

RESSALVA

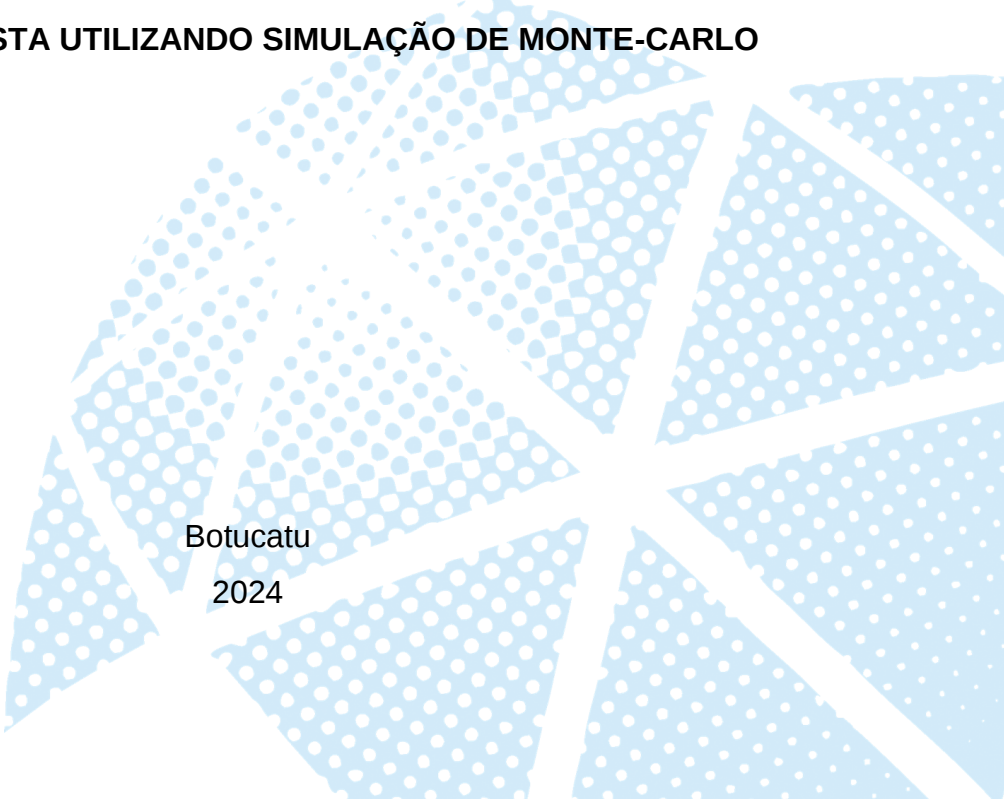
Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo deste
Trabalho de Conclusão de
Residência será disponibilizado
somente a partir de 10/01/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
Faculdade de Medicina de Botucatu - Campus de Botucatu

TÚLIO GUILHERME SOARES MARQUES

**ESTIMATIVA DA DOSE EFETIVA EM PROCEDIMENTOS DE RADIOLOGIA
INTERVENCIONISTA UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE MONTE-CARLO**

Botucatu
2024



TÚLIO GUILHERME SOARES MARQUES

**ESTIMATIVA DA DOSE EFETIVA EM PROCEDIMENTOS DE RADIOLOGIA
INTERVENCIONISTA UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE MONTE-CARLO**

Trabalho de Conclusão de Residência
apresentada à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina
de Botucatu, Botucatu, para obtenção do
título de Especialista em Radiodiagnóstico.

Física Médica

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Diana Rodrigues
de Pina

Coorientador(a): Dr. Matheus Alvarez

Botucatu

2024

Marques, Túlio Guilherme Soares.

Estimativa da dose efetiva em procedimentos de radiologia intervencionista utilizando simulação de monte-carlo / Túlio Guilherme Soares Marques. - Botucatu, 2024

Trabalho acadêmico (Residência Multiprofissional em Física Médica do Radiodiagnóstico) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de Botucatu

Orientador: Diana Rodrigues de Pina

Coorientador: Matheus Alvarez

Capes: 10500006

Método de Monte Carlo. 2. Níveis de Referência de Diagnóstico. 3. Radiologia intervencionista.

