso, como as revistas vinculadas à Sociedade Brasileira de Química (SBQ): Química Nova (QN), Química Nova na Escola (QNEsc) e Revista Virtual de Química (RVq). Essas revistas contemplam importantes publicações da área de Química, dos mais diversos assuntos, configurando-se como subsídio teórico para os professores de diversos níveis de ensino e, dentre estes, da educação básica, especialmente do Ensino Médio.

O Ensino Médio possui uma matriz curricular com uma quantidade significativa de conteúdos químicos, um deles é a radioatividade. Este está presente nos livros didáticos de diversas formas, alguns com uma abordagem mais conteudista, deixando de lado questões ambientais, sociais, malefícios e benefícios da radiação (Dominguini *et al.*, 2012; Medeiros e Lobato, 2010). Essas e outras questões são importantes e

estão relacionadas com diversas situações do nosso dia a dia, como diagnóstico e tratamento de doenças, geração de energia, datação de fósseis, preservação de alimentos, armas nucleares (Kotz *et al.*, 2015).

Assim, é importante que o professor de Química, ao ensinar tal conteúdo, tenha em mãos, além do livro didático, materiais que lhe deem condições de fazer uma ampla discussão com os alunos, abordando questões como o contexto histórico da descoberta da radioatividade, os benefícios e malefícios das radiações, impactos ambientais relacionados à radiação e aos radioisótopos, suas aplicações e os principais acidentes ocorridos no mundo envolvendo a radioatividade. A discussão sobre a temática radioatividade em aulas do Ensino Médio é discutida por Palmeira-Mello e Chacon (2020), pois os autores sinalizam que, no currículo de Química, “a radioatividade é um conteúdo de grande relevância para a formação do educando e permite uma abordagem CTS extremamente interessante” (p. 3).

Importante destacarmos também que, considerando-se a Base Nacional Comum Curricular, que baliza o currículo da educação no Brasil e publicada em 2018, o tema radioatividade encontra-se presente nas competências e habilidades propostas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), podendo ser discutido não apenas por professores de Química, mas também na perspectiva da Física e da Biologia. Nesse sentido, a habilidade EM13CNT103, vinculada à competência específica 1 da área de CNT, sinaliza: “Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica” (Brasil, 2018, p. 555).

Diante do exposto, este trabalho objetivou identificar as publicações relacionadas à temática radioatividade presentes nas revistas QN, QNEsc e RVq, e relatar as suas possíveis contribuições para o ensino de radioatividade no Ensino Médio.

## Metodologia

Esta é uma pesquisa bibliográfica, a abordagem de investigação adotada foi do tipo qualitativa e a coleta de dados foi feita por meio da análise documental (Flick, 2009). Os documentos analisados foram as publicações das revistas QN, QNEsc e RVq. A seleção dos artigos considerou todas as publicações das respectivas revistas, desde suas primeiras publicações até dezembro de 2021. Foram analisadas apenas essas três revistas, pois o *Journal of the Brazilian Chemical Society – JBCS*, também vinculado à SBQ, tem suas publicações na língua inglesa, o que pode dificultar o acesso e uso no contexto das escolas brasileiras.

A escolha das revistas ocorreu por serem publicações nacionais que possuem grande importância para a Química, de fácil acesso e bastante conhecidas, e que podem ser

usadas como material didático alternativo pelos professores. Buscamos, nas revistas, artigos relacionados à temática radioatividade que pudessem ser utilizados pelos professores de Química e contribuir para uma formação ampla, contextualizada e reflexiva dos alunos da educação básica.

As três revistas possuem ao todo 453 publicações, entre artigos e suplementos, até dezembro de 2021, sendo 296 da Revista Química Nova, 84 da Revista Química Nova na Escola e 73 da Revista Virtual de Química. Desse quantitativo foram encontrados apenas 21 (vinte e um) artigos que abordam de alguma forma a temática radioatividade, como mostrado na Tabela 1.

Os artigos foram analisados em relação às possíveis contribuições para o ensino da radioatividade na educação básica. Dos 21 artigos, três, publicados na QN em 1978, 1979 e 1980, não foram considerados como parte do corpus da pesquisa por apresentarem assuntos muito específicos e aprofundados sobre a temática e que, de modo geral, não são trabalhados na educação básica, sendo mais adequados ao nível superior. Os outros dezoito artigos, serão apresentados a seguir. É importante destacar que entre eles estão artigos que não apresentam de forma explícita uma abordagem desenvolvida no contexto de ensino de Química da educação básica, mas que podem ser utilizados como material didático pelos professores ou como material de consulta em aula pelos alunos.

Para fins de apresentação da discussão dos dados, a análise documental se balizou a partir de categorias construídas *a posteriori* que emergiram na leitura dos artigos. Para Ludke e André (1986, p. 42), ao discutirem a perspectiva da análise documental no âmbito da pesquisa qualitativa, “a construção de categorias não é tarefa fácil. Elas brotam, num primeiro momento, do arcabouço teórico em que se apoia a pesquisa”. Dessa forma, em consonância à abordagem sobre radioatividade prevista nos documentos balizadores da educação básica, como a BNCC, emergiram

categorias que foram compiladas nos seguintes temas, os quais entendemos como importantes para as discussões relacionadas à temática radioatividade no ensino básico: Histórico da descoberta das radiações, da radioatividade e de alguns elementos radioativos; Fissão nuclear; Projeto

Manhattan e energia nuclear; Aplicações da radioatividade; Radioatividade e suas interações com organismos vivos e meio ambiente; Acidentes nucleares; Contribuições femininas – uma questão de gênero.

