



# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA

JÉSSICA VERGER NARDELI  
(ORGANIZADORA)





# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA

JÉSSICA VERGER NARDELI  
(ORGANIZADORA)

*2020 by Atena Editora*

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão



Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

C749 O conhecimento científico na química [recurso eletrônico] /  
Organizadora Jéssica Verger Nardeli. – Ponta Grossa, PR:  
Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
 Modo de acesso: World Wide Web.  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-86002-86-7  
 DOI 10.22533/at.ed.867200204

1. Química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger.

CDD 540

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A coleção “O Conhecimento Científico na Química” é uma obra que tem como foco principal a discussão e divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõe seus capítulos. A coleção abordará de forma categorizada trabalhos, pesquisas que transitam nos vários caminhos da química de forma aplicada, contextualizada e didática.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a identificação de inibidores do vírus do Zika; caracterização/ análise química e antioxidante de plantas com forte potencial de ser aplicado como antioxidante comercial; desenvolvimento de emulsões de maior estabilidade; pesquisas associadas a característica e aplicação da técnica de Raios-X; estudos que exploram propriedades dos óleos essenciais; apresentação de métodos concordantes com os princípios da química verde e metodologia no ensino da química desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, otimização de procedimentos e metodologias, dentre outras abordagens importantes na área de química, ensino e engenharia química. O avanço das pesquisas e divulgação dos resultados tem sido um fator importante para o desenvolvimento do conhecimento científico na química.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de química tecnológica, bacharel e licenciatura. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, aplicações de processos, caracterização com diferentes técnicas (microscopia, titulação, espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier e raios-X) substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Deste modo a obra “O Conhecimento Científico na Química” apresenta estudos fundamentados nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica por meio da publicação de trabalhos, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores explorarem e divulgarem seus resultados.

Jéssica Verger Nardeli



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS INIBIDORES DA PROTEASE NS2B-NS3 DO VÍRUS DO ZIKA POR DOCKING MOLECULAR	
Alessandra Bernardo de Oliveira Andreia do Socorros Silva da Costa Sebastião Gomes Silva Elaine Cristina Medeiros da Rocha João Augusto da Rocha Diego Raniere Nunes Lima Renato Araújo da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
AGREGAÇÃO DE VALOR A PLANTA DA REGIÃO DO LITORAL, <i>Ouratea fieldingiana</i> (GARDNER) ENGL.): ANÁLISE QUÍMICA E ANTIOXIDANTES	
Ana Raquel Araujo da Silva Israel Bezerra Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE NANOEMULSÕES A BASE DE QUITOSANA COM ÓLEO ESSENCIAL DE <i>cymbopogon winterianus</i> .	
Daniele Silva de Lisboa Henety Nascimento Pinheiro Ernandes Sávio Negreiros de Alcantara Micaele Ferreira Lima Emanuela Feitoza da Costa João Lucas Isidio Oliveira de Almeida Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO, COBALTO E NÍQUEL EM AMOSTRAS DE ALFACE APÓS PRÉ CONCENTRAÇÃO COM MICROEXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO DISPERSIVA COM SOLIDIFICAÇÃO DA GOTA ORGÂNICA SUSPensa (DLLME-SFO)	
Dilaine Suellen Caires Neves Valfredo Azevedo Lemos Marcos de Almeida Bezerra Rosivan dos Santos de Assis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
RADIAÇÃO X: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES	
Otavio Augusto Artifon Zanatta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>64</b>
COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E CITOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ARACÁ MIRIM ( <i>Psidium guineense</i> )	
Edimara Lima dos Santos Ananda Michelle Lima Jamile Silva da Costa	

Adenilson de Sousa Barroso  
Vilmara Fabrícia dos Santos Moura  
Laine Celestino Pinto  
Raquel Carvalho Montenegro  
Joyce Kelly do Rosário da Silva  
Rosa Helena Veras Mourão  
José Guilherme Soares Maia  
Pablo Luis Baia Figueiredo

**DOI 10.22533/at.ed.8672002046**

**CAPÍTULO 7 ..... 73**

IMPACTO DA APLICAÇÃO DE VÍDEO SOBRE ENSINO DE CIÊNCIAS PARA SURDOS COM ALUNOS DE ENSINO BÁSICO EM COLÉGIOS ESTADUAIS

Cristiana de Barcellos Passinato

**DOI 10.22533/at.ed.8672002047**

**CAPÍTULO 8 ..... 83**

PROEJA: PERCEPÇÕES E INTERVENÇÕES PARA OTIMIZAÇÃO DO ENSINO-APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA NO TÉCNICO EM AGROINDÚSTRIA

Rogério Pacheco Rodrigues  
Danielle Ferreira Tizzo  
Waldiclécio Ribeiro Farias  
Bárbara Nascimento Aud  
Anne Kamille Silva  
Jéssica Campos Silva  
Lucas Miranda Vieira  
Jordana Américo Zei Andrade  
Lucilene Cândida dos Santos  
Caroline Pâmella Ferreira Drigo  
Reginaldo Ferreira da Silva  
Natalia Lázara Gouveia

**DOI 10.22533/at.ed.8672002048**

**CAPÍTULO 9 ..... 94**

OBTENÇÃO DE CRISTAIS DE ALÚMEN DE CROMO E POTÁSSIO, TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE Cr(VI) E SUA REUTILIZAÇÃO NA ESMALTAÇÃO DE CERÂMICAS COMO PROPOSTA DE EXPERIMENTO NA GRADUAÇÃO

