



# A Produção do Conhecimento na Engenharia Biomédica

---

Nayara Araújo Cardoso  
Renan Rhonalty Rocha  
Maria Vitória Laurindo  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Nayara Araújo Cardoso**  
**Renan Rhonalty Rocha**  
**Maria Vitória Laurindo**  
(Organizadores)

# **A Produção do Conhecimento na Engenharia Biomédica**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
P964	A produção do conhecimento na engenharia biomédica [recurso eletrônico] / Organizadores Nayara Araújo Cardoso, Renan Rhonalty Rocha, Maria Vitória Laurindo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-382-8 DOI 10.22533/at.ed.828190106  1. Biomedicina – Pesquisa – Brasil. 2. Robótica. I. Cardoso, Nayara Araújo. II. Rocha, Renan Rhonalty. III. Laurindo, Maria Vitória.  CDD 610
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “A Produção do Conhecimento na Engenharia Biomédica” consiste em um livro de publicação da Atena Editora, com 21 capítulos em volume único, nos quais apresentam estratégias para as técnicas e tecnologias na produção de trabalho em saúde.

As Tecnologias em Saúde é um processo abrangente, por meio do qual são avaliados os impactos clínicos, sociais e econômicos das tecnologias em saúde, levando-se em consideração aspectos como eficácia, efetividade, segurança, custos, custo-efetividade, entre outros, a mesma deve ser compreendida como conjunto de ferramentas, entre elas as ações de trabalho, que põem em movimento uma ação transformadora da natureza. Desse modo, além dos equipamentos, devem ser incluídos os conhecimentos e ações necessárias para operá-los: o saber e seus procedimentos.

Entretanto, o sentido contemporâneo de tecnologia, portanto, diz respeito aos recursos materiais e imateriais dos atos técnicos e dos processos de trabalho, sem, contudo, fundir estas duas dimensões. Além disso, dado o grande desenvolvimento do saber técnico-científico dos dias atuais, este componente saber da tecnologia ganha qualidade estatuto social adicionais. Assim, novas tecnologias são lançadas no mercado todos os dias e com isso as demandas pela incorporação pelo sistema de saúde geradas pelas indústrias, pacientes e profissionais de saúde, têm crescido e continuará crescendo.

Com o intuito de colaborar com os dados já existentes na literatura, este volume traz atualizações sobre novas tecnologias que implementam melhores estratégias terapêuticas, que podem inovar o tratamento dos pacientes de um modo mais prático e resolutivo, assim esta obra é dedicada tanto à população de forma geral, quanto aos profissionais e estudantes da área da saúde. Dessa forma, os artigos apresentados neste volume abordam: aplicabilidade da robótica em terapia para reabilitação de pacientes com perdas de membros; jogo educativo para avaliação cognitivo-motor de deficientes intelectuais, avaliação da resposta da frequência cardíaca de adultos durante teste cardiopulmonar; tecnologias aplicadas à oftálmica como forma de melhorar a qualidade de vida; exposição à radiação ionizante em cirurgias ortopédicas; considerações sobre o espectro luminoso da descarga eletrocirúrgica; desenvolvimento de hidrogéis de quitosana associados a Ibuprofeno para liberação controlada; sistema de identificação de alimentos baseado em imagens de porções alimentares; a hemólise como fator interferente em parâmetros bioquímicos; planejamento em área estética de implante instalado tardiamente pós exodontia - relato de caso clínico e epidemiologia do Alzheimer.

Sendo assim, almejamos que este livro possa colaborar com informações relevantes aos estudantes e profissionais de saúde sobre diferentes tecnologias e técnicas aplicada à saúde, que podem ser usadas para aprimorar a prática profissional, e também para a população de forma geral, apresentando informações atuais sobre

técnicas e tecnologias aplicadas á saúde.

Nayara Araújo Cardoso

Renan Rhonalty Rocha

Maria Vitória Laurindo

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1 ..... 1** **APLICABILIDADE DA TERAPIA ROBÓTICA NA REABILITAÇÃO EM PÓS-OPERATÓRIO DE ESOFAGECTOMIA**

Daniela Santana Polati da Silveira  
Jéssica Peixoto de Araújo  
Maria Lúcia Pedroso Lourenço  
Pedro Melhado Trovo  
Renata Carvalho Cardoso

**DOI 10.22533/at.ed.8281901061**

### **CAPÍTULO 2 ..... 5** **ADAPTAÇÃO DE UM PROJETO DE ROBÔ HUMANOIDE IMPRESSO EM 3D EM UMA PRÓTESE SENSORIAL DE MEMBRO SUPERIOR**

Gustavo Pasqua de Oliveira Celani  
Roberto Luiz Assad Pinheiro  
Mariana Brandão Silvério  
Rani Sousa Alves  
Elisa Rennó Carneiro Dester  
Fabiano Valias de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.8281901062**

### **CAPÍTULO 3 ..... 14** **MAO3D - PROTETIZAÇÃO E REABILITAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR ADULTO COM A TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D**

