

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

TESE DE DOUTORADO

**AVALIAÇÃO DAS DOSES OCUPACIONAIS E MÉDICAS E DO RISCO DE CÂNCER
EM PROCEDIMENTOS CARDÍACOS DE RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA
UTILIZANDO MÉTODO MONTE CARLO**

POR

WILLIAM DE SOUZA SANTOS

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos”
São Cristóvão – SE – Brasil**

2014

**AVALIAÇÃO DAS DOSES OCUPACIONAIS E MÉDICAS E DO RISCO DE CÂNCER
EM PROCEDIMENTOS CARDÍACOS DE RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA
UTILIZANDO MÉTODO MONTE CARLO**

WILLIAM DE SOUZA SANTOS

Tese de Doutorado apresentada ao Núcleo
de Pós-Graduação em Física da
Universidade Federal de Sergipe, para
obtenção do título de Doutor em Física.

Orientadora: Dra. Ana Figueiredo Maia

**SÃO CRISTOVÃO
2014**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
Núcleo de Pós-Graduação em Física

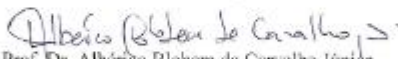
*Avaliação das doses ocupacionais e médicas e do
risco de câncer em procedimentos cardíacos de
radiologia intervencionista utilizando método
Monte Carlo*

por

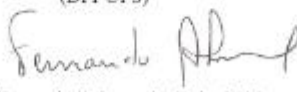
William de Souza Santos

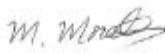
Tese de doutorado **APROVADA COM LOUVOR** em sessão pública no dia
dezoito de fevereiro do ano dois mil e catorze perante a banca examinadora
constituída pelos seguintes professores:


Prof.ª. Dra. Ana Figueiredo Maia
(DFI-UFS)


Prof. Dr. Alécio Bloem de Carvalho Júnior
(DFI-UFS)


Prof.ª. Dra. Divanizia do Nascimento Souza
(DFI-UFS)


Prof. Dr. Fernando Roberto de Andrade Lima
(CRCN-NE)


Prof. Dr. Mauricio Moralles
(IPEN-USP)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus pelas bênçãos que ele tem derramado sobre mim. Aprendi que Ele nunca nos dá mais do que podemos suportar.

À orientadora desta tese, a Dra. Ana Figueiredo Maia, pela valiosa orientação e por ter creditado sua fé na minha capacidade e pelo aprendizado ao longo desta pesquisa;

Aos professores do Departamento de Física da UFS, especialmente ao professor Albérico pelas opiniões e ensinamentos da técnica de Monte Carlo;

A todos os meus amigos, especialmente a Walmir Belinato, Renata Patrícia, Antônio Fiel, Eriomar Teixeira, Mixslane Teixeira, João Batista e Célia Batista, Rafaela Cerqueira, Eraldo Marques e Elane Marques, Rogério Mathias e Luiza Freire, pelo companheirismo e amizade;

Aos colegas do IPEN, Lucio Neves e Ana Perini pelas colaborações;

À Universidade Federal de Sergipe e a CAPES pelo apoio técnico e financeiro;

Agradeço a equipe do Laboratório Nacional de Los Alamos (USA) por ter me concedido a licença do código de transporte de radiação MCNPX, sem o qual todo este projeto não seria possível;

Sou eternamente grato à minha família, especialmente aos meus pais, pelo seu infinito amor e apoio em todas as fases da minha vida. Eu também agradeço aos meus irmãos pelo apoio e bondade durante meus estudos acadêmicos;

Esta tese é dedicada à minha esposa, Carla de Jesus e ao meu enteado, Luís Marcelo. Não posso expressar em palavras o quão sou grato por vocês. Obrigado por seus generosos e amorosos corações e pela alegria que vocês trazem pra minha vida. Agradeço a Deus por vocês.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à minha sogra e família, cuja compreensão e entusiasmo foram uma benção durante a elaboração desta tese.

Agradeço a Deus por todos vocês.