## Resultados e Discussão

A seguir, discutiremos a análise dos artigos considerando as categorias anteriormente apresentadas, tanto em termos das abordagens propostas nos textos quanto em relação às suas possíveis contribuições para o uso dos artigos em sala de aula.

A escolha das revistas ocorreu por serem publicações nacionais que possuem grande importância para a Química, de fácil acesso e bastante conhecidas, e que podem ser usadas como material didático alternativo pelos professores.

Tabela 1: Publicações das revistas QN, QNEsc e RVq relacionadas à radioatividade

Número	Título do artigo	Autores	Ano de publicação	Revista
1	A história do elemento 84, o Polônio – A química no desenvolvimento da energia nuclear	Jacques Danon	1978	QN
2	Consequências químicas das transformações nucleares	Carol H. Collins; Fernando M. Lanças; J. C. de Andrade; Kenneth E. Collins	1979	QN
3	Construção de um sistema utilizado na determinação de tempo de meia-vida	Walter M. de Azevedo; Gilberto F. de Sá	1980	QN
4	O que é Césio-137?	Kenneth E. Collins; Isabel C. S. F. Jardim; Carol H. Collins	1988	QN
5	Raio-X e radioatividade	Attico Chassot	1995	QNEsc
6	A contaminação dos oceanos por radionuclídeos antropogênicos	Rubens C. L. Figueira; Ieda I. L. Cunha	1998	QN
7	A radioatividade e a história do tempo presente	Fábio Merçon; Samantha V. Quadrat	2004	QNEsc
8	Marcos da história da radioatividade e tendências atuais	Allan M. Xavier; André G. de Lima; Camila R. M. Vigna; Fabíola M. Verbi; Gisele G. Bortoleto; Karen Goraieb; Carol H. Collins; Maria I. M. S. Bueno	2007	QN
9	Radônio	Júlio Carlos Afonso	2009	QNEsc
10	Rádio	Júlio Carlos Afonso	2010	QNEsc
11	Aspectos históricos da visita de Marie Skłodowska Curie a Belo Horizonte	Cássius K. Nascimento, João P. Braga	2011	QN
12	O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX	Rodrigo da S. Lima; Luiz C. F. Pimentel; Júlio C. Afonso	2011	QNEsc
13	Lise Meitner: a intérprete da cisão nuclear	Raquel Gonçalves Maia	2012	RVq
14	Actínio	Júlio Carlos Afonso	2012	QNEsc
15	Frâncio	Júlio Carlos Afonso	2012	QNEsc
16	A interação da radiação gama com a matéria no processo de esterilização	Renato C. da Silva, Roberta M. da Silva, Kátia A. S. Aquino	2014	RVq
17	O ensino de Ciências por Marie Curie: análise da metodologia empregada em sua primeira aula na cooperativa de ensino	Ivoni Freitas-Reis, Ingrid N. Derossi	2014	QNEsc
18	Radioquímica e a idade da Terra	Daniel F. Araújo; Gerson S. Mól	2015	QNEsc
19	Radiação gama em produtos de origem vegetal	Jaqueline V. Tezotto-Uliana; Paula P. M. da Silva; Ricardo A. Kluge; Marta H. F. Spoto	2015	RVq
20	Energia nuclear: importância, conceitos químicos e estrutura das usinas nucleares	Daniella R. Fernandes, Iromar C. S. Campos Júnior, Marcio P. da Silva, Vanderson de O. Araújo, Bárbara V. da Silva, Nadja P. dos Santos, Michelle J. C. Rezende	2021	RVq
21	Avaliação dos níveis de radônio em ambientes fechados no Brasil: uma visão geral	Camila R. e Silva, Daniela Vasconcelos	2021	RVq

Fonte: próprias autoras (2022).

### 1 – Histórico da descoberta das radiações, da radioatividade e de alguns elementos radioativos

Há algumas décadas, os pesquisadores estão discutindo e traçando estratégias para que o ensino de Química presente nas escolas do Brasil supere características como o fato de se configurar como a-histórico, em busca de um ensino no qual a história da Ciência seja vista como “fomentadora

de estratégias para o ensino e aprendizagem” (Santana e Silva, 2014, p. 93). Dessa forma, Chassot defende que “Nas exigências às professoras e aos professores, nestes novos tempos, em que devem deixar de ser informadores para se tornarem formadores, está presente uma preocupação com um ensino que enraíze na história da construção do conhecimento” (Chassot, 2018, p. 90). Nesse sentido, o professor,

ao se propor a discutir sobre a história do desenvolvimento do conhecimento científico, precisa buscar outros referenciais teóricos, que tenham essa abordagem, uma vez que, geralmente, este assunto é pouco tratado nos livros didáticos (Santos Filho *et al.*, 2021).