Maria Elizete Kunkel  
Patrícia Bettiol Abe  
Marcelo Pasqua  
Israel Toledo Gonçalves  
Lucas de Macedo Pinheiro  
Sandra Maria Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.8281901063**

### **CAPÍTULO 4 ..... 30** **SISTEMA COMPUTADORIZADO PARA APRESENTAR AS VARIAÇÕES NO CENTRO DE MASSA NO DISCO PROPRIOCEPTIVO DE FREEMAN**

André Roberto Fernandes da Silva  
Antônio Vinícius de Moraes  
Leandro Lazzareschi  
Silvia Regina Matos da Silva Boschi  
Terigi Augusto Scardovelli  
Alessandro Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.8281901064**

### **CAPÍTULO 5 ..... 40** **ESPECTROSCOPIA RAMAN APLICADA NA OBSERVAÇÃO DE PRINCÍPIO ATIVO DE REPELENTE DE INSETOS NA PELE**

Michele Marin da Costa  
Landulfo Silveira Jr.  
Renato Amaro Zângaro  
Marcos Tadeu Tavares Pacheco  
João Dias da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.8281901065**

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>54</b>
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO COGNITIVO-MOTOR DE DEFICIENTES INTELLECTUAIS COM JOGO EDUCATIVO	
Letícia Gonçalves Segatto Mariana Cardoso Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8281901066</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>68</b>
UM NOVO ALGORITMO DE EVOLUÇÃO DIFERENCIAL BASEADO EM SIMULATED ANNEALING PARA RECONSTRUÇÃO DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA	
Reiga Ramalho Ribeiro Priscila Dias Mendonça	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8281901067</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>79</b>
SISTEMA BASEADO NA WEB DE ESPECIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS APLICADO EM RAIOS-X	
Walter Lima Ramirez Filho Lourdes Mattos Brasil	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8281901068</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>87</b>
A NEW MEASURE TO EVALUATE SUBTHRESHOLD RESONANCE IN NEURONS	
Rodrigo Felipe de Oliveira Pena Vinicius Lima Cordeiro Cesar Augusto Celis Ceballos Renan Oliveira Shimoura Antônio Carlos Roque da Silva Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8281901069</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>94</b>
REPEATABILITY OF GAIT RANGES OF MOTION IN THE PRESENCE OF STROKE	
Vanessa Lucas dos Santos Gisele Francini Devetak Elisangela Ferretti Manffra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010610</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>107</b>
AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ADULTOS DURANTE TESTE CARDIOPULMONAR	
Elisângela de Andrade Aoyama Vera Regina Fernandes da Silva Paz Marília Miranda Forte Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010611</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>113</b>
ASSISTIVE TECHNOLOGY OF OPHTHALMIC MEMBRANE OCCLUSIVE FROM NATURAL LATEX	
Jaqueline Alves Ribeiro Suéilia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010612</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>121</b>
VALORES DE EXTINÇÃO TOPOLÓGICOS PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DE IMAGENS DE FUNDO DE OLHO	
Alexandre Gonçalves Silva Marina Silva Fouto Angélica Moises Arthur Rangel Arthur	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010613</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>131</b>
EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE EM CIRURGIAS ORTOPÉDICAS	
Celso Júnio Aguiar Mendonça Frieda Saicla Barros Bertoldo Schneider Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>141</b>
CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESPECTRO LUMINOSO DA DESCARGA ELETROCIRÚRGICA	
Elton Dias Junior Evaldo Ribeiro Bertoldo Schneider Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>149</b>
DESENVOLVIMENTO DE HIDROGÉIS DE QUITOSANA ASSOCIADOS A IBUPROFENO PARA LIBERAÇÃO CONTROLADA	
Amanda de Castro Juraski Sônia Maria Malmonge Nasser Ali Daghasanli Juliana Kelmy Macário Barboza Daguano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>159</b>
SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE ALIMENTOS BASEADO EM IMAGENS DE PORÇÕES ALIMENTARES	
Yuri Malinowsky Shiga Kristy Soraya Coelho Joao da Silva Dias Giselle Lopes Ferrari Ronque	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>169</b>
A HEMÓLISE COMO FATOR INTERFERENTE EM PARÂMETROS BIOQUÍMICOS	
Luma Carolina Santos da Silva Graziéli Ferreira Carmargo Camilla Lazzaretti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010618</b>	

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>177</b>
DOENÇA DE ALZHEIMER: ESTIMATIVAS EM USUÁRIOS DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO/RS	
Cristiano Serrano Tubelo Filho	
Gabriel Corteze Netto	
Camilla Lazzaretti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010619</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>187</b>
UPPER LIMB EXOSKELETON BY PNEUMATIC MUSCLES	
Filipe Loyola Lopes	
Larissa Guimarães Veríssimo	
Elton Silva de Moraes	
Raphael Sander de Souza Pereira	
Rani de Souza Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>190</b>
PLANEJAMENTO EM ÁREA ESTÉTICA DE IMPLANTE INSTALADO TARDIAMENTE PÓS EXODONTIA – RELATO DE CASO CLINICO	
Edith Umasi Ramos	
Luan Pier Benetti	
Luiz Gustavo Cavalcanti Bastos	
André Carlos de Freitas	
Tainara Tejada Camacho	
Ana Paula farnezi Bassi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.82819010621</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>203</b>

## EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE EM CIRURGIAS ORTOPÉDICAS

### **Celso Júnio Aguiar Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, CPGEI Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Curitiba, Brasil.