Alfredo Alberto Muxel  
Yara Karolini Cirilo

**DOI 10.22533/at.ed.8672002049**

**CAPÍTULO 10 ..... 100**

DIALÉTICA EDUCATIVA ENTRE TICs E EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: ABORDAGEM CTS

Eleonora Celli Carioca Arenare  
Maria de Fátima Vilhena da Silva  
Francisco Hermes Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.86720020410**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 117**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 118**



## RADIAÇÃO X: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

Data de aceite: 27/03/2020

**Otávio Augusto Artifon Zanatta**

**RESUMO:** Buscando realizar o estudo da radiação X, desde suas descobertas até sua aplicação na medicina, realizou-se uma pesquisa bibliográfica deste tema. Para essa análise, foram feitas pesquisas em livros e artigos, estudando-se como ocorreu o surgimento destes raios, e a importância destes para os dias de hoje. Em base disso, entenderemos o porquê da necessidade de um profissional formado em Física estar presente em clínicas. Estudamos os conceitos e aplicações da radiação X e da radiologia, a importância e o avanço da medicina através destas descobertas, assim como ocorre a emissão da radiação e a interação da mesma com a matéria, o risco que podem trazer a quem está exposto a elas e suas consequências. Os raios X apresentam características e propriedades interessantes, por exemplo, em um exame comum de radiografia, no momento em que ocorre a interação dos raios X com as células humanas, podem ocorrer a alteração destas, causando lesões na região afetada, esta lesão pode ser percebida no momento da exposição aos raios, ou pode aparecer anos

após a exposição. Em suma, acredita-se que a aplicação das radiações ionizantes, quando usadas corretamente, podem prevenir futuros danos biológicos, mas seu mau uso pode causar problemas sérios a quem foi exposto a eles.

**PALAVRAS-CHAVE:** Raios X; Fótons; Elétrons.

### 1 | INTRODUÇÃO

A descoberta dos raios X foi de grande importância para a medicina, porém alguns meses após a descoberta dos raios X, ocorreram as primeiras lesões nas pessoas que foram submetidas à diagnósticos através destes raios. As lesões podem ser adquiridas minutos ou anos após a exposição aos raios, dependendo dos sintomas. Esses danos são os chamados efeitos biológicos, os quais são uma reação do organismo que foi exposto. Nem todos esses efeitos são danosos ao corpo, pois se a quantidade de lesões for pequena, o organismo pode recuperar-se dos danos.

Com intuito de conhecer a origem e aplicação dos raios X, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre este tema, que, quando descoberto, instigou muito os físicos,

os quais estavam entusiasmados em conhecer esses novos raios. Buscamos, conhecer qualitativamente e quantitativamente alguns aspectos e características desta radiação, compreendendo quais as faixas de energias ligadas a esse processo de produção de radiação, abordando cálculos de energia e comprimento de onda dos fótons, deduzindo equações, e obtendo resultados sobre a capacidade de penetração destes, em relação a número de fótons e intensidade destes.

Através da pesquisa teremos como objetivo compreender quais os tipos de produção dos raios X e os espectros que cada uma formam, entendendo como é formada uma imagem radiológica, através da interação dos elétrons com a matéria, investigando qual faixa de radiação pode prejudicar de maneira maior quem está sendo exposto a ela, e se há possibilidade de acarretar algum problema ao paciente e ao médico, como o câncer.

Ao longo do texto vamos explorar aspectos das aplicações dos raios X em equipamentos. Estudando o funcionamento e a necessidade de blindagem por parte destes equipamentos.

## 2 | DESCOBERTA DA RADIAÇÃO X

A descoberta dos raios X iniciou-se em meados de 1892, quando o físico alemão, Heinrich Hertz, estudava os raios catódicos, sendo o primeiro a enunciar que estes eram capazes de atravessar folhas finas de metal, ao estudá-los dentro de um tubo de descarga [8]. Lenard, assistente de Hertz, modificou o tubo de raios catódicos, onde colocou nele uma janela de alumínio, buscando observar se estes raios saíam através da janela para fora do tubo. Para realizar essa observação, colocou uma placa fluorescente onde observou que próxima ao tubo brilhava, e percebeu que, até uma distância de 8 centímetros do tubo, a luminescência persistia [7].

Wilhelm C. Roentgen, começou a estudar esse fenômeno que até então era algo novo. Buscando fazer com que a luminescência gerada no vidro não interferisse no fenômeno que ele queria observar sobre uma placa pintada de platino cianeto de bário, Roentgen embrulhou o tubo de raios catódicos. Após embrulhar o tubo, desligou a luz e afastou a placa até cerca de dois metros do tubo, e analisou que a fluorescência na placa persistia. Então, começou a ligar e desligar o tubo, e verificou que, quando desligava o tubo, a placa parava de brilhar [7]. Concluiu que isto não era efeito dos raios catódicos, pois ele foi além da faixa de propagação destes raios, e esses novos raios eram originados no vidro, no local onde os raios catódicos incidiam.

Percebeu que algo estava saindo da caixa e fazendo este material brilhar, e o que mais lhe frustrou foi o aparecimento de uma sombra, que parecia ter sido



produzida por algum fio metálico [9]. Na figura abaixo temos os tubos de Crookes, os quais geraram os raios X observados por Roentgen.