Dos artigos analisados, a maioria aborda o contexto histórico da descoberta da radioatividade e de alguns elementos radioativos, mas alguns de forma superficial, trazendo um parágrafo sobre o assunto. Vamos aqui nos atentar a discutir aqueles que se referem ao assunto com uma certa amplitude.

O artigo 5 discute o contexto histórico da descoberta dos raios X por Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), em 1895, e da radioatividade por Becquerel e o casal Curie. Mostra-se um texto interessante para o professor fazer uma discussão sobre a parte histórica dessas descobertas contribuindo para a abordagem do conteúdo, uma vez que “utilizar o passado como uma ferramenta para a compreensão do presente pode ser uma alternativa pedagógica eficaz na busca de tornar as aulas de Química mais estimulantes e desafiadoras para os alunos” (Callegario *et al.*, 2015, p. 979). Este também pode ser utilizado para discutir a diferença das origens dos raios X e das radiações alfa, beta e gama.

O artigo 8 relata também uma ampla abordagem sobre o histórico da descoberta dos raios X, da radioatividade, das partículas alfa e beta, de alguns elementos radioativos, da radioatividade artificial, do nêutron, do pósitron e da fissão nuclear. Tendo em vista o aprofundamento dos assuntos e a amplitude do texto, entendemos que o artigo 8 apresenta uma abordagem mais completa, que pode contribuir com a proposição de discussão do contexto histórico relacionado ao tema radioatividade.

Já os artigos 9, 10, 14 e 15 apresentam uma discussão sobre a história da descoberta dos elementos radônio, rádio, actínio e frâncio, mostrando os caminhos percorridos por vários cientistas, as dificuldades enfrentadas para se conseguir isolar um elemento químico, identificá-lo e determinar as suas características. Estes abordam também as propriedades químicas e físicas de tais elementos. Embora os textos citados se refiram a elementos específicos, perpassam algumas questões relacionadas à radioatividade.

O artigo 12 aborda de forma mais detalhada o elemento rádio, enfocando a sua descoberta, utilização e popularização. Esse elemento foi, ao longo de alguns anos, considerado milagroso, sendo utilizado para curar doenças quando presente em diversos produtos, como cosméticos, água, creme dental, alimento e baralhos. O artigo, traz uma discussão importante sobre o perigo da utilização de um material novo sobre o qual ainda não se conhece todas as propriedades e características, discussão também relevante para o professor da educação básica fazer com seus alunos. Também no artigo

20 há uma breve discussão sobre a descoberta da radioatividade, de alguns elementos radioativos e das partículas alfa, beta e dos raios gama.

Enfim, os artigos mencionados podem ser utilizados para discutir além do contexto histórico, a importância da descoberta da radioatividade, pois ela despertou o interesse de vários cientistas, que passaram a estudar e pesquisar sobre o assunto, culminando na descoberta de

outros elementos químicos radioativos e contribuindo para o conhecimento da constituição da matéria ao longo do século XX. A partir dessa discussão, é possível ao professor evidenciar para os alunos que a Ciência não é uma verdade absoluta, e que ao longo dos anos “os conceitos químicos foram desenvolvidos e substituídos por outras descobertas” (Santos Filho *et al.*, 2021, p. 361).

Isso torna-se importante, pois para Santos (2009), dentre perdas significativas no âmbito do ensino de Química, tem-se o fato de que este:

*Revive a história da Química sem ter em conta episódios históricos de valor cultural, controvérsias históricas, tradições científicas de pesquisa que ilustram movimentos de investigação que implicam comunidades científicas que, de época para época, trabalham em determinadas direções influenciadas por uma determinada matriz disciplinar embebida num contexto cultural* (Santos, 2009, p. 536).

Dessa forma, ao se historicizar o desenvolvimento dos conceitos relacionados à radioatividade, o ensino de Química pode discutir a não linearidade da Ciência e contribuir para uma formação menos positivista já na educação básica.

## 2 – Fissão nuclear: Projeto Manhattan e Energia Nuclear

Uma abordagem de relevância que pode ser discutida com os alunos da educação básica e que geralmente aparece nos livros didáticos de forma resumida é a fissão nuclear, que está diretamente relacionada ao projeto Manhattan e à energia nuclear (Silva *et al.*, 2019). O produto do projeto Manhattan dá origem a uma das maiores atrocidades que o ser humano foi capaz de fazer, o uso bélico das armas nucleares, as bombas atômicas, para colocar fim à segunda guerra mundial, atacando duas cidades japonesas e matando milhares de pessoas. Já as usinas nucleares utilizam a energia liberada dos núcleos instáveis para gerar energia para abastecer diversos países e suprir as demandas energéticas desses locais, mas também são marcadas por graves acidentes, como o de Chernobyl e de Fukushima (Kotz *et al.*, 2015), tais questões ratificam e “ênfatisam a importância de se discutir sobre o uso da energia nuclear e os perigos potencialmente envolvidos” (Silva *et al.*, 2019, p. 58). De todas as publicações analisadas, foram

Dos artigos analisados, a maioria aborda o contexto histórico da descoberta da radioatividade e de alguns elementos radioativos, mas alguns de forma superficial, trazendo um parágrafo sobre o assunto. Vamos aqui nos atentar a discutir aqueles que se referem ao assunto com uma certa amplitude.

encontrados cinco artigos que abordam de alguma forma a fissão nuclear.