### **Frieda Saicla Barros**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, PPGEB Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Curitiba, Brasil.

### **Bertoldo Schneider Júnior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, CPGEI Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Curitiba, Brasil.

**RESUMO:** Técnicas modernas em cirurgia ortopédica como as técnicas minimamente invasivas em procedimentos cirúrgicos utilizam cada vez mais de imagens fluoroscópicas durante os procedimentos operatórios apresentando um risco aos cirurgiões devido à exposição à radiação ionizante. Este artigo é uma revisão integrativa da literatura sobre exposição à radiação de cirurgiões ortopédicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiação Ionizante, Fluoroscopia, Radioproteção, Cirurgia Ortopédica.

**ABSTRACT:** Modern techniques in orthopedic surgery such as minimally invasive techniques in surgical procedures increasingly use

fluoroscopic images during operative procedures inducing a risk to surgeons due to exposure to ionizing radiation. This article is an integrative review of the literature on radiation exposure of orthopedic surgeons.

**KEYWORDS:** Ionizing Radiation, Fluoroscopy, Radioprotection, Orthopedic Surgery.

### 1 | INTRODUÇÃO

Com o avanço e desenvolvimento de técnicas em cirurgias ortopédicas, o uso de fluoroscópio (arco em C) tornou-se uma ferramenta importante na realização de procedimentos cirúrgicos menos mórbitos para os pacientes com a utilização, cada vez maior, de técnicas menos invasivas (MATITYAHU *et al.*, 2017). A utilização do fluoroscópio promove uma visualização das estruturas ósseas para colocação adequada do material de osteossíntese, além de diminuir o tempo cirúrgico (PALÁCIO *et al.*, 2014)(ANUPAM *et al.*, 2015). Equipes cirúrgicas de trauma ortopédico que utilizam técnicas de redução indireta de fraturas e utilizam técnicas de osteossíntese com princípios de estabilização relativa, além das equipes de reconstrução e alongamento ósseo que utilizam fixadores externos, são os profissionais ortopédicos que mais utilizam o

fluoroscópio, portanto, mais expostos à radiação ionizante (ANUPAM *et al.*, 2015). Com uso de técnicas minimamente invasivas os cirurgiões recebem uma dose maior de radiação ionizante comparado com procedimentos abertos (MATITYAHU *et al.*, 2017)(KESAVACHANDRAN; HAAMANN; NIENHAUS, 2012).

### **Objetivo:**

O objetivo deste estudo foi documentar que durante a atividade do cirurgião ortopédico a exposição da radiação ionizante é um fator de risco considerável a saúde deste profissional e mostrar como a legislação brasileira trata deste assunto.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi realizada uma revisão integrativa na literatura internacional em julho de 2018 nas seguintes bases de dados: Lilacs e Pubmed com as seguintes palavras chaves: *Radiation, Protection, Orthopedics* sendo selecionados 43 artigos na Bireme e 82 artigos no Pubmed e outra pesquisa com a sequência das palavras chaves: *Ionizing, Radiation, Protection, Orthopedic, Surgery* sendo selecionados Bireme 20 artigos Pubmed 27 artigos, sem estabelecer período de temporalidade. Para redação deste trabalho foram utilizados 13 artigos desta revisão.

Também foi realizado um levantamento de toda a legislação brasileira que trata da proteção radiológica dos trabalhadores na área de saúde: Resolução da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN 164/14, Norma Regulamentadora (NR) 16 e NR 32 do Ministério do Trabalho, e a Portaria SVS/MS nº 453/98 da ANVISA.

Foi incluído neste estudo um trabalho apresentado na International Joint Conference RADIO 26-29 de agosto de 2014 em Gramado – RS, Brasil.

## **3 | DISCUSSÃO**

De acordo com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) a proteção radiológica ou Radioproteção são o conjunto de medidas que visam a proteger o ser humano e seus descendentes contra possíveis efeitos indesejados causados pela radiação ionizante (BRASIL, 2014). Os efeitos a longo prazo de exposição a baixas doses ainda não são completamente conhecidos (MATITYAHU *et al.*, 2017). A radioproteção visa proteger qualquer tipo ou grau de exposição por parte do trabalhador, em nosso caso, o médico ortopedista, da radiação ionizante por ele exposto durante a realização de procedimento cirúrgico com uso de fluoroscópio. Existem 2 tipos de efeitos da radiação ionizante que pode atuar sobre o ortopedista em sua atividade laborativa. São eles:

- **Efeitos Determinísticos** - efeitos para os quais existe um limiar de dose absorvida necessário para sua ocorrência e cuja gravidade aumenta com o aumento da dose.
- **Efeitos Estocásticos** - efeitos para os quais não existe um limiar de dose para sua ocorrência e cuja probabilidade de ocorrência é uma função da dose. A gravidade desses efeitos é independente da dose [5].