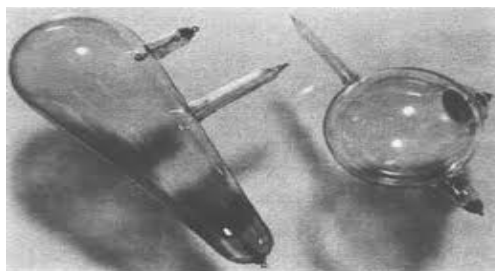


Figura 1: Tubos de Crookes. [5]

Roentgen continuou seus estudos, e em menos de um ano da observação deste fenômeno desconhecido, conseguiu obter as características destes raios, sendo elas: se propagavam em linha reta, podiam penetrar diversos materiais, sensibilizavam chapas fotográficas e não podiam ser desviados por campos magnéticos [8]. Analisou que todos os materiais são transparentes aos raios X, e que essa transparência era inversamente proporcional à densidade de cada material [12]. Concluiu que estes raios não eram conhecidos, pois não eram luz, nem radiação eletromagnética e muito menos raios catódicos, era algo novo, e chamou-os de raios X [9].

Após dois anos de estudos, em 1895, escreveu seu primeiro artigo, abordando as propriedades destes raios e, em um mês toda comunidade científica já estava sabendo de seu trabalho e vários laboratórios já estavam produzindo os raios X [8]. Juntamente ao artigo, já tinham algumas imagem radiográficas, como a da mão de sua esposa (Figura 2) [9].



Figura 2: Radiografia da mão da esposa de Roentgen.

Contudo, Roentgen não conseguiu descobrir como eram originados os raios X. No ano de 1912, o físico Max von Laue, estabeleceu que os raios X eram ondas eletromagnéticas de comprimento muito menor que o da luz, e obteve isso realizando

experimentos com cristais, os quais funcionam como uma rede de difração para raios X [7].

### 3 | GERAÇÃO CARACTERÍSTICAS DOS RAIOS X

#### 3.1 Produção dos Raios X

No tubo de raios X, elétrons são emitidos aquecendo o cátodo e são acelerados por uma tensão de milhares de volts, e se chocam em uma placa metálica. Isso causa a desaceleração dos elétrons, e assim, a emissão da radiação X. O cátodo é o eletrodo negativo, onde os elétrons são acelerados em direção ao ânodo, o eletrodo positivo. O tubo de raios X converte energia elétrica em radiação eletromagnética. Os elétrons acelerados geram calor e raios X, dos elétrons que colidem com o alvo, cerca de 99% geram calor, e apenas 1% geram fótons de raios X [6].

Um elétron que passa perto do núcleo, sofre atração pela força coulombiana deste, sofrendo uma aceleração e causando mudança de sua trajetória. Durante a aceleração, sua energia é alterada, ficando menor, ou seja, o elétron perde energia. Contudo, essa energia perdida não desaparece, ela se transforma em um fóton de raio X, que possui a seguinte energia:

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

onde  $E_f = K - K'$ , sendo a energia do fóton (variação da energia do elétron),  $h$  a constante de Planck,  $c$  a velocidade da luz e  $\lambda$  o comprimento de onda do fóton de raio X [8].

As energias que os elétrons perdem dependem da interação do elétron com o núcleo, geralmente chegando ao repouso depois de diversas colisões. O comprimento de onda do fóton pode ir de um mínimo até ao infinito. O menor comprimento de onda de um fóton é produzido quando um elétron perde toda sua energia em uma colisão, e com isso:

$$E_f = K = eV$$

Substituindo na equação 1:

$$\lambda_{\text{mín}} = \frac{hc}{eV} \quad (2)$$

Sendo  $V$  a ddp aplicada ao todo, e  $e$  a carga elementar de uma partícula [8].



Temos dois tipos de produção de raios X, sendo um produzido através da desaceleração dos elétrons (*bremstrahlung*), a qual gera o espectro contínuo, e a produção de raio-x discreto, o qual gera um espectro característico [9]. O primeiro caso de produção de raio X acontece quando elétrons são emitidos pelo cátodo, acelerados por uma tensão na casa dos milhares de volts, e são direcionados ao ânodo, um alvo metálico, e se chocam com o material. Nesse choque, os elétrons são acelerados pela atração coulombiana que sofrem pelos átomos do material, ocorrendo uma deflexão de sua trajetória, e assim o elétron acaba por perder parte ou toda sua energia, ocorrendo a emissão da radiação X. Este fóton de raio X pode assumir qualquer valor de energia até o valor máximo de energia cinética do elétron que incidiu na placa, formando assim um espectro contínuo (*bremstrahlung*) [9]. A energia do fóton gerado por *bremstrahlung* é dada pela equação 1.

A emissão da radiação X discreta ocorre quando elétrons são emitidos e acelerados para o ânodo, onde se chocam contra o material, neste momento, o elétron incidente interage com os elétrons do átomo do ânodo, ocorrendo uma colisão, e o elétron do material é arrancado do átomo, e ali se cria uma lacuna, um espaço “vazio”. A tendência dos elétrons de níveis de maiores energia, é ocupar os níveis de mais baixa energia, e na mudança de nível o elétron acaba perdendo energia, a energia que ele perde se transforma em um fóton de raio X característico [9]. Quando levamos em consideração a emissão de raio X discreta, a qual forma um espectro característico, a energia do fóton é igual a diferença dos níveis de energia ocupados pelo elétron no início e no final do movimento [7]. Abaixo, a equação que descreve isso:

$$E_f = E_{nf} - E_{ni} \quad (3)$$

Contudo, quando raios X são incididos em um alvo, surge um espectro de raios X contínuo, e sobreposto a esse, surge linhas características, as quais dependem do material que constitui o alvo [9]. Para exemplificar, imaginamos um elétron acelerado, o qual incide ao alvo com uma energia cinética de 35keV, este pode gerar um fóton de *bremstrahlung* com uma energia entre 0 a 35keV, e um fóton de radiação característica, onde a energia deste dependerá apenas do material do alvo.

