

## O RÁDIO E OS EFEITOS NOCIVOS DE SEU USO INDEVIDO

Rodrigues, Ellen Tais Rocha<sup>1</sup>  
Almeida Filho, Francisco Antonio de <sup>2</sup>

### RESUMO

O presente artigo tem como metodologia a pesquisa bibliográfica, com o objetivo de discorrer sobre o elemento químico Rádium, de seu descobrimento, feito pelo casal Marie e Pierre Curie, ao seu histórico de aplicabilidades benéficas, que trouxeram avanços aos tratamentos oncológicos, e aplicabilidades inusitadas que alegavam fazer bem a saúde e estética, mas o resultado era o contrário disso.

**Palavras-chave:** Radioatividade, Rádium, Decaimento radioativo.

### ABSTRACT

The present article has as a methodology the bibliographic research, with the objective of discussing the chemical element Radium, from its discovery, made by the couple Marie and Pierre Curie, to its history of beneficial applicability, which brought advances to oncological treatments, and unusual applicability that claimed to be good for health and aesthetics, but the result was the opposite of that.

**Keywords:** Radioactivity, Radium, Radioactive decay.

---

<sup>1</sup> Discente do Curso de Tecnologia em Radiologia da Universidade Paulista UNIP

<sup>2</sup> Docente do Curso de Tecnologia em Radiologia da Universidade Paulista UNIP

## 1. INTRODUÇÃO

O Urânio é um elemento químico que foi descoberto em 1789, por Martin Heinrich Klaproth, nascido em Wernigerode, Alemanha, 1743. A descoberta foi feita quando Martin analisava uma amostra minério de pechblenda, que nessa época ainda se acreditava ser composta de ferro e zinco. Ao dissolver essa amostra em ácido nítrico e neutralizá-la com hidróxido de potássio ele obteve um composto amarelo, do qual continuou a dissolver, dessa vez com de hidróxido de potássio. Esse experimento o levou a concluir que naquele minério exista um novo elemento. Decidiu nomeá-lo como urânio em homenagem ao planeta Urano, descoberto em 1781 por William Herschel (MAIA, 2017).

Marie Sklodovska Curie, era polonesa nascida em 1867, em Varsóvia. Residia nesse país em uma época da qual as mulheres não tinham acesso à universidade. Carreira e ciência pertenciam apenas aos homens. Esse fato a levou a se mudar para França, onde, em 1893, concluiu sua licenciatura em Física e, um ano após, licenciatura em Matemática, ambos cursos feitos na Faculdade de Ciências de Paris (CARVALHO, 2011). No dia 26 de julho de 1895 Marie Sklodovska se casou com Pierre Curie e juntos viriam a fazer descobertas importantes, de dois novos elementos químicos, que nomearam de polônio e rádio. Nessa época que começaram a utilizar o termo “radioatividade” (BARRETA, 2020).

O uso do urânio foi essencial nessas descobertas, já que foi necessário usar toneladas de resíduos de minério de urânio para conseguir como produto final apenas 0,1mg de polônio isolado. As pesquisas não pararam por aí, pois desconfiavam que na pechblenda (minério de urânio com oxigênio) ainda existia outro elemento e assim foram necessárias mais toneladas de resíduos de urânio para confirmação da existência do novo elemento, o rádio (CARVALHO, 2011).

O elemento Urânio é considerado o elemento pai em duas cadeias de decaimentos, pois ao decair em alfa ou em beta ele gera um novo elemento radioativo que também virá a se desintegrar, recebendo o nome de filho (CAMARGO, 1994). O elemento químico Rádio é um filho de Urânio cerca de 1 milhão de vezes mais radioativo, dessa forma o presente artigo busca avaliar o seu histórico de aplicabilidades, levando em consideração os danos causados (CARVALHO, 2011).

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 A descoberta da Radioatividade

Antoine Henri Becquerel nascido em 1852 na França, pertencia a uma família com gerações de cientistas e físicos. Desenvolveu suas primeiras pesquisas no laboratório do seu pai (Edmond Becquerel), com foco principal em óptica, fosforescência e também sobre espectros fluorescência de sais de urânio (MARTINS, 1990).