De acordo com a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (International Commission on Radiological Protection - ICRP) e a norma do CNEN 164/14, existem 3 categorias de exposição: exposição ocupacional, exposição do público e exposição médica. O uso de fluoroscópio durante os procedimentos cirúrgicos ortopédicos gera exposição ao paciente, a equipe cirurgia e ao técnico de radiologia (operador do aparelho), devido à proximidade de todas estas pessoas a fonte emissora de radiação ionizante. Os fluoroscópios emitem dose de aproximadamente 5 rads por minuto (PALÁCIO *et al.*, 2014). A ICRP recomenda que o limite de exposição ocupacional anual não ultrapasse 20 mSv como média em 5 anos, com limite equivalente de dose para os olhos de 20 mSv e de 500 mSv para a pele, mãos e pés (MATITYAHU *et al.*, 2017).

No Brasil a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) regulamenta as normas de segurança para indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) a radiação ionizante, com relação as responsabilidades do empregador e do empregado. Estas normas incluem estabelecimento da estimativa das doses anuais, treinamento, medidas de proteção radiológica com o uso adequado de Equipamento de Proteção Individual - EPI (avental de chumbo, protetor de tireoide, óculos plumbíferos) monitoramento individual (dosímetros). Locais anatômicos como os olhos, glândula tireoide e mãos são mais vulneráveis a radiação considerando o uso limitado dos equipamentos de proteção individual nos procedimentos cirúrgicos (KESAVACHANDRAN; HAAMANN; NIENHAUS, 2012). Os aventais de chumbo e os protetores de tireoide são usados geralmente para reduzir a exposição da radiação durante a fluoroscopia, mas os dados sugerem que os olhos do cirurgião e mãos possam ser os locais de maior exposição pelo cirurgião (HOFFLE; ILYAS, 2015). A ICRP em 2007 publicou em relatório que os olhos podem ser mais radiosensíveis do que previamente havia sido pensado (BERNARD *et al.*, 2016). Kesavachandran *et al.* concluíram que apesar das atuais precauções contra radiação estarem adequadas mais estudos são necessários devido a variação da dose de radiação na equipe cirúrgica e nos diferentes locais anatômicos (KESAVACHANDRAN; HAAMANN; NIENHAUS, 2012).

Nas últimas décadas houve uma crescente utilização de técnicas minimamente invasivas, com menos desvitalização de partes moles, ocasionando menos morbidade para o paciente, utilizando para isto o fluoroscópio em arco em C para realização da maioria deste tipo de cirurgia (MATITYAHU *et al.*, 2017). Há um uso muito frequente

em áreas como o trauma ortopédico, em reconstrução e alongamento ósseo e em cirurgias da coluna vertebral. A exposição à radiação ionizante varia de acordo com a especialidade cirúrgica e com os diferentes procedimentos. Estudos mostram que entre os procedimentos cirúrgicos que são mais responsáveis pela exposição à radiação ionizante está a cirurgia para osteossíntese de fratura do fêmur com uso de haste intramedular (KESAVACHANDRAN; HAAMANN; NIENHAUS, 2012) e cirurgias da coluna vertebral (MATITYAHU *et al.*, 2017). Durante procedimentos cirúrgicos ortopédicos como colocação de haste intramedular, a exposição do cirurgião a radiação ionizante é considerável devido ao tempo de exposição para a realização do bloqueio da haste chegando a média de radiação por cirurgia de 100 milirems (SANDERS *et al.*, 1993).

Segundo Giordano *et al.* em seu estudo as doses de exposição do cirurgião que foram registradas sob um avental de chumbo atingiram o pico de 62 mrem (0,62 mSv), enquanto a dose de entrada da pele do paciente atingiu quase 270 mGy durante um período médio de fluoroscopia de 1,69 minutos. Embora esses níveis representem claramente valores sub-limiares para efeitos determinísticos (2 Gy) e baixa dose efetiva geral, eles são preocupantes haja vista o cirurgião realiza dezenas de cirurgias por ano (GIORDANO *et al.*, 2011).

O CNEN recomenda que a dose efetiva para indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) à radiação ionizante não deve exceder a dose limite de 20 mSv por ano em média, avaliada em 5 anos, considerando que a dose efetiva não deve exceder a 50 mSv em um único ano. Palácio *et al.* demonstraram em um estudo que durante o período de apenas 6 meses, os residentes do programa de residência médica em ortopedia e traumatologia receberam em média um quarto do máximo de dose permitida para o período de 1 ano. Este autor alega que há possibilidade de dose máxima permitida ser ultrapassada, pois os residentes realizam outros procedimentos cirúrgicos com uso do fluoroscópio além do tipo de procedimento cirúrgico realizado neste estudo (PALÁCIO *et al.*, 2014).