### 3.2 Interação dos raios X com a matéria

Após as descobertas dos raios X, ocorreram lesões em pessoas que foram expostas à esta radiação. Tais danos são causados através da interação da radiação ionizante com a matéria. A área que estuda a interação da radiação ionizante com a

matéria é denominada Física das Radiações, com interesse no resultado da interação e da transferência de energia da radiação para o meio, sendo que interação é a ação de uma força e o efeito causado por essa ação. Radiação ionizante é qualquer radiação que pode remover elétrons de átomos e moléculas [13].

A radiação eletromagnética é tratada como um conjunto de partículas, os fótons, os quais interagem pela ação do campo elétrico e magnético. Após a colisão de um fóton, o mesmo pode transferir energia para outras partículas [13].

As interações relacionadas aos raios X são [13]:

- Efeito Compton: Ocorre o espalhamento do fóton por um elétron livre do material, o fóton que incide no material transfere parte de sua energia ao elétron, e outro fóton é gerado pela energia restante e espalhado.
- Efeito fotoelétrico (Figura 7): O fóton é absorvido pelo átomo e um elétron é liberado para se mover no material. A energia cinética adquirida por esse elétron é a diferença entre a energia do fóton e a energia de ligação do elétron ao átomo. Este efeito ocorre em mais baixas energias de fóton;
- Produção de pares elétron-pósitron (Figura 7): o fóton é absorvido e toda sua energia é convertida em massa de repouso e energia cinética de um par elétron-pósitron.

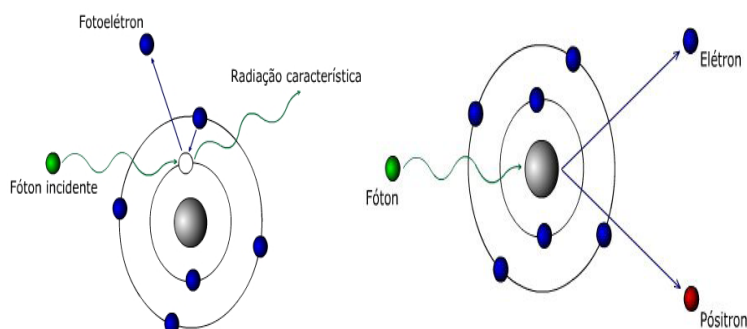


Figura 7: Efeito fotoelétrico e Produção de pares [10].

A interação depende do número atômico do material, da energia do fóton, da distância e da trajetória da partícula, espessura do material e o alcance da partícula. Em uma passagem de partículas pela matéria, ocorrem sequências de interações, e as partículas perdem pequenas frações de energia, até serem freadas e não mais consideradas radiações ionizantes [13].

#### 4 | APLICAÇÕES DOS RAIOS X NA MEDICINA

Os raios X são muito utilizado na radiologia intervencionista, sendo ela, procedimentos que compreendem intervenções diagnósticas e terapêuticas guiadas por acesso percutâneo, usando a imagem fluoroscópica para localizar a lesão ou local de tratamento [2].

Utiliza-se equipamentos de raios X para diagnóstico de imagem de diversos problemas, os quais necessitam ser observadas as partes internas do corpo. As principais aplicações estão em traumatologia e ortopedia, obtendo imagem do esqueleto, e diagnóstico pulmonares [6].

A produção de raios X para o uso médico se utiliza, na maioria dos casos, do processo de *bremstrahlung*, onde um feixe de elétrons incide em um alvo de número atômico alto, geralmente Tungstênio, e espessura maior que o alcance dos elétrons.

Quando os fótons passam através da matéria, há possibilidade, ou não, de interação. Se há interação, ela pode ocorrer de duas maneiras, a radiação pode ser totalmente absorvida, ou a radiação pode ser parcialmente absorvida, e neste caso, é espalhada. Quando a radiação é absorvida, além do paciente absorver uma quantidade de radiação, também é gerada a imagem. Quando a radiação é parcialmente absorvida e espalhada, o paciente absorve uma quantidade de radiação e a imagem é prejudicada [6].

Na radiografia, os raios X formam imagens com pontos de maiores e menores intensidades. Isso acontece pois os tecidos do corpo absorvem os raios X de maneiras diferentes, sendo que os tecidos mais absorvedores ficam com um menor contraste na imagem produzida [6]. Neste mesmo sentido, podemos observar que elementos com maiores números atômicos absorvem mais os raios X, e os elementos com menores números atômicos, absorvem pouca radiação X [7].

Para um diagnóstico eficiente e uma boa formação na imagem, é essencial que tanto o posicionamento do objeto, quanto o posicionamento do feixe incidente, são de extrema importância. O posicionamento é referente a estrutura que você quer analisar, pois a imagem formada é de uma estrutura volumétrica, e a posição é que trará uma melhor ou pior nitidez do problema na imagem, e onde este se encontra, pois o especialista, ao observar a imagem, observa a estrutura e alteração referente ao material analisado [6].