O artigo 4 discute de forma breve a reação de fissão que dá origem ao Césio 137, as condições necessárias para que a reação ocorra, bem como o rendimento dos produtos obtidos. Essas informações são relevantes, quando o professor discute a presença do Césio no meio ambiente e suas principais aplicações (Teixeira *et al.*, 2017). Os artigos 7 e 8 trazem uma importante discussão sobre a descoberta da reação de fissão nuclear, o projeto Manhattan e o surgimento das usinas nucleares, a partir do contexto histórico. O artigo 8 vai além e aborda de forma breve os reatores nucleares e as usinas nucleares no Brasil.

Já o artigo 13 discute a descoberta e a interpretação da fissão nuclear, a partir da vida de uma cientista, Lise Meitner, trazendo também o contexto histórico envolvido em tais estudos. Assim, essas três publicações abordam informações que podem ser utilizadas para fazer uma discussão mais aprofundada com os alunos em relação à fissão nuclear, às reações em cadeia e suas aplicações, uma vez que “a abordagem contextualizada do tema radiação permite retirar o estudante da condição de espectador passivo, possibilitando a ele interagir com sua aquisição do conhecimento” (Medeiros e Lobato, 2010, p. 77).

O artigo 20 aborda de forma ampla a energia nuclear, trazendo o início do uso desse tipo de energia, que data a década de 1950, a construção das usinas de Angra I, II e III no Brasil, a produção e o consumo de energia nuclear no Brasil e no mundo, a reação de fissão nuclear e sua descoberta, o funcionamento de uma usina nuclear de fissão como um todo, incluindo o combustível nuclear, o reator nuclear, o núcleo do reator, o gerador de vapor, a turbina a vapor, o gerador elétrico e o sistema de proteção das usinas. É o artigo mais completo sobre esse assunto publicado pelas revistas RVq, QN e QNesc, além disso tem uma linguagem simples, podendo ser utilizado na sua integralidade com os alunos da educação básica, corroborando com Silva *et al.* (2019, p. 59), que defendem que “o Ensino de Radioatividade seja focalizado, entre outras coisas, compreender os riscos e benefícios quanto ao uso da energia nuclear em relação às questões sociais, éticas, políticas e ambientais capazes de dialogar com a realidade do estudante”.

### 3 – Aplicações da radioatividade

Os radioisótopos são utilizados em diversas aplicações, em várias áreas diferentes, como por exemplo: diagnóstico e tratamento do câncer, radiotraçadores na agricultura, esterilização de alimentos, combustível nas usinas nucleares, dentre outras (Kotz *et al.*, 2015). Dos artigos analisados, a maioria aborda as suas aplicações, alguns apenas os citam

e outros os discutem com maior profundidade.

O artigo 4 aborda as principais aplicações do radioisótopo Césio 137, como na área médica, na irradiação de alimentos, esterilização de materiais, indicadores de densidade de fluidos ou de altura de líquidos em latas, utilizados para calibrar medidores de radiação e como traçador radioativo.

O artigo 8 dedica algumas páginas para discutir as principais aplicações das radiações e da radioatividade em várias áreas, como na Medicina, na Química, nos estudos de datação usando o carbono 14, na preservação de alimentos e na indústria. Já os artigos 9, 10, 14 e 15 trazem uma discussão sobre as aplicações dos elementos radônio, rádio, actínio e frâncio, de acordo com suas características e toxicidade.

Os artigos 16 e 19 abordam uma aplicação muito difundida e utilizada da radioatividade, a aplicação da radiação gama na esterilização, tanto de alimentos quanto de objetos. O texto 16 aborda especificamente, e de forma aprofundada, a utilização da radiação gama na esterilização dos alimentos e produtos médicos, explica os aspectos gerais da esterilização via radiação gama, as etapas do processo de radioesterilização e suas atividades, bem como a importância de se calcular a dose adequada de radiação para cada tipo de produto que se quer esterilizar.

Já o artigo 19 fica restrito à irradiação em produtos de origem vegetal, ou seja, a irradiação de alimentos, discutindo as vantagens e desvantagens do uso da técnica, as possíveis

alterações na composição dos alimentos irradiados, as variáveis que devem ser controladas no processo de irradiação, o processo de morte dos agentes patogênicos, bem como as questões legais envolvidas nesse tipo de aplicação da radiação, tanto no Brasil, quanto na Europa e nos Estados Unidos da América. De acordo com Monteiro e Silva (2020), “devido ao conhecimento de

senso comum, os estudantes costumam confundir irradiação com contaminação radioativa, que objetos irradiados tornam-se fontes de radiação e que a radiação causa mutação e é em todos os casos prejudicial ao homem” (p. 595). Dessa forma, os artigos que trazem essa abordagem podem ser utilizados por professores para além da discussão das aplicações das radiações, desmitificar o medo que as pessoas têm de consumir alimentos irradiados.