Inspirado na descoberta do Raio X feita por de Wilhelm Conrad Roentgen, o físico Antoine Henri Becquerel decidiu começar sua própria pesquisa, que em certo ponto, ao utilizar o elemento urânio em sua experiência, chegou a concluir que a radiação penetrante ali existente vinha do próprio elemento, e não do fenômeno da fluorescência. Essa radiação recebeu o nome de raios Becquerel, até que em 1898 Marie Sklodovska Curie utilizou o termo “Radioatividade” pela primeira vez (XAVIER et al. 2006).

Marie Sklodovska Curie, era polonesa nascida em 1867, em Varsóvia. Residia nesse país em uma época da qual as mulheres não tinham acesso à universidade. Carreira e ciência pertenciam apenas aos homens. Esse fato a levou a se mudar para França, onde, em 1893, concluiu sua licenciatura em Física e, um ano após, licenciatura em Matemática, ambos cursos feitos na Faculdade de Ciências de Paris (CARVALHO, 2011).

Em 1894 Marie, enquanto buscava um tema para seu doutorado, conheceu Pierre Curie, que na época era professor na universidade de Sorbonne (CARVALHO, 2011). Eles passaram então a trocar cartas de amor e de interesse científico e no dia 26 de julho de 1895 se casaram. Juntos viriam a fazer descobertas importantes, de dois novos elementos químicos, que nomearam de polônio e rádio. Nessa época que começaram a utilizar o termo “radioatividade” (BARRETA, 2020). A radioatividade é definida como a capacidade que alguns elementos possuem de se transformar em novos elementos através da desintegração radioativa, que segue até alcançar um elemento estável (NADALETI et al. 2016).

Figura 1: Marie e Pierre Curie

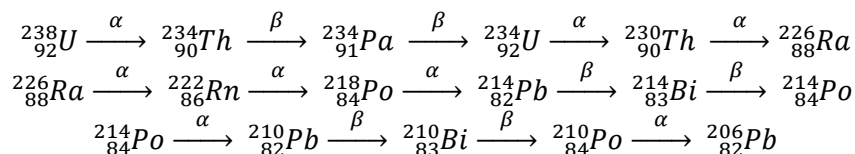


Fonte: [https://s2.glbimg.com/gnyK9bmOvMz6pbhHWfUltOe8edM=e.glbimg.com/og/ed/f/original/2021/05/14/pierre\\_curie\\_1859-1906\\_and\\_marie\\_sklodowska\\_curie\\_1867-1934\\_c\\_1903\\_4405627519.jpg](https://s2.glbimg.com/gnyK9bmOvMz6pbhHWfUltOe8edM=e.glbimg.com/og/ed/f/original/2021/05/14/pierre_curie_1859-1906_and_marie_sklodowska_curie_1867-1934_c_1903_4405627519.jpg) Acesso: 22/02/2023

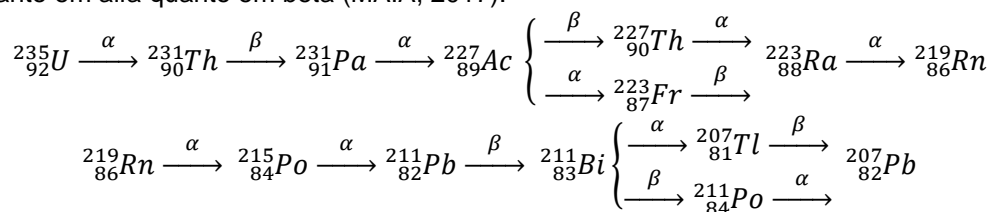
## 2.2 A cadeia de Decaimento do Elemento Urânio

Por ser o primeiro elemento da cadeia de decaimento o Urânio é conhecido como pai, e os demais radionuclídeos provenientes de seu decaimento recebem o nome de filhos. Ele possui três isótopos diferentes na natureza sendo eles o  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  e  $^{234}\text{U}$ , sendo o primeiro isótopo o de maior abundância (aproximadamente 99% do urânio existente na Terra). Já os isótopos 235 e o 234 correspondem respectivamente a 0,72% e 0,0057%. (NADALETI et al. 2016).