A análise da imagem é feita da análise dos contrastes entre as estruturas. Por conta disso, para observar de maneira efetiva a posição do material que se busca encontrar, é indicado que ocorra a geração de duas imagens, uma frontal e outra lateral, para evitar que órgãos de maiores densidades se sobreponham a órgãos de menores densidades [6]. Para uma melhor visualização, observamos a figura abaixo:





Figura 9: Imagem frontal e lateral do crânio [3].

Vimos que, na imagem frontal do crânio, não é tão perceptível alguns problemas que é facilmente visualizado na segunda imagem, como o problema na arcada dentária do paciente.

#### 4.1 Fluoroscopia

A fluoroscopia proporciona imagem em tempo real, a imagem gerada pela fonte de raio X é formada em uma tela fluorescente, e um intensificador de imagem a transforma em imagem luminosa [1].

Os componentes do equipamento são (Figura 9):

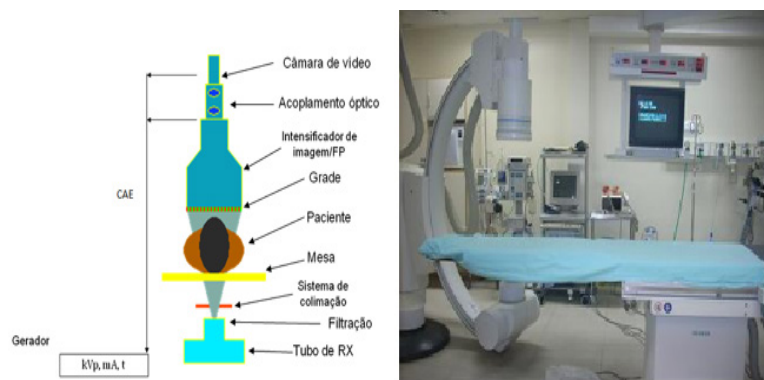


Figura 9: Componentes de um equipamento fluoroscópico [2].

- Gerador de raios X: produz os feixes de raio X, controla o tempo de exposição, a energia e a taxa de dose;
- Tubo de raio X: possui dois eletrodos metálicos, o cátodo e o anodo. O cátodo emite elétrons, estes elétrons são acelerados e atraídos ao anodo, e ao atingir o material do anodo, produz raios X e calor;
- Grade: reduz a radiação espalhada e aumenta o contraste da imagem;
- Tubo intensificador da imagem: converte uma imagem de baixa intensidade para uma de alta intensidade;
- Diafragma de luz: garante que a câmera receba a mesma intensidade de

sinal de luz;

- Câmera de vídeo: produz a imagem que aparecerá no monitor.

É de grande importância que estes equipamentos de raios X tenham uma forte blindagem, para que assim evitem que a radiação saia para fora do equipamento e prejudique quem esteja aos arredores da sala e do centro de imagem.

## 5 | EFEITOS BIOLÓGICOS

Após a descoberta dos raios X e sua aplicação na medicina, não levou muito tempo para que começassem a surgir seus efeitos biológicos, pois iniciou-se um uso desenfreado destes, e na época não havia o controle de intensidade do feixe, prejudicando tanto os médicos, quanto os pacientes. Os principais efeitos que causam danos ao ser humano, são tomados enquanto a natureza dos raios X, sendo observados efeitos estocásticos ou determinísticos. O que vamos abordar logo em seguida [7].

- Efeito estocástico: ocorre alterações nas células normais. Pode ocorrer câncer na pessoa que recebeu a radiação, ou esta radiação pode afetar as células germinativas, e o efeito pode ser passado para os filhos da pessoa que foi irradiada. Pode ser causado por uma dose alta ou baixa;
- Efeito determinístico (Figura 10): Produzidos por doses mais elevadas, as quais causam a queima do tecido, causando a morte das células.

Essas lesões podem não aparecer logo após o exame, como o câncer, por exemplo, poderá surgir após 40 anos. Através da pesquisa, obtivemos conhecimento que sete anos após a descoberta dos raios X, houve o primeiro caso de câncer induzido pela utilização exagerada da radiação ionizante.



Figura 10: Efeito determinístico em paciente (ulceração nas costas) e em profissional (opacidade do cristalino) [1].

Contudo, todas essas lesões e efeitos podem ser minimizados conhecendo a quantidade de radiação que sai do tubo de raio X, a quantidade que chega ao paciente, conhecer a dose média nos órgãos e tecidos em risco, a qualidade da imagem necessária para a intervenção, avaliar o desempenho do equipamento de raio X. Portanto, fazer o uso racional dos raios X.

## 6 | ALGUMAS PROPRIEDADES QUANTITATIVAS DOS RAIOS X

O físico Max von Laue, no ano de 1912, propõe que os comprimentos de onda dos raios X são da mesma ordem que os espaçamentos de átomos de cristais. Seguindo essa ideia, Willian L. Bragg obtém um método para análise de difração dos raios X pelos cristais, onde analisa a interferência dos raios X difratados. Ele obteve que ondas difratadas por dois átomos, próximos em um mesmo plano, interferem de forma construtiva, independente de seu comprimento de onda, quando o ângulo de difração é o mesmo que o de incidência, e as ondas difratadas por átomos, com o mesmo ângulo, estarão em fase, somente se a diferença entre os percursos for igual a um número inteiro de comprimento de onda. Para satisfazer essa condição, tem-se uma equação denominada condição de Bragg:

$$m\lambda = 2d \sin \theta$$

sendo m um número inteiro.