A quantidade de radiação exposta suficiente para o aumento do risco de doença ainda não é claro (HOFFLE; ILYAS, 2015). Segundo as diretrizes internacionais sobre o limite de exposição recomendados, os efeitos a longo prazo sobre a saúde devido à exposição intermitentes de baixas doses de radiação são desconhecidos (HOFFLE; ILYAS, 2015). Entretanto, uma vez que a dose efetiva é conhecida, o risco de fatal de neoplasia pode ser estimado. Uma probabilidade nominal de 5% por Sievert é geralmente estimada para uma população adulta (GIORDANO *et al.*, 2011). Vários estudos têm sido realizados na tentativa de se relacionar a exposição à radiação ionizante e doenças neoplásicas. Leuraud *et al.* publicaram um estudo coorte que fornece fortes evidências de associações positivas entre exposição prolongada de radiação de baixa dose e leucemia (LEURAUD *et al.*, 2015).

Lo *et al.* relataram em seu estudo que cada minuto de exposição (60 tiros) é equivalente a uma exposição de radiografia computadorizada ou 4rads de radiação e

que muitos cenários de fixação de fraturas peri-articulares requerem muitos minutos dessas exposições (LO; GOH; KHONG, 1996).

Zadeh e Briggs em 1997 concluíram que os níveis atuais de exposição ocupacional aos raios-X por cirurgiões ortopédicos podem não de estar associados a um risco aumentado de anomalias congênitas ou neoplasias infantis em seus filhos. Entretanto neste estudo foi observado a ocorrência de anormalidades congênitas em crianças de cirurgiões ortopédicos, obstetras e ginecologistas estudados sendo motivo de preocupação e pode estar relacionado com a exposição ocupacional ao ambiente do teatro de operações (ZADEH; BRIGGS, 1997).

De Melo *et al.* demonstraram que o uso irregular do dosímetro por parte dos médicos expostos a radiação ionizante durante procedimentos intervencionistas prejudicava a medição adequada da exposição. Foi realizada a análise das doses em 2 momentos: no primeiro não houve orientação quanto a necessidade de uso de dosímetro, no segundo os profissionais realizaram todos os procedimentos utilizando os dosímetros. O resultado do estudo mostrou uma dose efetiva média dos profissionais/ano de 8,60mSv no primeiro momento, contra uma dose de 27,41 mSv no segundo momento após uso regular do dosímetro, ultrapassando a taxa anual permitida pelo CNEN. A comparação resultou em um aumento de dose efetiva por profissional em quase 300% (DE MELO *et al.*, 2014).

Os cirurgiões podem minimizar a exposição através da compreensão da física básica da radiação de raios-X e maximizar todas as tecnologias de segurança que suas unidades de fluoroscopia específicas oferecem. As intervenções específicas incluem a alteração da configuração fluoroscópica e a posição do cirurgião para maximizar a distância da fonte de radiação, limitar a intensidade de radiação e o tempo de exposição, usar colimação, remover as mãos do caminho do feixe de radiação e usar equipamento de proteção pessoal (HOFFLE; ILYAS, 2015).

De acordo com o estudo de Valone *et al.*, a prevalência de câncer de mama é maior entre os cirurgiões ortopédicos do sexo feminino em comparação com a população geral de mulheres dos Estados Unidos da América (EUA). O local mais comum de câncer de mama, o quadrante externo superior, pode não estar adequadamente protegido da radiação intraoperatória. Fatores associados à maior exposição à radiação da mama (tamanho e tipo de avental de proteção, posição do cirurgião e posição do arco em C) ainda não foram estabelecidos. Concluem neste estudo que a exposição à radiação da mama é maior em uma projeção lateral do arco em C em comparação com uma projeção ântero-posterior. Fatores que podem reduzir a exposição à radiação incluem proteção de chumbo de tamanho apropriado para proteção das mamas e distanciamento da axila do campo operatório e do tubo de raios-X (VALONE *et al.*, 2016).

O cirurgião ortopédico exposto à fluoroscopia intraoperatória pode ter um risco de exposição à radiação e pode estar em maior risco de câncer induzido a exposição à radiação segundo Giordano *et al.* Este autor alega que “até que o acúmulo de radiação de grande volume seja melhor compreendido, recomendamos proteção de chumbo

para reduzir a exposição à radiação intraoperatória e distanciar-se da fonte de raios-X ao obter imagens laterais” (GIORDANO *et al.*, 2011) Desta maneira, o uso dos EPIs se torna necessário e obrigatório na tentativa de se neutralizar o risco da exposição à radiação ionizante.