A série do Urânio se inicia com o decaimento em alfa do isótopo  $^{238}\text{U}$ , que se transforma em outro elemento radioativo, o Tório- 234, e o mesmo sofre outro decaimento, e seguindo essa ordem ocorre uma reação em cadeia e esses novos elementos vão seguindo uma sequência de decaimentos até chegar ao elemento estável Chumbo-206. Sendo necessário oito decaimentos em alfa e seis em beta para chegar ao  $^{206}\text{Pb}$  (CAMARGO, 1994).



A cadeia do isótopo  $^{235}\text{U}$  por sua vez recebe como nome “Série do Actínio”. Se inicia com o elemento Urânio-235 que passa por desintegrações radioativas gerando novos elementos, que devido a reação em cadeia também se desintegram até alcançar o elemento estável  $^{207}\text{Pb}$ . Todos os elementos dessa cadeia decaem em alfa ou beta, com exceção dos elementos Actínio-227 e Bismuto-211, pois ambos decaem tanto em alfa quanto em beta (MAIA, 2017).



## 2.3 O elemento químico Rádío

Dentro da família dos alcalinos terrosos o elemento Rádío é considerado o metal mais pesado. Na natureza encontramos quatro isótopos desse elemento, sendo dois deles provenientes da série do Tório-232. O  $^{224}\text{Ra}$  (meia vida de 3,66 dias) que emite partículas alfa e o  $^{228}\text{Ra}$  (meia vida de 5,75 anos) que emite partículas beta. Os outros dois isótopos são o  $^{223}\text{Ra}$  (meia vida de 11,4 dias) proveniente da série do Actínio e o  $^{226}\text{Ra}$  (meia vida de 1600 anos) com origem da série do Urânio,

ambos são emissores de partículas alfa (PATRICIO, 2020).

O uso do Rádio se inicia algum tempo após seu descobrimento, em 1903 Pierre já palestrava sobre os efeitos do Rádio no corpo humano, citando queimaduras, cicatrizes, necroses, mas por outro lado citou a possibilidade da utilização desse elemento no tratamento de tumores (PAN e BARROS, 2013). Ao desenvolver o primeiro padrão de medida da radioatividade o Curie (Ci) Madame Curie permitiu o uso do rádio em radioterapias, naquela época chamado de “Curieterapia”, com a intenção de tratar patologias dermatológicas e eliminar tumores (BARRETA, 2020). O dermatologista Henri Danlos foi o primeiro a tratar diversos pacientes com lúpus eritematosos utilizando uma fonte de rádio (CARVALHO, 2011).

O tratamento se dividia já nessa época em interno e externo, o externo era feito através do uso de moldes feitos com cera e rádio, tais moldes eram colocados diretamente em cima do tumor. Já o tratamento interno, desenvolvido um pouco mais tarde, colocavam uma fonte de rádio em agulhas e as inserir no interior do tumor, irradiando internamente o tecido (CARVALHO, 2011).

A aplicabilidade do elemento rádio se estendeu além da saúde e medicina para o mundo do comércio, empregado em diferentes tipos de produtos, para diferentes usos como produtos de beleza, águas terapêuticas, fármacos e até mesmo houve fraudes com produtos que alegavam ser radioativos, porém não eram (LEAL e FORATO, 2019).

Construíram spas para “tratamento”, alegando que aquelas águas radioativas ajudavam pessoas idosas, curava pessoas doentes e melhorava a saúde daqueles que ainda não estavam acometidos por alguma patologia. O grande problema desse novo negócio é que muitas pessoas não tinham condições financeiras ou tempo livre para ir a esses spas. A ideia então para solucionar esse problema foi passar a vender garrafas contendo “água radioativa” (LIMA et al. 2011).