Os resultados de medidas da intensidade dos raios X em função de seus comprimentos de onda, são impressionantes, levando em consideração a mecânica clássica, pois apenas consegue responder uma, das três características observadas em relação aos espectros de raios X. A primeira característica observada, diz que, o espectro possui uma série de linhas estreitas, relacionadas a um espectro característico, que estão sobrepostas a um espectro contínuo, chamado de *bremstrahlung*, sendo o espectro contínuo outra característica observada. A terceira característica observada, é que o espectro contínuo possui um comprimento de onda de corte, dado por  $\lambda_{\min} = hc/eV$ , o qual não depende do material, mas sim, da tensão aplicada, ou seja, se relaciona com a energia dos elétrons incidentes [12], para ocorrer a emissão de um raio X característico, é necessário que o elétron tenha energia maior que a camada de energia da órbita do elétron do átomo [7].

Os físicos explicaram os espectros contínuos pela aceleração que os elétrons sofriam pelos campos elétricos dos átomos do alvo, ou seja, pela deflexão da trajetória dos elétrons que se aproximavam dos átomos. O que a teoria clássica não conseguia explicar, estava relacionado ao espectro característico, pois esses espectros eram sempre os mesmo, para um mesmo material, mas essas linhas espectrais não apareciam para  $\lambda_{\min}$  maiores do que o comprimento de onda da linha



[12]. Podemos ver isso na imagem abaixo:

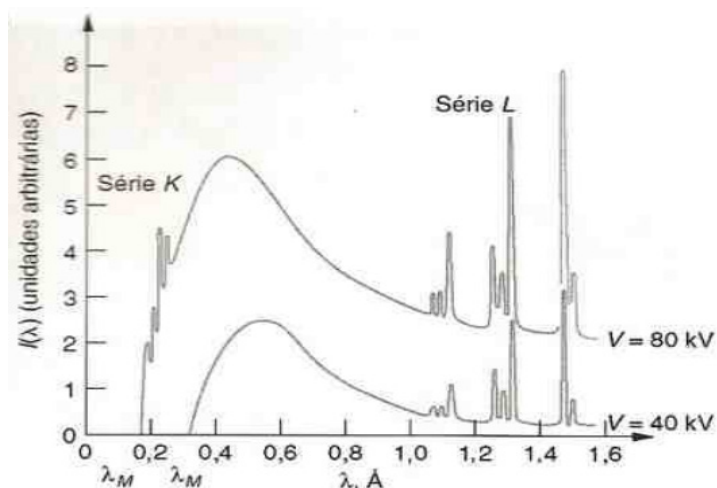


Figura 12: Espectros característicos para diferentes valores de potenciais aplicados [12].

Percebe-se que quando o potencial muda de 80kV para 40kV, o comprimento de onda mínimo aumenta, e as linhas espectrais somem na parte esquerda, onde temos a série denominada K. A origem das linhas eram um mistério para a física clássica, e esse fenômeno só foi explicado pela descoberta do átomo nuclear [12].

Após o desenvolvimento do método para obter espectros de raios X, feita por Bragg, Moseley mediu por volta de 40 espectros de diferentes elementos, e as posições das linhas espectrais variavam de forma regular, de acordo com cada elemento, e relacionou isso com as transições eletrônicas que ocorriam mais próximas ao núcleo. As energias dos elétrons mais próximos do núcleo, não dependem das interações com elétrons externos, ou seja, que estão mais distantes do núcleo [12].

O fenômeno descrito por Moseley ocorre quando há a produção de raios X discretos. Através das medições e observações dos comprimentos de onda de raios X característicos, Moseley cria o conceito de número atômico  $Z$ , em 1915. O físico encontrou uma regularidade nos espectros de diversos materiais, e observou que quando traçava um gráfico de  $\frac{1}{\lambda}$  em função  $\sqrt{f}$  do número atômico dos materiais, obtinha uma reta. Concluiu que há uma grandeza, relacionada ao átomo, que aumenta de acordo com que passa de um elemento para outro, e essa grandeza seria a carga do núcleo do átomo, o qual chamou de número atômico ( $Z$ ) [9].

Com base na relação de Borh, a qual explica de maneira precisa o que Moseley apresentou, podemos calcular a frequência da radiação de um fóton emitido pela transição eletrônica do nível dois para o nível 1 [9]. Sendo a relação de Borh:

$$E_n = -\frac{Z^2 E_0}{n^2} \quad (4)$$

Fazendo a diferença de energia entre os níveis  $n$  e  $n_0$ , temos que:

$$\Delta E = -E_0 Z^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_0^2} \right)$$

Tomamos  $n_0 = 2$  e  $n$ , e vamos obter:

$$\Delta E = \frac{3E_0}{4} Z^2 \quad (5)$$

A carga efetiva que gera o campo elétrico sobre o elétron é dada pela atração pelo campo elétrico do núcleo e a carga do elétron da camada K [12]:

$$Z_{ef} = Ze - e = (Z - 1)e$$

Substituindo (Z-1) em 5:

$$\Delta E = \frac{3E_0}{4} (Z - 1)^2 \quad (6)$$

Sabe-se que  $\Delta E/h = f$ , substituindo em 6:

$$f = \frac{3E_0}{4h} (Z - 1)^2$$

Como Moseley disse que a raiz da frequência nos dá um gráfico linear, temos:

$$\sqrt{f} = \sqrt{\left(\frac{3E_0}{4h}\right)} (Z - 1)$$

E após essa demonstração, concluímos que esse resultado é concordante com o que Moseley obteve de maneira experimental, sendo o termo da raiz constante.