Segundo Matityahu *et al.* em sua revisão sistemática cita que os efeitos a longo prazo de baixas doses de radiação ionizante aumentam o risco de neoplasias, catarata e possivelmente associado ao desenvolvimento de doenças hereditárias ou crônicas como doenças circulatórias ou imunes (MATITYAHU *et al.*, 2017).

Ainda em seu trabalho de revisão sistemática Matityahu *et al.* concluíram que com o uso crescente de imagens intraoperatórias, há uma necessidade crescente de uma conscientização do cirurgião a respeito da exposição a radiação ionizante. A exposição à radiação pode ser prejudicial e devem ser seguidos alguns procedimentos para minimizar a exposição. Este autor sugere algumas medidas que diminuem a exposição à radiação para a equipe cirúrgica:

- Manter as mãos fora de campo.
- Usar proteção de chumbo para a tireoide e o corpo.
- Manter a liderança entre o cirurgião e o operador do fluoroscópio.
- O aumento da distância do Arco em C ao cirurgião tem uma diminuição logarítmica da radiação até 2 m.
- Mover o tubo de radiação do lado do operador para o lado do paciente.
- Usar luvas plumbíferas.
- Usar óculos plumbíferos e
- Alterar do controle de exposição automático para o manual.

Como exposto anteriormente, a radioproteção da equipe cirúrgica depende do conhecimento da mesma sobre o assunto, do treinamento que a equipe recebeu para a utilização dos EPIs e uso adequado do aparelho de fluoroscopia. Neste sentido o uso inadequado do aparelho com grande tempo de exposição ou posicionamento inadequado do mesmo pode colocar em risco a saúde do cirurgião e da equipe cirúrgica. Muitas instituições Norte Americanas têm exigido certificados de funcionamento adequado dos aparelhos e certificação de treinamento dos profissionais que irão operar estes equipamentos (VALONE *et al.*, 2016).

### **3.1 Considerações sobre a Legislação Brasileira de Radioproteção:**

A legislação brasileira que regulamenta a exposição ocupacional a radiação ionizante são as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho: NR 16 - Atividades e Operações Perigosas (BRASIL, 2015) e NR 32 - Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde (BRASIL, 2011), a Portaria da ANVISA 453/98

(BRASIL, 1998) e a Resolução do CNEN 164/14 (BRASIL, 2014).

A portaria da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA 453/98 de 01 de junho de 1998 estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica e em radiodiagnóstico médico e odontológico, para assegurar os requisitos mínimos de proteção radiológica aos pacientes, aos profissionais e ao público em geral. Esta portaria considera as diretrizes básicas de vários órgãos internacionais e nacionais como, por exemplo, a ICRP e o CNEN. Um dos objetivos desta portaria é estabelecer parâmetros e regulamentar ações para o controle das exposições médicas e exposições ocupacionais. Considera-se como campo de aplicação desta portaria pessoas jurídicas e físicas, de direito privado e público. Estabelecem-se nesta portaria que as Secretarias de Vigilância Sanitária nos âmbitos federal, estadual e municipal são os órgãos reguladores e fiscalizadores da aplicação desta portaria. A portaria 453/98 estabelece de acordo com as resoluções do CNEN que devem ser controlados as exposições ocupacionais de cada indivíduo e que os valores limites não sejam excedidos, sendo que o controle deve ser realizado da seguinte forma:

- a) A dose efetiva média anual não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano.
- b) A dose equivalente anual não deve exceder 500 mSv para extremidades e 150 mSv para o cristalino.

Esta portaria também estabelece que os titulares e empregadores tenham a responsabilidade de prover a monitorização individual e o controle da saúde do pessoal ocupacionalmente exposto (com medida dos valores das doses registradas nos dosímetros mensalmente) e prover as vestimentas de proteção individual para a proteção dos pacientes e eventuais acompanhantes e da equipe de saúde. Além disto, de garantir que seja fornecida à equipe, por escrito, informação adequada sobre os riscos decorrentes das exposições médicas e das exposições ocupacionais.

A portaria da ANVISA 453/98 estabelece que todo equipamento de fluoroscopia deve possuir:

- Sistema de intensificação de imagem
- Dispositivo para selecionar um tempo acumulado na fluoroscopia. Este tempo não deve exceder 5 minutos sem que o dispositivo seja reajustado. Um alarme sonoro deve indicar o término do tempo pré-selecionado e continuar soando enquanto os raios-x são emitidos, até que o dispositivo seja reajustado. Decorridos 10 minutos sem que seja reajustado o dispositivo, a exposição será interrompida. Alternativamente, o dispositivo pode interromper a exposição ao final do tempo selecionado.
- Diafragma regulável para definir o feixe útil.
- Cortina ou saiate plumbífero inferior/lateral para a proteção do operador contra a radiação espalhada pelo paciente, com espessura não inferior a

0,5 mm equivalente de chumbo a 100 KVp.