Palavras-chave: Método de monte carlo; Níveis de referência de diagnóstico; Radiologia intervencionista

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Este trabalho marca um avanço na monitoração dos níveis de exposição do setor de hemodinâmica, descrevendo uma importante ferramenta para otimização das doses e exercício da radioproteção do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu. O trabalho também pode ser aplicado em qualquer outra instituição com o mesmo equipamento de fluoroscopia, e a ferramenta descrita marca um passo importante para a determinação de Níveis de Referência de Diagnóstico Local (LDRLs) e estimativas de Dose Efetiva em qualquer instituição.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This work marks an advance in monitoring exposure levels in the hemodynamics sector, describing an important tool for optimizing doses and exercising radioprotection at the Hospital das Clínicas of the Faculty of Medicine of Botucatu. The work can also be applied in any other institution with the same fluoroscopy equipment, and the tool described marks an important step towards determining Local Diagnostic Reference Levels (LDRLs) and Effective Dose estimates in any institution.

TÚLIO GUILHERME SOARES MARQUES

**ESTIMATIVA DA DOSE EFETIVA EM PROCEDIMENTOS DE RADIOLOGIA
INTERVENCIONISTA UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE MONTE-CARLO**

Trabalho de Conclusão de Residência apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina de Botucatu, Botucatu, para obtenção do título de Especialista em Radiodiagnóstico.

Física Médica

Data da defesa: ____/____/____

Banca Examinadora:

Dr. Allan Felipe Fattori Alves
Instituto de Biociências – Unesp / Botucatu

Dr. Matheus Alvarez
Hospital de Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu – FMB / Botucatu

Ms. Raissa Alexia Camargo Guassu
Instituto de Biociências – Unesp / Botucatu

Prof^a. Dra. Diana Rodrigues de Pina
Departamento de Doenças Tropicais e Diagnóstico por Imagem da Faculdade de
Medicina de Botucatu – Unesp / Botucatu

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial à minha mãe Warlen Fernandes e seu companheiro José Máximo e ao meu pai Edson Tulio e sua companheira Alethea Faria, por terem batalhado para que eu chegasse ao ponto em que estou. O que mais desejo é encher vocês de orgulho.

Aos meus colegas de residência Ana Milani, Ana Ferreira, André Próspero, Bárbara Sakamoto, Lucas Jensen, Rafael Zambuzi, Samara Pavan e Vinícius Souza, por compartilharem essa jornada tão peculiar e intensa comigo. Em especial, aos meus tão queridos R1s, Amanda Rosa e Hiles Carvalho, pelas risadas, confusões e convivências. Torço muito para o sucesso e a felicidade de todos vocês.

Ao Marcos Aureliano, pelo companheirismo, risadas, discussões e momentos intensos durante esses dois anos. Eu aprendi algo novo com você todo dia, e espero que mantenhamos contato para sempre.

À Raissa Guassu, pela alegria contagiante e bom humor, que nunca falhou em melhorar o dia de todos.

À minha amável e doce companheira Ingrid Estevam, que me apoiou todos os dias desde que nos conhecemos e me motiva todos os dias. Você é tudo para mim.

Ao meu preceptor Matheus Alvarez, pelos constantes ensinamentos e pela exigência pela excelência, e à coordenação, compostos pelo Professor José Ricardo Miranda e pela Professora Diana Rodrigues de Pina, pela enorme confiança. Sou grato pela oportunidade e nunca esquecerei dos momentos de aprendizados com os Senhores.

Aos alunos de Física Médica da UNESP Botucatu, Ana Carolina Redondo, João Vitor e Yuri Vitor, pelo enorme interesse em ajudar e fazer parte dos projetos apresentados.

Aos meus amigos em Campinas que contribuíram de maneira direta ou indireta para que eu chegasse até aqui. Vocês sabem que podem contar comigo até o fim.

E por fim, a todos que contribuíram ao meu amadurecimento pessoal e profissional nessa jornada.

“Diz-se que uma flor de lótus floresceu sob cada uma de suas sete pegadas. Dizem-nos que ele então levantou uma mão para cima e declarou: “Por tudo acima dos céus e por tudo abaixo dos céus, eu sozinho sou O Abençoado””.

(Citação Budista; tradução livre).

RESUMO

Os procedimentos de radiologia intervencionista são de grande interesse de estudo em termos de radioproteção. O estudo dos valores de Dose Efetiva a que os pacientes estão submetidos é de grande importância, sendo necessária a criação de metodologias para determinar esses valores de forma prática. Neste trabalho foi desenvolvido um software semiautomático que utiliza tecnologia de Reconhecimento Óptico de Caracteres para criar um banco de dados composto por informações sobre tipo de procedimento, valor de Kerma no Ar, Produto Kerma-Área, número de exposições e tempo de exposições para 1125 procedimentos realizados em janeiro. 2021 a setembro de 2023 usando um angiógrafo de um grande hospital. Os níveis de referência de diagnóstico locais (LDRLs) foram determinados. Utilizando o software de simulação PCXMC 2.0 Monte Carlo, os valores de Dose Efetiva foram calculados usando tanto hospitais de grande porte quanto LDRL determinados em estudos posteriores. Conclui-se que tanto os LDRL quanto a Dose Efetiva calculada estão em geral abaixo dos valores descritos na literatura, sendo validada a robustez da metodologia de implementação da radioproteção e monitoramento da dose no setor de hemodinâmica avaliado.