As garrafas de águas radioativas também vieram a ser um problema, pois a radioatividade da água era consequência do decaimento do rádio para o elemento radônio, que por possuir uma meia vida curta fazia a água perder sua “capacidade terapêutica” antes do indivíduo ter a utilizado. Passaram então a vender filtros ou talhas que continham rádio em sua composição, para assim renovar a radioatividade da água vendida. Ela prometia eliminar o veneno no sangue, aumentar o número das hemácias e ajudar até mesmo no processo de digestão. (LIMA et al. 2014).

A farmácia também faturou bastante com a venda de itens radioativos. Vendeu milhares de frascos de tônicos que prometiam ajudar físico, mental e sexualmente os homens que o utilizava, acabando com o problema da impotência masculina e a memória fraca, devolvendo o vigor ao homem. Vendiam por um valor simbólico, por isso atingiu alto número de vendas. Outro produto inventado naquela época com funções semelhantes era o supositório de rádio, esse com um tratamento de 15 dias (LEAL e FORATO, 2019).

A almofada radioativa também era um dos produtos oferecidos pela indústria farmacêutica, a mesma prometia curar insônia, ajudar em artrite, asma, bronquite e outras patologias. Algumas marcas recomendavam ainda que deixassem a almofada no sol por algum tempo durante o dia para ativar mais ainda a capacidade terapêutica. Sendo almofada, tônico ou supositório o que todos os produtos buscavam era a melhora de sintomas, a cura ou a prevenção de doenças (LIMA et al. 2011).

**Figura 2:** Cosméticos de Rádio



Fonte: [https://conteudo.imguol.com.br/c/noticias/24/2021/08/25/anuncio-da-tho-radia-1629909698208\\_v2\\_450x1.jpg](https://conteudo.imguol.com.br/c/noticias/24/2021/08/25/anuncio-da-tho-radia-1629909698208_v2_450x1.jpg) Acesso: 17/03/2023

Outro alvo do mercado da radioatividade foi a beleza feminina. Fabricaram diferentes tipos de produtos como sabonetes, sais de banho, shampoo, cremes capilares e cremes para eliminar acnes, linhas de expressões, cravos e promover o clareamento da pele. Todos esses produtos prometiam uma rejuvenescimento e beleza perdurável, só não atingiam maiores números de venda devido ao preço ser elevado (LIMA et al. 2011).

## 2.4 As Garotas do Rádio

Os Em consequência da primeira guerra mundial, a falta de mão de obra masculina deu às mulheres a chance de entrar no mercado de trabalho, em funções antes não prestada por elas. Em 1917, a empresa United States Radium Corporation, que ficava localizada em Nova Jersey, nos Estados Unidos, contratou diversas jovens para trabalhar com a produção de pinturas, com tinta feita com rádio, de ponteiros e marcadores de relógios. Contratavam propositalmente mulheres não apenas devido suas habilidades manuais, como também devido ao baixo custo da mão de obra. Assim se iniciou um dos casos mais alarmantes do uso desse elemento químico na indústria (LEAL e FORATO, 2021).

As mulheres recebiam seus salários de acordo com o tanto que produzissem, e para otimizar a linha de produção as trabalhadoras eram incentivadas a lamber os pinceis, para afinar a ponta do mesmo, o que as ajudaria na hora de fazer os traços, já que os números e marcadores do relógio eram muito pequenos. Por vezes seu chefe às convenciam de que engolir a tinta de rádio as ajudariam a possuir bochechas mais rosadas (DELGADO, 2019). Várias delas além de lamber os pinceis pintavam dentes, unhas, nariz, pois a tinta fazia brilhar no escuro e elas se impressionavam com isso (LIMA et al. 2014).