No artigo 18 encontramos uma interessante discussão sobre a aplicação da radioatividade para a datação da idade do planeta e discute-se também o contexto histórico que levou à determinação da idade da Terra. E, para finalizar, o artigo 20 é dedicado à energia nuclear, uma das principais aplicações da radioatividade. A partir desse artigo, o professor pode fazer uma discussão comparando a energia hidrelétrica com a nuclear em diversos aspectos, como por exemplo, o ambiental, abordando vantagens e desvantagens de cada tipo de energia, especialmente no Brasil. Entendemos que os artigos

Os radioisótopos são utilizados em diversas aplicações, em várias áreas diferentes, como por exemplo: diagnóstico e tratamento do câncer, radiotraçadores na agricultura, esterilização de alimentos, combustível nas usinas nucleares, dentre outras (Kotz *et al.*, 2015). Dos artigos analisados, a maioria aborda as suas aplicações, alguns apenas os citam e outros os discutem com maior profundidade.

supracitados apresentam potencial para contribuir com as discussões da temática em relação às diversas aplicações das radiações e da radioatividade, pois trazem na maioria das vezes uma abordagem aprofundada que não é contemplada nos livros adotados na educação básica, pois, de acordo com Sousa e Sales (2020), ao analisarem livros didáticos do PNLD 2015 considerando o tema radioatividade, “em cada uma das obras foi constatada falha em pelo menos um dos critérios analisados podendo prejudicar o desenvolvimento e interesse do aluno no conteúdo de Radioatividade” (p. 6).

#### 4 – Radioatividade e suas interações com organismos vivos e meio ambiente

Somos constantemente expostos à radiação natural, no entanto a presença dos radioisótopos artificiais no meio ambiente tem contribuído de forma negativa para a exposição das pessoas às radiações. Esses radioisótopos entraram no ambiente por meio de diversas ações antropogênicas (Silva *et al.*, 2019).

A questão ambiental relacionada à radioatividade aparece somente em duas publicações. O artigo 4, que é dedicado ao radioisótopo Césio 137, aborda o comportamento desse elemento no meio ambiente e discute como ele é transportado pela água, pelo ar e pelo solo. Ao fazer essa discussão no âmbito do Ensino Médio, o professor pode contribuir para que os estudantes compreendam os meios pelos quais os radioisótopos são transportados, além de evidenciar que, em caso de acidentes ou mesmo do uso de bombas atômicas, a contaminação não será apenas local, mas irá atingir longas distâncias (Teixeira *et al.*, 2017).

O artigo 6 aborda a presença dos radionuclídeos no oceano, discorrendo sobre como os radionuclídeos foram parar nas águas de oceanos e mares, apontando como a principal fonte os testes nucleares realizados nas décadas de 1950 e 1960. Na sequência, o artigo discute o comportamento de alguns radionuclídeos no meio marinho, como o Césio, o Estrôncio e o Plutônio, bem como os níveis dos radionuclídeos no oceano. Assim, o texto se configura como interessante para o professor debater com os alunos sobre os impactos das ações antropogênicas ao meio ambiente, a partir da poluição das águas pelos radionuclídeos, permitindo “uma contribuição ambiental através da Química, com um olhar holístico e integrado aos problemas ambientais de origem local e global” (Cortes Junior e Fernandez, 2007, p.11). Ainda para os referidos autores, a escola é o local no qual podemos promover uma educação ambiental fundamentada no conhecimento produzido e validado pela comunidade científica.

O artigo 21 aborda uma questão bem específica em relação ao elemento radônio. Este é gás a temperatura ambiente,

podendo ser emanado de rochas e solos e se acumular em ambientes fechados, sendo um dos mais importantes agentes cancerígenos naturais. O texto discute os possíveis impactos à saúde humana devido à inalação do radônio em ambientes fechados, bem como a sua quantidade no Brasil e no mundo. Com esse artigo, o professor pode fazer uma discussão sobre as radiações naturais que os seres humanos recebem constantemente sem ter conhecimento dessa exposição (Silva *et al.*, 2019). É possível usar conjuntamente os artigos 6 e 21 para abordar a presença da radioisótopos naturais e artificiais no meio ambiente e seus impactos à saúde humana.

Considerando que qualquer tipo de radiação interage com o corpo humano (Okuno, 2013), uma outra questão relevante que também pode ser abordada no Ensino Médio refere-se aos efeitos provocados ao organismo humano por essas radiações, propiciando aos alunos compreenderem os malefícios que o excesso de radiação pode provocar nas pessoas. Dos artigos analisados, três abordam de alguma forma essa questão.

Considerando que qualquer tipo de radiação interage com o corpo humano (Okuno, 2013), uma outra questão relevante que também pode ser abordada no Ensino Médio refere-se aos efeitos provocados ao organismo humano por essas radiações, propiciando aos alunos compreenderem os malefícios que o excesso de radiação pode provocar nas pessoas.

O artigo 4 discorre em um dos tópicos sobre como o radioisótopo Césio 137 pode afetar o corpo humano, tanto por irradiação quanto por contaminação externa e interna. Já o artigo 16 aborda de forma aprofundada o processo de interação da radiação ionizante com a matéria, explicando

as reações e os danos que acontecem no organismo dos seres vivos quando eles são irradiados, principalmente nas moléculas de água e de DNA. Outro artigo, o 19, também apresenta uma discussão da radiólise da água provocada pela radiação gama, mas no contexto dos alimentos irradiados. Assim, esses artigos se configuram como bons materiais teóricos para serem utilizados pelos professores no sentido de trazer uma discussão diferenciada e contextualizada do tema radioatividade, como apontam Monteiro e Silva (2020), ao discutirem uma proposta de sequência de ensino sobre radioatividade pautada na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), sinalizam a importância de que as abordagens em sala de aula transcendam exemplos simples do cotidiano e, além disso, precisam ampliar “a visão de mundo dos estudantes para as grandes questões sociais e ambientais que os rodeiam” (p. 607).