Palavras-chave: Radiologia Intervencionista; Método de Monte Carlo; Níveis de Referência de Diagnóstico.

ABSTRACT

Interventional radiology procedures are of great study interest in terms of radioprotection. The study of the Effective Dose values to which patients are subjected is of great importance, and it is necessary to create methodologies to determine these values in a practical way. In this work, semi-automatic software was developed that uses Optical Character Recognition technology to create a database composed of information on type of procedure, Air Kerma value, Kerma-Area Product, number of exposures and time of exposures for 1125 procedures performed in January 2021 to September 2023 using an angiograph from a large hospital. Local Diagnostic Reference Levels (LDRLs) were determined. Using the PCXMC 2.0 Monte Carlo simulation software, Effective Dose values were calculated using both large hospital's and LDRL determined in later studies. It is concluded that both the LDRLs and the calculated Effective Dose are in general below the values described in the literature, and the robustness of the methodology for implementing radioprotection and dose monitoring in the evaluated hemodynamics sector is validated.

Keywords: Interventional Radiology; Monte Carlo method; Diagnostic Reference Levels.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relatório DICOM fornecido pelo equipamento	2
Figura 2 – Fluxograma de funcionamento do software de OCR autoral	3
Figura 3 – Exemplo da interface do software PCXMC 2.0	3
Figura 4 – Distribuição dos valores de K por procedimento avaliado	4
Figura 5 – Distribuição dos valores de PKA por procedimento avaliado	5
Figura 6 – Distribuição dos valores de T por procedimento avaliado	5
Figura 7 – Distribuição dos valores de N por procedimento avaliado	6

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Mediana, média e valor de terceiro quartil para as grandezas K, KAP, T e N para os quatro procedimentos avaliados	4
Tabela 2 – Valores de terceiro quartil para KAP deste trabalho e da literatura com os respectivos valores de Dose Efetiva calculados	6

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cf	Fator de Conversão entre Dose para Dose Efetiva
DRL	Nível de Referência de Diagnóstico
E	Dose Efetiva
ICRP	Comissão Internacional de Proteção Radiológica
K	Kerma no ar
KAP	Produto Kerma Área
LDRL	Nível de Referência de Diagnóstico Local
N	Números de aquisições em modo cine
Q	Valor de terceiro quartil
T	Tempo de exposição por procedimento

LISTA DE SÍMBOLOS

Cf	Fator de Conversão entre Dose para Dose Efetiva
----	---

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	METODOLOGIA	2
3	RESULTADOS	4
4	DISCUSSÃO	6
5	CONCLUSÃO	7
	REFERÊNCIAS	7

Estimativa de Dose Efetiva em procedimentos de Radiologia Intervencionista utilizando simulação de Monte-Carlo

Resumo

Os procedimentos de radiologia intervencionista são de grande interesse de estudo em termos de radioproteção. O estudo dos valores de Dose Efetiva a que os pacientes estão submetidos é de grande importância, sendo necessária a criação de metodologias para determinar esses valores de forma prática. Neste trabalho foi desenvolvido um software semiautomático que utiliza tecnologia de Reconhecimento Óptico de Caracteres para criar um banco de dados composto por informações sobre tipo de procedimento, valor de Kerma no Ar, Produto Kerma-Área, número de exposições e tempo de exposição para 1125 procedimentos realizados de janeiro de 2021 a setembro de 2023 usando um angiógrafo de um hospital de grande porte. Os Níveis de Referência de Diagnóstico Locais (LDRLs) foram determinados e utilizando o software de simulação PCXMC 2.0, calcula-se a Dose Efetiva usando valores de referência deste estudo e também de outras instituições. Conclui-se que os valores de LDRL e de Dose Efetiva calculados para a instituição avaliada estão em geral abaixo dos valores descritos na literatura, sendo validada a robustez da metodologia de monitoramento da dose no setor de hemodinâmica avaliado.

.© 2017 Elsevier Inc. All rights reserved.

Palavras-chaves: Radiologia Intervencionista; Método de Monte Carlo; Níveis de Referência de Diagnóstico.