Esse método de trabalho realmente funcionou, para o chefe, já que suas vendas estavam cada vez mais elevadas, passando até mesmo a exportar seus produtos para outros países, vendendo cerca de 5500 relógios por dia, principalmente para militares (LEAL e FORATO, 2021). Mas para as garotas trabalhadoras esse acontecimento não teve esse significado positivo, já que aos poucos foram adoecendo. Amellia Maggia, ou Mollie, foi uma funcionária dessa fábrica que em 1921 começou a ter problemas dentários, e veio a óbito no ano seguinte (DELGADO, 2019).

Mollie não foi a única funcionária a começar a ter problemas de saúde. No mesmo ano em que ela viera a óbito Grace Fryer, que trabalhava nessa fábrica desde 1917, começou a apresentar sérios problemas, como perda de dentes, feridas na mandíbula que apresentavam pus e lhe causavam dor. Ao fazer radiografias ficou claro no exame que ela apresentava também deformidade ósseas. Entre as funcionárias da fábrica, a maioria apresentava problemas de saúde semelhante, alteração nos exames de sangue e necroses (LIMA et al. 2014).

**Figura:** As garotas do Rádio



**Fonte:** <https://i.ytimg.com/vi/cEZRi9wEMk8/maxresdefault.jpg> Acesso:24/03/2023

Em 1927 Fryer decidiu iniciar um processo contra a USRC e mais quatro trabalhadoras pouco tempo após resolveu entrar nessa causa também, sendo elas Edna Hussman, Katherine Schaub, Quinta McDonald e Albina Larice, juntas foram apelidadas como "As Garotas do Rádio", todas buscavam uma indenização e pagamento por seus tratamentos médicos (LIMA et al. 2014).

Todas mortes e saúdes prejudicadas por aquela empresa eram justificadas pelo diretor Arthur Roeder como consequência da vida promiscua de suas funcionárias, ele alegava que todos aqueles sintomas e óbitos, inclusive o de Mollie, eram provenientes da sífilis que essas garotas adquiriram e não do rádio que continha na tinta (DELGADO, 2019). Usava justificativa também o fato de na Europa as pessoas fazerem o uso de cosméticos, fármacos e outros produtos que continham Rádio, e que tais produtos, nada semelhantes havia causado a aqueles que os utilizavam (LIMA et al. 2014).

A USRC chegou até mesmo a contratar dentistas e médicos para dar falsos laudos que comprovassem



que as doenças não vinham do Rádio (DELGADO, 2019). Porém não deu certo, o diagnóstico correto foi feito pelo médico Harrison S. Martland, em 1925 ele publicou os resultados de sua pesquisa sobre o efeito do Rádio nessas trabalhadoras (LIMA et al. 2014). O processo acabou em vitória para as garotas do Rádio, cada uma recebeu de indenização dez mil dólares, além de seiscentos dólares anualmente. Todas faleceram em 1935. Esse tipo de empresa existiu até 1960, a cada ano com uma produção mais reduzida (DELGADO, 2019).

Esse acontecimento trouxe reflexão e impulsionou mais estudos sobre os efeitos do uso do Rádio, junto com isso foram aparecendo novos casos, por exemplo o caso de Eben Byers, um atleta que faleceu após fazer o uso, durante um ano, de um tônico feito com rádio, que servia como revigorante. Byers fazia o uso do mesmo após ter sofrido uma contusão. O mercado de produtos radioativos foi perdendo seu número de vendas à medida que novos casos apareciam e aos poucos perderam a fé no uso de rádio para tais objetivos (LEAL e FORATO, 2019).

Ainda tentaram desenvolver, por volta de 1930, uma forma de retirar esse Rádio que estava impregnado principalmente nos ossos e nos dentes, mas não surtiu efeito essas tentativas. Foi retirado o uso do rádio nos fármacos, nos Estados Unidos, já cientes do mal que causava ingerir esse elemento. No início da década de 1930 começaram a criar regulamentações trabalhistas, passando a ser permitido o uso da radiação apenas profissionais preparados. (LIMA et al. 2014). Em 1933, Robley Evans, um físico dos Estados Unidos relatou que, ao entrar no corpo humano o Rádio segue bombardeando, constantemente, com raios alfa estruturas como ossos e medula óssea principalmente. Assim se deu o fim dos produtos, fármacos e cosméticos feitos com rádio em sua composição (LEAL e FORATO, 2021).