- Sistema para impedir que a distância foco-pele seja inferior a 30 cm para equipamentos móveis.
- Sistema para garantir que o feixe de radiação seja completamente restrito à área do receptor de imagem e
- Um sinal sonoro contínuo quando o controle de “alto nível” estiver acionado.

Esta portaria estabelece com relação a proteção individual de todos os profissionais necessários na sala cirúrgica devem posicionar-se de tal forma que nenhuma parte do corpo incluindo extremidades seja atingida pelo feixe primário sem estar protegido por 0,5 mm equivalente de chumbo e que em eventuais palpações (posicionamento das mãos entre a fonte emissora de radiação e o corpo do paciente) devem ser realizadas somente com luvas plumbíferas com proteção não inferior ao equivalente a 0,25 mm de chumbo. Além disto, o tempo de exposição deve ser anotado nos assentamentos (prontuário) do paciente.

Apesar de existir uma legislação específica para a radioproteção em ambiente cirúrgico, estas diretrizes técnicas para a proteção da saúde ocupacional da equipe cirúrgica (principalmente o médico cirurgião ortopédico, que é o profissional que mais recebe a radiação dos feixes primários e secundários) são pouco implementadas neste meio por questões de falta de conhecimento e menosprezo pelos riscos desta exposição por parte dos profissionais e dos gestores. Cabe ressaltar que o médico ortopedista é exposto de maneira crônica e intermitente durante todo o período de sua carreira profissional o que pode durar em média 25 anos de trabalho.

A NR 16 considera em seu anexo como atividade e operações perigosas com radiações ionizantes ou substâncias radioativas atividades de operação de raios-X, com irradiadores de radiação gama, radiação beta ou radiação de nêutrons incluindo dentre outros diagnósticos médico e odontológico considerando como área de risco laboratório de testes, ensaios e calibração com as fontes de radiação descritas (BRASIL, 2015). Analisando esta norma regulamentadora (NR) que teve sua primeira publicação no Diário Oficial da União (DOU) em 06/07/78, e a última alteração em 08/01/15 percebe-se que esta NR encontra-se antiquada no sentido de caracterizar os profissionais de saúde que realizam procedimentos cirúrgicos e invasivos com a utilização de fluoroscopia, haja vista, dois aspectos importantes a serem considerados: o uso deste tipo de recurso diagnóstico é uma tecnologia cada dia mais utilizada em procedimentos cirúrgicos e intervencionistas, e o médico cirurgião ou intervencionista encontra-se mais exposto à radiação ionizante do que o técnico em radiologia que opera o aparelho de fluoroscopia, devido à grande proximidade do médico com a fonte emissora de radiação. Já a NR 32 estabelece com relação às radiações ionizantes que devem ser observados as disposições estabelecidas pelas normas específicas da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN e da Agência Nacional de Vigilância

Sanitária – ANVISA, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Da mesma forma que a NR 16, a NR 32 não é específica com relação a radioproteção dos médicos expostos a radiação ionizante, mas estabelece que os profissionais de saúde expostos a radiação ionizante devem utilizar dosímetros para monitorização individual e utilizarem os EPIs adequado para a realização da atividade laborativa.

## 4 | CONCLUSÃO

De acordo com a literatura apresentada neste estudo e de acordo com a legislação brasileira que regulamenta a radioproteção de profissionais expostos a radiação ionizante durante atividade laborativa, o cirurgião ortopédico enquadra-se dentre os profissionais expostos a este tipo de radiação. Realizando uma análise criteriosa sobre a legislação vigente no Brasil, conclui-se que existem falhas com relação a caracterização da exposição à radiação ionizante dos profissionais que realizam procedimentos cirúrgico e intervencionistas com uso de fluoroscópio. É necessária a realização de estudos e análises técnicas com vistas à modernização da legislação vigente com relação à radioproteção dos profissionais de saúde (cirurgiões e médicos intervencionistas) para que estes não sejam desassistidos em seus direitos.

## REFERÊNCIAS

- ANUPAM M. *et al.*: **Occupation radiation exposure from C arm fluoroscopy during common orthopedic surgical procedures and its prevention.** *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2015; 9(3): 1-4.
- BERNARD S. G. R. *et al.*: **Radiation protection of the eye lens in medical workers-basis an impact of the ICRP recomendations.** *Br J Radiolog.* 2016; 89(1060): 20151034.
- BRASIL. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica: Norma CNEN NN 3.01 / Resolução CNEN 164/14 de 11 de março de 2014. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>, Acesso em 29 de julho de 2018.
- BRASIL. Norma Regulamentadora NR 16 – Atividade e Operações Perigosas do Ministério do Trabalho de 08 de janeiro de 2015. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR16.pdf>>, Acesso em 29 de julho de 2018.
- BRASIL. Norma Regulamentadora NR 32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Serviço de Saúde do Ministério do Trabalho de 31 de agosto de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR32.pdf>>, Acesso em 29 de julho de 2018.
- BRASIL. Portaria ANVISA SVS/MS nº453/98 de 01 de junho de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em <[http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria\\_453.pdf](http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria_453.pdf)>, Acesso em 29 de julho de 2018.
- DE MELO F. A. *et al.*: **A importância do uso do dosímetro nos profissionais médicos no serviço de hemodinâmica.** *International Joint Conference RADIO 2014* Gramado, RS, Brazil 26-29 august 2014.