Nomenclatura

Cf	Fator de conversão entre Dose e Dose Efetiva
DRL	Níveis de Referência de Diagnóstico
E	Dose Efetiva
K	Kerma no Ar
LDRL	Níveis de Referência de Diagnóstico Local
KAP	Produto Kerma-Área
N	Número de aquisições em modo cine
Q	Valor de terceiro quartil
s	Área do campo quadrado de radiação
T	Tempo de exposição por procedimento

1. Introdução

Nas últimas décadas, houve um aumento significativo no número de procedimentos de radiologia intervencionista [1]. Esses procedimentos requerem atenção especial quanto aos efeitos nocivos da radiação ionizante, uma vez que a complicação de alguns procedimentos, o longo tempo de exposição e o número de exposições aumentam a dose absorvida pelos pacientes [2]. Tendo em vista o crescente número de procedimentos, é essencial um estudo aprofundado dos níveis de Dose utilizados nos procedimentos.

Uma das formas de avaliar a prática clínica nos setores de radiologia intervencionista é determinação de Níveis de Referência de Diagnóstico (DRL). Esses níveis servem como uma indicação se, para um determinado procedimento realizado, o valor da Dose recebida por um paciente é maior ou menor que um valor de Dose típico para este procedimento [3]. Os primeiros DRLs foram implementados em procedimentos de radiografia convencional na década de 1980 e foram desenvolvidos para outras modalidades na década de 1990 [4]. A determinação dos DRLs está associada à otimização da dose [5] e considera dezenas de instituições e equipamentos para determinação dos valores, estabelecidos pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) como o valor do terceiro quartil da magnitude dosimétrica da distribuição avaliada para um determinado diagnóstico clínico procedimento [4]. Porém, o estudo do valor típico de um procedimento pode ser realizado dentro de uma única instituição ou de um único

REFERÊNCIAS

AROUA, A. et al. How to set up and apply reference levels in fluoroscopy at a national level. **European Radiology**, v. 17, n. 6, p. 1621–1633, 9 maio 2007.

ARTHUR, W. R. et al. Does cardiologist- or radiographer-operated fluoroscopy and image acquisition influence optimization of patient radiation exposure during routine coronary angiography? **The British Journal of Radiology**, v. 75, n. 897, p. 748–753, set. 2002.

DAMILAKIS, J.; VASSILEVA, J. The growing potential of diagnostic reference levels as a dynamic tool for dose optimization. **Physica Medica**, v. 84, p. 285–287, abr. 2021.

DREXLER, G. et al. Effective dose ? how effective for patients? **Radiation and Environmental Biophysics**, v. 32, n. 3, p. 209–219, set. 1993.

ICRP. **The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. [s.l: s.n.].

KIM, K. P. et al. Occupational radiation doses to operators performing fluoroscopically-guided procedures. **Health physics**, v. 103, n. 1, p. 80–99, jul. 2012.

MARTIN, C. The importance of radiation quality for optimisation in radiology. **Biomedical Imaging and Intervention Journal**, v. 3, n. 2, abr. 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE; AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Instrução Normativa Nº 91 de 27 de maio de 2021. Dispõe sobre Controle de Qualidade em Equipamentos de Radiologia Intervencionista.** , 2021.

OLCAY, A. et al. Comparison of fluoro and cine coronary angiography: balancing acceptable outcomes with a reduction in radiation dose. **The Journal of invasive cardiology**, v. 27, n. 4, p. 199–202, abr. 2015.

PYNE, C. T. et al. Effect of Reduction of the Pulse Rates of Fluoroscopy and CINE-Acquisition on X-Ray Dose and Angiographic Image Quality During Invasive Cardiovascular Procedures. **Circulation: Cardiovascular Interventions**, v. 7, n. 4, p. 441–446, ago. 2014.

Pytesseract: Python Optical Character Recognition, versão 0.3.10. PyPI. Disponível em: <https://pypi.org/project/pytesseract/>. Acesso em: 30 de novembro de 2023. , [s.d.].

TAPIOVAARA, M.; SIISKONEN, T.; EDITA PRIMA. **PCXMC 2.0: user's guide. Radiation and Nuclear Safety Authority**, 2008.

TRIEDMAN, J. K.; NEWBURGER, J. W. Trends in Congenital Heart Disease. **Circulation**, v. 133, n. 25, p. 2716–2733, 21 jun. 2016.

VAÑÓ CARRUANA, E. et al. Niveles de referencia de dosis en radiología intervencionista. **Radiología**, v. 55, p. 17–24, dez. 2013.

VAÑÓ, E. et al. **ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging**. [s.l: s.n.].