## 2.5 Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante

A Radiação ionizante, ao interagir com átomos presentes nas moléculas do corpo humano, tem a capacidade de retirar elétrons, o que muda suas características, podendo assim quebrar estas moléculas, e para essa interação existem dois mecanismos de ação, um no qual a radiação interage diretamente com moléculas importantes, por exemplo as do DNA, causando uma mutação genética (Mecanismo Direto) e o outro no qual a radiação quebra moléculas de água, induzindo assim a formação de radicais livres que irão atingir outras moléculas (Mecanismo Indireto). (OKUNO, 2013).

Essa atuação da radiação no corpo humano é dividida em quatro fases, com diferentes tempos de início. A mais rápida das fases (ocorre em  $10^{-15}$  segundos) é a do Estágio físico, que é o momento que ocorre a ionização de um átomo. Em seguida temos a fase em que ocorre a quebra das ligações químicas das moléculas, essa por sua vez, ocorre em  $10^{-6}$  segundos, recebe o nome de estágio físico-químico. No estágio químico ocorre novas ligações de fragmentos dessas moléculas quebradas com outras moléculas, essa fase dura alguns segundos. O estágio mais demorado sem dúvida é o Biológico, o mesmo pode levar minutos, horas, dias, meses ou até mesmo anos (OKUNO, 2013).

Os efeitos biológicos agem de duas maneiras diferentes temos os Efeitos Determinísticos e os Efeitos Estocásticos. Os determinísticos dependem da dose de irradiação para sua ocorrência, quanto maior a dose mais grave será o efeito, ou seja, se respeitar o limiar de dose o indivíduo não sofrerá danos. O principal dano a ser considerado nesse efeito é a morte celular, pois se muitas células de um órgão morrer, o mesmo não será mais tão eficiente, devido seu funcionamento ser prejudicado. Por sua vez os Efeitos Estocásticos são definidos como alterações que aparecem em células normais, com efeito tardio, não depende de um limiar de dose para sua ocorrência. A gravidade dos casos também independe da dose (OKUNO, 2013).

Outro modo em que é dividido os efeitos biológicos é em Efeito somático, que são aqueles que o próprio indivíduo que foi irradiado apresenta, e Efeito Hereditário (ou genético), que são passados às futuras gerações. Geralmente o efeito hereditário ocorrem devido a alterações das células reprodutoras, uma célula que sofreu uma mutação pode levar a prole a ter problemas físicos, mentais, ser mais susceptível a doenças crônicas ou até mesmo levar o feto à morte, antes de seu nascimento (PASETTI, 2013).

A síndrome da irradiação aguda ocorre após a irradiação de corpo todo, ela depende da quantidade de dose absorvida. Quanto menor o tempo entre a exposição e o surgimento de sintomas, mais grave é caso. Existem quatro tipos, a síndrome prodômica, a síndrome hematopoiética (leve e grave), a síndrome gastrointestinal e a síndrome do sistema nervoso central, sendo a última a mais grave entre elas, pois a mesma é capaz de levar a pessoa a óbito em questão de horas (PASETTI, 2013)

**Tabela 1:** Efeitos gerais da Radioexposição em adulto

Forma	Dose Absorvida (Gy)	Sintomatologia
Infraclínica	Abaixo de 1	Ausência de sintomas na maioria dos indivíduos
Reações gerais Leves	1 - 2	Astenia, náuseas, vômitos (3 a 6 horas após a exposição)
Hematopoiética leve	2 - 4	Função medular atingida (linfopenia, leucopenia, trombopenia, anemia)
Hematopoiética grave	4 - 6	Função medular gravemente atingida
Gastrointestinal	6 - 7	Diarreia, vômitos, hemorragias (morte em 5 ou 6 dias)
Pulmonar	8 - 9	Insuficiência respiratória aguda, coma e morte entre 14 e 36 horas
Cerebral	Acima de 10	Morte em poucas horas por colapso

Fonte: PASETTI, 2013 Acesso: 31/03/2023

### 3. DISCUSSÃO

Levando em consideração o contexto histórico da aplicabilidade do Elemento químico Rádio vemos que sua descoberta foi de grande valia, o uso para tratamentos de patologias dermatológicas, bem como a eliminação de tumores por meio da radioterapia e curieterapia foi um grande acerto dentre todas as outras aplicabilidades prejudiciais.