- DO K-H.: **General principles of radiation protection in fields diagnostic medical exposure.** *J Korean Med Sci.* 2016; 31: S6-9.
- GIORDANO B. D. *et al.*: **Radiation Exposure Issues in Orthopedics.** *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93 e69: 1-10.
- HOFFLE C. E., ILYAS A. M.: **Fluoroscopic radiation exposure. Are we protecting ourselves adequately?** *J Bone Joint Surg Am.* 2015; 97: 721-25.
- KESAVACHANDRAN C. N., HAAMANN F., NIENHAUS A.: **Radiation exposure for eyes, thyroid gland and hands in orthopedics staff: a systematic review.** *European Journal of Medical Research.* 2012; 1: 17-28.
- LEURAUD K. *et al.*: **Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): international cohort study.** *Lancet Haematol.* 2015; 2: e276-81.
- LO N. N., GOH P. S., KHONG K. S.: **Radiation dosage from use of the image intensifier in orthopaedic surgery.** *Singapore Med J* 1996; 37(1): 69–71.
- MATITYAHU A. *et al.*: **The Great Unknown: A systematic literature review about risk associated with intraoperative imaging during orthopaedic surgeries.** *Injury, Int. J. Care Injured.* 2017; 48(8): 1727-34.
- PALÁCIO E. P. *et al.*: **Exposure of the surgical to ionizing radiation during orthopedic surgical procedures.** *Rev Bras Ortop.* 2014; 49(3): 227-32.
- SANDERS R. *et al.*: **Exposure of the orthopedics surgeon to radiation.** *J Bone Joint Surg Am.* 1993; 75-A: 326-30.
- VALONE L. C. *et al.*: **Breast radiation exposure in female orthopedic surgeons.** *J Bone Joint Surg Am.* 2016; 98: 1808-13.
- ZADEH H. G., BRIGGS T. W. R.: **Ionising radiation: are orthopedic surgeon's offspring at risk?** *Ann R Coll Surg Engl.* 1997; 79: 214-20.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**NAYARA ARAÚJO CARDOSO** - Graduada com titulação de Bacharel em Farmácia com formação generalista pelo Instituto Superior de Teologia Aplicada – INTA. Especialista em Farmácia Clínica e Cuidados Farmacêuticos pela Escola Superior da Amazônia – ESAMAZ. Mestre em Biotecnologia pela Universidade Federal do Ceará – *Campus* Sobral. Membro do Laboratório de Fisiologia e Neurociência, da Universidade Federal do Ceará – *Campus* Sobral, no qual desenvolve pesquisas na área de neurofarmacologia, com ênfase em modelos animais de depressão, ansiedade e convulsão. Atualmente é Farmacêutica Assistente Técnica na empresa Farmácia São João, Sobral – Ceará e Farmacêutica Supervisora no Hospital Regional Norte, Sobral – Ceará.

**RENAN RHONALTY ROCHA** - Graduado com titulação de Bacharel em Farmácia com formação generalista pelo Instituto Superior de Teologia Aplicada - INTA. Especialista em Gestão da Assistência Farmacêutica e Gestão de Farmácia Hospitalar pela Universidade Cândido Mendes. Especialista em Análises Clínicas e Toxicológicas pela Faculdade Farias Brito. Especialista em Farmácia Clínica e Cuidados Farmacêuticos pela Escola Superior da Amazônia - ESAMAZ. Especialista em Micropolítica da Gestão e Trabalho em Saúde do Sistema Único de Saúde pela Universidade Federal Fluminense. Farmacêutico da Farmácia Satélite da Emergência da Santa Casa de Sobral/CE, possuindo experiência também em Farmácia Satélite do Centro Cirúrgico. Membro integrante da Comissão de Farmacovigilância do referido hospital. Foi coordenador da assistência farmacêutica de Morrinhos/CE por dois anos. Mestrando em Biotecnologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

**MARIA VITÓRIA LAURINDO** - Graduada com titulação de Bacharel em Enfermagem pelo Centro Universitário INTA – UNINTA. Foi bolsista no hospital da Santa Casa de Misericórdia de Sobral (SCMS) no setor de Quimioterapia, participei do programa de monitoria na disciplina de Patologia Humana e fui integrante do Projeto de Extensão Humanização Hospitalar. Assim como, desenvolvi ações em educação e saúde como extensionista para pacientes parturientes no hospital Santa Casa de Sobral (SCMS). Pós-Graduada em Urgência e Emergência pela Universidade Cândido Mendes – UCAM.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-382-8