#### 5 – Acidentes nucleares

Desde que se intensificou o uso dos elementos radioativos, ocorreram no mundo diversos acidentes tanto radioativos quanto radiológicos. Dois desses acidentes envolvendo o Césio 137 datam da década de 1980, o acidente radioativo ocorrido em 1986 em Chernobyl e o acidente radiológico com uma fonte de Césio 137 ocorrido em 1987 em Goiânia (Teixeira *et al.*, 2017). O artigo 4 aborda de forma breve os dois acidentes. Tal publicação pode ser utilizada pelo professor para trabalhar com os alunos as características e

propriedades do Césio 137, conduzindo-os à compreensão dos acidentes e suas graves consequências.

O artigo 7 aborda de forma sucinta alguns acidentes nucleares ocorridos no mundo, como os de Three Mile Island (EUA), Chernobyl (Ucrânia) e Goiânia (Brasil). Já o artigo 8 discute de uma forma mais ampla os acidentes de Winscale (1957), Three Mile Island (1979), Chernobyl (1986) e Goiânia (1987). Outro artigo, o 21, aborda de forma breve os acidentes de Chernobyl (1986) e Fukushima (2011).

É papel da escola relacionar os conhecimentos científicos às situações reais e torna-se importante que o professor da educação básica discuta com os alunos a ocorrência dos acidentes nucleares, bem como as consequências desses acidentes radioativos e radiológicos, tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente. Em pesquisa realizada por Nunes (2021), são discutidas as questões relacionadas à importância da alfabetização científica a partir do tema radioatividade considerando-se as causas e consequências do acidente radiológico de Goiânia e enfatizando-se que a falta de conhecimento sobre o assunto foi um dos aspectos que tornou este o maior acidente radiológico do planeta. Dessa forma, os textos explicitam que a radiação traz muitos benefícios, mas também pode provocar muitas tragédias, daí a importância dos cuidados com os materiais radioativos, dos protocolos de segurança ao se utilizar esses materiais, seja nas usinas nucleares ou em qualquer outra aplicação, e das legislações que os regem.

#### 6 – Contribuições femininas – uma questão de gênero

A Ciência historicamente é dominada pelos homens, e “portanto, as características e habilidades necessárias e valorizadas para fazer ciência são as ditas masculinas” (Silva e Ribeiro, 2014, p. 452), evidenciando um preconceito de gênero no meio científico. Mesmo que possam ser notados, nos últimos anos, alguns avanços e evidências da participação feminina no campo científico, ainda nos deparamos com situações que mostram que as mulheres cientistas não possuem as mesmas oportunidades que homens na hierarquia acadêmica (Silva e Ribeiro, 2014).

Assim, o professor de Química também pode fazer essa discussão de gênero dentro das Ciências e, para entender como foi a participação feminina na Ciência nos últimos dois séculos, especialmente nas pesquisas relacionadas à temática radioatividade, pode buscar publicações da área que lhe proporcionem aportes teóricos para fazer tal abordagem, como os artigos publicados nas revistas vinculadas à SBQ. Dos artigos publicados nas revistas analisadas, dois abordam a vida de Marie Curie e um aborda a vida de Lise Meitner, cientistas que tiveram um papel fundamental no estudo da radioatividade e das reações nucleares, respectivamente.

O artigo 11 relata o histórico da vinda de Marie Curie à cidade de Belo Horizonte, mostrando a importância e o prestígio que essa mulher cientista alcançou. Ao longo de sua visita ela estava sempre rodeada de pessoas de grande influência no Brasil das mais diversas áreas, como políticos, cientistas e escritores. Outro artigo, o 17, também discorre sobre Marie Curie, trazendo um pouco da história da sua vida, destacando a sua atuação como professora numa cooperativa de ensino em Paris, especialmente a sua primeira aula, mostrando o quanto ela valorizava a experimentação no processo de ensino e aprendizagem, algo que não era comum na época.

A abordagem sobre o papel das mulheres na Ciência é de suma importância ao considerarmos que nas carreiras científicas da área de Ciências Exatas, o número de mulheres cientistas ainda é menor que o número de homens cientistas (Cunha *et al.*, 2014). Esse fato é uma repetição do que acontece no cenário escolar, pois

após a idade de 12 anos, as diferenças se acentuam no que diz respeito às aptidões para os conteúdos que envolvem cálculos:

*No caso das meninas, essas aptidões tendem a diminuir com o passar dos anos (fato confirmado pelas notas na disciplina). As causas desse fenômeno ainda não foram comprovadas e podem ter associação a fatores de cunho social, entretanto esse estereótipo parece afetar as meninas, desestimulando-as a seguir as áreas de ciências exatas (Cunha *et al.*, 2014, p. 409).*

Os artigos citados podem ser utilizados para discutir tanto as questões da radioatividade quanto os enfrentamentos de Marie Curie para ser reconhecida pelas suas descobertas sobre a radioatividade, pois a cientista enfrentou uma série de dificuldades e preconceito no início da sua carreira como pesquisadora e cientista.