O uso deste elemento radioativo em fármacos, cosméticos de beleza feminina, relógios, águas terapêuticas, entre outras, foram aplicabilidades desnecessárias, porém compreendidas para a época, já que estava recente o descobrimento desse elemento, então ainda não se sabia dos riscos de sua utilização inapropriada.

As garotas do Rádio foram vítimas de patologias causadas por esse elemento, as pessoas que compraram e utilizaram tais produtos também foram atingidas pelo emprego descabido do mesmo. Até mesmo Madame Curie, que descobriu o elemento, foi acometida por patologias como anemia, queimaduras em suas mãos, ela passou a adoecer com mais facilidade, e por fim acredita-se que sua morte foi causada por leucemia radio-induzida.

No entanto atualmente já sabemos sobre efeitos nocivos da radiação ionizante. Segundo Novais (2020) a carga máxima do elemento rádio que o corpo humano admite é de 7400 Becquerel (Bq), ou seja, 7400 desintegrações por segundo. Todavia o Rádio é de alta periculosidade, pois uma grama do mesmo consegue fazer  $3,7 \times 10^{10}$  desintegrações por segundo, o que sem dúvida alguma ultrapassa o limiar aceito. Portanto a proteção radiológica é essencial, sendo muito importante respeitar o limiar de dose permitida, para assim evitar patologias causadas pelo excesso de exposição.

### 4. CONCLUSÃO

Em virtude dos aspectos históricos mencionados concluo que o elemento químico Rádio foi uma grande descoberta científica, com alguns usos errôneos, como também acertos, que sem dúvida alguma, trouxe grandes avanços para a área da saúde, principalmente em tratamentos oncológicos. O uso indevido era aceito para a época, levando em consideração a falta de informação e estudos relacionados a esse elemento, mas hoje em dia, com todo o acesso que possuímos, devemos seguir todos os princípios de proteção radiológica em quaisquer circunstâncias que envolva radiação ionizante, principalmente assim se tratando de um elemento tão radioativo como o Rádio.

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARETA, Giulia Rodrigues. A figura feminina nos primórdios da física nuclear: a contribuição de Marie Sklodowska Curie. Disponível em: <http://repositorio.uricer.edu.br/bitstream/35974/281/1/GiuliaRodriguesBareta.pdf> Acesso: 22/02/2023.

CAMARGO, Iara Maria Carneiro De. Determinação da concentração dos isótopos naturais de Urânio e

Tório em amostras de água. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/10405/05677.pdf?sequence=1>  
Acesso:22/02/2023.

CARVALHO, Fernando P. As descobertas científicas de Marie Curie e o seu legado à ciência e à humanidade. Disponível em: <https://proa.ua.pt/index.php/captar/article/view/14440/9862> Acesso em: 03/03/2023.

DELGADO, Patrícia do Nascimento. O caso de Grace Fryer e as garotas fantasmas: uma proposta de sequência didática com abordagem CTS para o estudo da radioatividade. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/14753/1/PND17062019.pdf> Acesso:17/03/2023.