### 6.1 Atenuação do feixe de raios x

Os raios X, ao atravessarem um material, perdem tanto sua quantidade de raios, quanto a intensidade, ou seja, o feixe de raio, X sai do material, mais fraco. Neste caso, estudamos a atenuação de um feixe monoenergético, onde a atenuação se refere à diminuição do número de fótons [7]. Para chegar até a lei que descreve essa atenuação, devemos levar em conta que:

$$\frac{dI}{dx} \propto I \quad (7)$$

Sendo assim, temos que, a taxa de diminuição da intensidade do feixe de

raio X em relação à distância, é proporcional à intensidade feixe. Resolvendo isto através de resolução de Equação Diferencial Ordinária de 1ª Ordem. Temos que:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (8)$$

onde  $I$  e  $I_0$ , são as intensidades, depois e antes do feixe passar pelo material de espessura  $x$  e o coeficiente de atenuação linear do material [7].

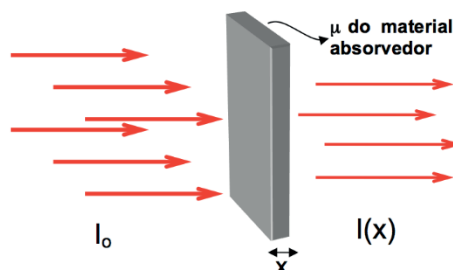


Figura 13: Atenuação de um feixe de raios X [11].

A equação (9) também pode ser escrita da seguinte forma:

$$N = N_0 e^{-\mu x} \quad (10)$$

onde  $N$  e  $N_0$  são, respectivamente, o número de fótons do feixe antes e depois de atravessar o material [7].

O interessante em observar as equações 9 e 10, é que a intensidade ou número de fótons só será zero se, e somente se, a espessura do material tender ao infinito, e isso nos traz a seguinte conclusão, é impossível bloquear totalmente os raios X. Para uma boa blindagem, são usados elementos com coeficiente de atenuação linear alto, sendo a maioria das blindagens constituídas por chumbo.

Com a equação 9 podemos calcular a espessura de um material que reduzirá a intensidade da radiação pela metade, essa espessura se chama camada semirredutora (CSR) [7]. Sendo assim, vamos calcular essa espessura em relação ao coeficiente de atenuação linear:

$$I = \frac{I_0}{2} = I_0 e^{-\mu x_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\mu x_{1/2}}$$

$$\ln 2 = 0,693 = \mu x_{1/2}$$

$$x_{1/2} = \frac{\mu}{0,693} \quad (11)$$

A CSR ( $X_{1/2}$ ) é diretamente proporcional à atenuação linear do material. Quanto maior o coeficiente de atenuação, menor a espessura necessária para o bloqueio da metade dos raios.

## 7 | CONCLUSÃO

Após a descoberta dos raios X por Roentgen, a física teve um grande avanço na área da medicina. Os raios X foram descobertos após estudos iniciados por Heinrich Hertz, quando estudava os raios catódicos, e seu assistente, Lenard, começou a perceber que alguns raios saiam do tubo e avançavam além da faixa de propagação dos raios catódicos. Assim, Roentgen buscou isolar o tubo de descarga para bloquear todos os raios que não seriam os catódicos, porém, o que ele não sabia, é que os raios observados por Lenard não eram os catódicos e, novamente, Roentgen observou que alguns raios estavam propagando-se além da linha de projeção dos raios catódicos, e estes raios sensibilizavam chapas fotográficas e faziam que alguns materiais brilhassem. Roentgen descobriu algumas características dos raios, observando que estes eram diferentes de toda radiação já conhecida, era algo novo, e por isso os denominou de raios X.

As pesquisas desenvolvidas relacionadas a produção de raios X foram de grande importância para a descoberta da radioatividade, feita por Becquerel, o qual observou que os raios gama possuem propriedades semelhantes aos raios X, a diferença entre estas está que, a radiação gama é proveniente do núcleo de átomos radioativos, e a radiação X se origina através da transformação da energia elétrica em radiação eletromagnética.

Entendendo a descoberta dos raios X, podemos compreender que os raios X podem possuir espectro característico e contínuo, sendo o primeiro causado por transições eletrônicas, e o último é causado pela desaceleração atômica. O espectro contínuo é mais usado na medicina.

Na faixa de energia que inclui os raios X, há várias interações possíveis com o átomo ou com os elétrons, mas também há possibilidade de não ocorrer a interação. Com isso, percebe-se que os raios X podem atravessar um material sem modificá-lo e sem modificar-se. Por esse motivo observamos o contraste formado nas imagens produzidas pelos raios X.

Porém, após as descobertas dos raios X, começaram a ocorrer muitas lesões e acidentes por conta da radiação. Estas lesões ocorrem por conta da interação da radiação com a matéria, pois, sempre que uma pessoa está sendo exposta à radiação, esta estará interagindo com as moléculas da pele. Mas, não somente o paciente está correndo risco de sofrer uma lesão, pois os médicos também estão



expostos à radiação.