Já o artigo 13 discorre sobre a vida da cientista Lise Meitner, a primeira mulher no campo da Física Nuclear, a responsável pela interpretação da fissão nuclear, mostrando a sua importância para as pesquisas relacionadas às reações nucleares. O artigo deixa evidente também a questão de gênero enfrentada por Lise, que apesar de ser uma pesquisadora brilhante e dedicada, ter publicado mais de 130 artigos, não teve o reconhecimento que merecia, porque era uma mulher, mesmo sendo acolhida e respeitada pelos principais cientistas da época. Lise trabalhou por anos sem nenhum tipo de remuneração e à sombra de cientistas homens, como Otto Hahn, o qual inclusive ganhou um Prêmio Nobel por suas pesquisas na área da fissão nuclear, e Lise Meitner, mesmo sendo indicada 15 vezes, nunca ganhou o Nobel.

**É papel da escola relacionar os conhecimentos científicos às situações reais e torna-se importante que o professor da educação básica discuta com os alunos a ocorrência dos acidentes nucleares, bem como as consequências desses acidentes radioativos e radiológicos, tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente.**

Argumentamos que essas publicações são importantes para o professor de Química debater com os alunos as dificuldades e preconceitos que as mulheres cientistas sofreram no final do século XIX e início do século XX, mesmo desenvolvendo pesquisas relevantes que muito contribuíram com o desenvolvimento da Ciência, especialmente em relação à radioatividade e à constituição da matéria. É possível também fazer um paralelo entre Marie Curie e Lise Meitner. Apesar das pesquisas das duas terem dado significativas contribuições científicas, somente Marie foi laureada com o Prêmio Nobel, algo que pode estar relacionado ao fato dela ser casada e Lise ser solteira.

Nessa perspectiva, nos apoiamos em Pugliese (2014) quando o autor explicita que a primeira indicação ao Prêmio Nobel relacionada às pesquisas sobre radioatividade fez alusão apenas aos nomes de Pierre Curie e Becquerel. Tal indicação só foi modificada após envio de carta de Pierre Curie à Comissão responsável pelo Prêmio Nobel, na qual defende que “se é verdade que pensam seriamente em mim, desejo muito ser considerado juntamente com madame Curie, com relação à nossa pesquisa sobre corpos radioativos (...) Não acha que seria mais satisfatório, do ponto de vista artístico, se fôssemos associados dessa maneira?” (p. 2).

## Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

CALLEGARIO, L.; HYGINO, C. B.; ALVES, V. L. O.; LUNA, F. J. e LINHARES, M. P. A História da Ciência no Ensino de Química: uma revisão. *Revista Virtual de Química*, v. 7, p. 977-991, 2015.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 8ª ed. Ijuí: Unijuí, 2018.

CORTES JUNIOR, L. P e FERNANDEZ, C. Química ambiental: representações sociais de estudantes do 1º ano do Ensino Médio. *VI ENPEC*. Anais... Florianópolis, dezembro de 2007. Disponível em: [http://abrapecnet.org.br/atas\\_enpec/vienpec/CR2/p648.pdf](http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/vienpec/CR2/p648.pdf), acesso em set. 2022.

CUNHA, M. B.; PERES, O. M. R.; GIORDAN, M.; BERTOLDO, R. R.; MARQUES, G. Q. e DUNCKE, A. C. As mulheres na ciência: o interesse das estudantes brasileiras pela carreira científica. *Educación Química*, v. 25, n. 4, p. 407-417, 2014.

DOMINGUINI, F.; CLEMES, G. e ALLAIN, O. Análise do tema radioatividade nos livros didáticos do PNLDEM à luz da teoria da aprendizagem significativa e dos pressupostos C, T & S. *Revista Técnico Científica (IFSC)*. v. 3, n. 1, p. 455-466, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/621/441>, acesso em mai. 2021.

FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FERREIRA, S.; SILVA, F. D. e SALES, L. L. M. Análise dos livros didáticos de química no PNLD 2015 sobre a teoria atômica. *Revista de Pesquisa Interdisciplinar*. n. 2, suplementar, p. 216-255, 2017. Disponível em: <https://cfp.revistas.ufcg.edu.br>, acesso em maio 2021.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; TOWNSEND, J. R. e

## Considerações finais

As publicações relacionadas à temática radioatividade presentes nas revistas QN, QNEsc e RVq constituem importante material teórico para as discussões sobre a temática radioatividade com diferentes enfoques, como histórico da descoberta das radiações, da radioatividade e de alguns elementos radioativos; fissão nuclear; aplicações da radioatividade; radioatividade e suas interações com organismos vivos e meio ambiente; acidentes nucleares e contribuições femininas – uma questão de gênero. No âmbito da sala de aula, os artigos podem propiciar um aprofundamento e ampliação sobre as discussões de determinados tópicos de forma científica e complementar ao livro didático. No entanto, ressaltamos a carência de publicações com esse tema que faz parte tanto da formação de professores quanto da educação básica.