LEAL, Karel Pontes; FORATO, Thaís Cyrino de Mello. História da Radioatividade e Natureza da Ciência: possibilidades de diálogo. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62264651/SNEF\\_com\\_autores20200303-126114-1x0bjko-libre.pdf?1583272695=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHistoria\\_da\\_Radioatividade\\_e\\_Natureza\\_da.pdf&Expires=1682368843&Signature=LTeACeH0rO8EeNzQdL7PV7Cft-vEuDrliPNPsrD4UAmZrbfC83Aepk8J-3KGDmj57m6YnkS~11QkJYoOmVyyqPbt0v19wyFpNQllqsqwNuscObCTtR~asDYHjdJDscQgHpSYb7c2pizyvduk6ZKQEUDfANowULmAgT~QNbNgH2QmfaJPI33QRIEVdbxkKYfuJDo-fk5~iZvhgsak6oCgFyaQRdJA~qISICYW4ik5wtdl5kE36lcnG0fCHwzTbIRCY2q4K-h73PU6Y~JoG-V23PkhJI-Ks2R2WeRFN-eI4PMQUc65P~arfblyvHQFZwmDPc-7jA-fQMCOwPOpJR1giBA\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62264651/SNEF_com_autores20200303-126114-1x0bjko-libre.pdf?1583272695=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHistoria_da_Radioatividade_e_Natureza_da.pdf&Expires=1682368843&Signature=LTeACeH0rO8EeNzQdL7PV7Cft-vEuDrliPNPsrD4UAmZrbfC83Aepk8J-3KGDmj57m6YnkS~11QkJYoOmVyyqPbt0v19wyFpNQllqsqwNuscObCTtR~asDYHjdJDscQgHpSYb7c2pizyvduk6ZKQEUDfANowULmAgT~QNbNgH2QmfaJPI33QRIEVdbxkKYfuJDo-fk5~iZvhgsak6oCgFyaQRdJA~qISICYW4ik5wtdl5kE36lcnG0fCHwzTbIRCY2q4K-h73PU6Y~JoG-V23PkhJI-Ks2R2WeRFN-eI4PMQUc65P~arfblyvHQFZwmDPc-7jA-fQMCOwPOpJR1giBA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA) Acesso:03/03/2023.

LEAL, Karel; FORATO, Thaís Cyrino de Mello. As garotas do rádio e sua busca por justiça e dignidade: possibilidades de abordagens históricas para o ensino de ciências. Disponível em: <https://rbhciencia.emnuvens.com.br/revista/article/view/539/575> Acesso:24/03/2023.

LIMA, Rodrigo da Silva; PIMENTEL, Luiz Cláudio Ferreira; AFONSO, Júlio Carlos. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX. Disponível em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/outubro2011/quimica\\_artigos/despert\\_radioativ\\_art.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/outubro2011/quimica_artigos/despert_radioativ_art.pdf) Acesso:24/03/2023.

LIMA, Rodrigo da Silva; PIMENTEL, Luiz Cláudio Ferreira; AFONSO, Júlio Carlos. Passando em revista a segurança e a radioatividade no início do século XX. Disponível em: <https://www.abq.org.br/rqi/2014/746/RQI-746-pagina10-Artigo-de-Opinioao-Passando-em-revista-a-seguranca-e-a-radioatividade-no-inicio-do-seculo-XX.pdf> Acesso:31/03/2023

MAIA, Vinicius De Souza Barbosa. Urânio Depletado – Vantagens e Desvantagens de uma Aplicação Tecnológica. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/5769/1/Vinicius%20de%20Souza%20Barbosa%20Maia.pdf> Acesso:22/02/2023

MARTINS, Roberto de A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, p. 27-45, 1990.

NDALETI, Willian César et al. Cinética e equilíbrio secular das principais séries radioativas e suas implicações ambientais. Disponível em: <https://revistas.ufpel.edu.br/index.php/rbes/article/view/332/299> Acesso:17/03/2023.

NOVAIS, Stéfano Araújo. "Rádio (Ra)"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/elemento-radio.htm>. Acesso:31/03/2023.

OKUNO, Emico. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100014>. Acesso: 31/03/2023



**Endereço Eletrônico:**

Ítalo Marcelo dos Santos da Silva  
E-mail e.rocha1231.rr@gmail.com

Recebido em: 25 de Abril de 2023

Aceito em: 20 de Maio de 2023