Conseguimos observar que não há como blindar totalmente um equipamento de raio X, pois vimos através da equação 9, que para blindar totalmente estes raios é necessário uma parede de espessura infinita, e isso é impossível. Para minimizar a passagem de radiação nas paredes dos equipamentos, são utilizados materiais de grande densidade, como o chumbo.

Por fim, percebemos que há vários efeitos possíveis de acontecer por conta da radiação, assim como o surgimento do câncer e da queima do tecido, no qual causam a morte das células. E por conta destes problemas, concluímos que a radiação pode sim salvar vidas e ter uma excelente aplicação dentro da medicina, mas sempre com seu uso racional e por um profissional especializado na área, o qual saberá lidar com a radiação.

## REFERÊNCIAS

[1] CANEVARO, Lucia. Aspectos físicos e técnicos da Radiologia Intervencionista. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 101-115, 2009. Disponível em: <<http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/50/v3n1p101>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

[2] CANEVARO, Lucia. **Radiologia Intervencionista**. Disponível em: <[http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Radiologia\\_intervencionista.pdf](http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Radiologia_intervencionista.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2018.

[3] DAVID. **Rotina de Crânio**. 2016. Disponível em: <<http://estudoradiografico.blogspot.com/2016/02/rotina-de-cranio.html>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

[4] Física e Química. **Átomo de hidrogênio e estrutura atômica**. 2010. Disponível em: <<http://fisicaquimicanet.blogspot.com/2010/01/atomo-de-hidrogenio-e-estrutura-atomica.html>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

[5] MARTINS, Roberto de Andrade. A descoberta dos Raios X: O primeiro comunicado de Rontgen. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Campinas, v. 20, n. 4, p.373-390, dez. 1998. Disponível em: <<http://www.imaginologia.com.br/dow/upload/historia/A-Descoberta-dos-Raios-X-O-primeiro-comunicado-de-Rontgen.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

[6] MOURÃO, Arnaldo Prata; OLIVEIRA, Fernando Amaral de. **Fundamentos de Radiologia e Imagem**. São Caetano do Sul, Sp: Difusão Editora, 2009.

[7] OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Física das radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 296p.

[8] PERUZZO, Jucimar. **Física e energia nuclear**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012. 376p.

[9] PERUZZO, Jucimar; POTTKER, Walmir Eno; PRADO, Thiago Gilberto do. **Física moderna e contemporânea: das teorias quânticas e relativísticas às fronteiras da física: volume 1**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013. 460p.

[10] QUOIRIN, Nilton Sergio Ramos. **Raios X**. 2009. Disponível em: <<http://www.oocities.org/tomografiademadeira/raiosx.html>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

[11] Técnico em Radiologia. **Atenuação de Raios X**. Disponível em: <<http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/>>

hipermidia/index.php/radiologia-convencional/principios-fisicosrx/atenuacao-de-raios-x>. Acesso em: 25 nov. 2019.

[12] TIPLER, Paul Allen; LLEWELLYN, Ralph A. **Física moderna**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. xii, 478 p.

[13] YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. **Revista Brasileira de Física Médica**, São Paulo, v. 3, n. 1, p.57-67, 2009. Disponível em: <<http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/viewFile/35/27>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abordagem CTS 100, 103, 104, 106, 108, 113, 114  
Ação antioxidante 10, 12, 16  
Alfa-Pinene 65  
Alúmen de cromo e potássio 94, 96, 98  
Análise Citotóxica 67  
Análise de sedimentação 27  
Análise química 66  
Antioxidantes 10, 11, 65, 71  
Atividade antioxidante 10, 13, 15, 17, 64, 66, 69, 70

### C

Cádmio 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46  
Caracterização das emulsões 23  
Carboximetil-quitosana 19, 20, 21, 22, 33  
Chemistry teaching 84  
Cobalto 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46  
Composição química 11, 34, 64, 66, 67  
Compostos fenólicos 10, 12, 16  
*Cymbopogon winterianus* 19, 20, 34

### D

Determinação do grau de substituição 22, 26  
Dialética educativa 100, 102  
DLLME-SFO 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44  
Docagem molecular 1, 3, 6, 7, 8

### E

Eficiência de encapsulamento 24, 25, 31, 33  
Emulsões 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34  
Energia de interação 4  
Ensino de ciências 73, 74, 104, 115  
Ensino de química 75, 83, 84, 86, 92, 93, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 114, 115, 116  
Esmaltação de cerâmicas 94, 97, 98  
Extração do óleo essencial 66

### F

Fitoquímica 11, 12, 17  
Fontes vegetais 11  
FTIR 117

## I

Identificação botânica 66

## L

Ligantes 3, 5, 6, 7, 8

## M

Metabólitos secundários 10, 11, 21

Microextração 35, 37, 38, 42, 46

Myrtaceae 64, 65, 66, 70, 72

## N

Nanoemulsões 19

Níquel 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46

NS2B-NS3 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9

## O

*Ouratea fieldingiana* 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17

## P

Perfil cinético de liberação 20, 25

PROEJA 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

## Q

Quitosana 19, 20, 21, 22, 27, 33

## R

Raios-X 62, 63

## T

Testes fitoquímicos 12

Theories of Learning 100, 101

Titulação potenciométrica 22, 26

Tratamento de resíduos de cromo (VI) 97

Tubos de Crookes 50

## Z

Zika 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9



 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**