**Luclecia Dias Nunes** ([luclecia\\_dias\\_nunes@ufg.br](mailto:luclecia_dias_nunes@ufg.br)), licenciada, mestre e doutora em Química pela Universidade Federal de Goiás, professora de Química do Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação (CEPAE) – UFG. Goiânia, GO - BR. **Nyara Araújo da Silva Mesquita** ([nyuara@ufg.br](mailto:nyuara@ufg.br)), licenciada, mestre e doutora em Química pela Universidade Federal de Goiás. Coordenadora do Laboratório de Educação Químicas e Atividades Lúdicas (LEQUAL-IQ/UFG), professora associada do Instituto de Química da UFG. Goiânia, GO - BR.

TREICHEL, D. A. *Química geral e reações químicas*. Trad. Noveritis do Brasil. 9ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. v. 2.

LUDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MEDEIROS, M. A. e LOBATO, A. C. Contextualizando a abordagem de radiações no ensino de química. *Ensaio*, v. 12, n. 3, p. 65-84, set-dez 2010.

MORI, R. C. e CURVELO, A. A. S. O que sabemos sobre os primeiros livros didáticos brasileiros para o ensino de química. *Química Nova*, v. 37, p. 919-926, 2014.

MONTEIRO, M. D. S. e SILVA, S. A. Sequência de ensino e aprendizagem sobre radioatividade pautada na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). *Dialogia*, São Paulo, n. 36, p. 595-609, set/dez, 2020.

MORTIMER, E. F. e SANTOS, W. L.P. Políticas e práticas de livros didáticos de química: o processo de constituição da inovação x redundância nos livros didáticos de química de 1833 a 1987. In: ROSA, M. I. P. e ROSSI, A. V. (org). *Educação Química no Brasil: memórias, política e tendências*. Campinas: Editora Átomo, 2ª ed., p. 85-104, 2012.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. *Estudos Avançados*, v. 27, n. 77, p. 185-199, 2013.

NUNES, L. D. *O acidente radiológico de Goiânia e seus desdobramentos nos currículos da licenciatura em Química em Goiás: uma leitura freireana*. 2021. 209 f. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

PALMEIRA-MELLO, M. V e CHACON, E. P. A radioatividade em uma abordagem CTS através de uma sequência didática. *Areté*, v. 13, n. 27, 2020.

PUGLIESE, G. O Nobel e alguns “contos de fada”. *ComCiência*, Campinas, n. 164, dez. 2014. Disponível em <http://>

comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S1519-76542014001000011&lng=pt&nrm=iso, acesso em abr. 2022.

SANTANA, E. M. e SILVA, E. L. (org). *Tópicos em ensino de química*. São Carlos: Pedro & João Editores, 2014.

SANTOS, M. E. V. M. Ciência como cultura – paradigmas e implicações epistemológicas na educação científica escolar. *Química Nova*, v. 32, n. 2, p. 530-537, 2009.

SANTOS FILHO, A.P.; BARROSO, M.C.S. e SAMPAIO, C.G. História da Química: uma análise sobre a presença do conteúdo nos PNLDS de 2015 e 2018. *Revista Binacional Brasil Argentina*. v. 10, n. 2, p. 347-364, 2021.

SILVA, R.M; AQUINO, K.A.S. e SILVA, S.A. Concepções sobre radioatividade envolvendo a perspectiva ambiental de licenciandos de química. *Alexandria*, v. 12, n. 1, p. 55-84, maio 2019.

SILVA, F.F. e RIBEIRO, P.R.C. Trajetórias de mulheres na ciência: “ser cientista” e “ser mulher”. *Ciência e Educação*, v. 20, n. 2, p. 449-466, 2014.

SOUSA, W. T. e SALES, L. M. M. Radioatividade no ensino médio: análise de livros didáticos de química no PNLD 2015. *Revista de Pesquisa Interdisciplinar*, v. 1, Ed. Especial, p. 73-79, 2016.

TEIXEIRA, F.T.V; SILVEIRA, G.A.T e PIMENTEL, D.N. Acidente com cézio-137 completa 30 anos. *Revista Vozes dos Vales*, n. 11, Ano VI, 2017.

WILLE, N.N.; BRAGA, P.R. e ROBAINA, J.V.L. Avaliação de livro didático de química na disciplina de estágio supervisionado II. *VIDYA*. v. 29, n. 1, p. 59-72, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/318>, acesso em mai. 2021.

**Abstract:** *The radioactivity theme in SBQ magazines and the possible contributions to the teaching of radioactivity in basic education.* The use of articles published in journals linked to the Brazilian Society of Chemistry, such as *Química Nova*, *Química Nova na Escola* and *Revista Virtual de Química*, is presented as a didactic possibility to assist teachers in discussions held in the classroom on the topic of radioactivity. We searched for articles published since the creation of these journals until the Years 2021 and we identified in these publications approaches that can contribute to chemistry classes from aspects such as: history of the discovery of radiation, radioactivity and some radioactive elements; nuclear fission; radioactivity applications; radioactivity and its interactions with living organisms and the environment; nuclear accidents; female contributions. We also highlight the scarcity of the theme in journals that emphasize research in Chemistry Teaching and the importance of more research being published in this perspective, given the relevance of the theme both in the social and school context.

**Keywords:** radioactivity, scientific magazines, SBQ