“Em nossas vidas há muitas coisas difíceis, mas nada é impossível para aquele que crê em Jesus Cristo”.

“Dedico este trabalho a todos meus familiares e ao nosso salvador, Jesus Cristo ”

RESUMO

Os procedimentos cardíacos são os mais frequentes dentro da radiologia intervencionista (RI) e podem proporcionar elevadas exposições médicas e ocupacionais, uma vez que, na maioria dos casos, os procedimentos são demorados e complexos. Embora o uso de raios X nestes casos seja justificado, é importante fazer uma avaliação das doses dessa radiação e dos riscos associados tanto em pacientes quanto nos profissionais envolvidos. O objetivo deste estudo foi criar um modelo computacional de exposição composto por um paciente adulto, um médico cardiologista e uma enfermeira, em um cenário típico cardíaco em RI e, posteriormente, estimar as doses absorvidas nos órgãos e tecidos e, por meio desta grandeza, determinar as doses equivalentes, a dose efetiva e os riscos de câncer associados à exposição. As grandezas estimadas foram normalizadas pelo produto kerma-área (PKA). Os resultados obtidos estão apresentados no formato de coeficiente de conversão (CCs) de dose de radiação e de risco de câncer. Os parâmetros radiográficos utilizados nas simulações Monte Carlo foram: tensões de pico entre 60 - 120 kVp, filtração inerente de 3,5 mm Al, área do campo 10 cm x 10 cm. Foram utilizadas oito projeções de feixe: ântero-posterior (AP), pósterio-anterior (PA), oblíquo anterior direito (RAO90°), oblíquo anterior esquerdo (LAO90°), cranial (CRAN30°), caudal (CAUD30°), oblíquo anterior esquerdo e oblíquo anterior direito (LAO45° e RAO45°). O código de transporte de radiação utilizado foi o MCNPX-2.7.0, no qual foram incorporados os três simuladores antropomórficos, uma fonte de raios X emitindo fótons isotropicamente na região do tórax do paciente e todos os objetos comuns no interior da sala de RI. O simulador antropomórfico utilizado para representar o cardiologista e o paciente foi o MASH e para simular a enfermeira foi utilizado a FASH. Os espectros de energia foram gerados utilizando o programa SRS 78. Foram criados dois cenários de irradiação denominados de I e II. Em I, a mesa cirúrgica não possuía cortina de chumbo e nem tinha protetores suspensos de vidro plumbífero e, em II, estes dispositivos de proteção foram considerados. As médias dos CCs de dose efetiva para as oito projeções usadas em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária foi: paciente $2,5\text{E-}01 \text{ mSv/Gy.cm}^2$; cardiologista $2,0\text{E-}01$ (I) e $4,7\text{E-}02 \text{ μSv/Gy.cm}^2$ (II) e enfermeira $2,4\text{E-}02$ (I) e $1,8\text{E-}02 \text{ μSv/Gy.cm}^2$ (II). O risco efetivo de câncer em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ foi de 1,2 para o paciente, $2,6\text{E-}03$ (I) e $4,9\text{E-}04$ (II) para o cardiologista e $5,2\text{E-}04$ (I) e $4,0\text{E-}04$ (II) para a enfermeira. Os resultados apresentados neste estudo são consistentes com os valores experimentais descritos na literatura. Tais resultados ampliam o conhecimento já existente sobre doses em radiologia intervencionista e propiciam uma ferramenta útil de consulta para os profissionais de radioproteção, para a comunidade científica e, sobretudo, para os próprios médicos que se expõem rotineiramente.

ABSTRACT

Cardiac procedures are the most common within the interventional radiology (IR) and they can provide high medical and occupational exposures, since, in most cases these procedures are time consuming and complexes. Although the use of X-rays is justified in this case, it is important to make an assessment of radiation doses and associated risk to patients and medical staff. The aim of this study was to build a computational model of exposure composed of an adult patient, a cardiologist and a nurse, in a typical cardiac scenario in IR and, then, estimate absorbed doses in organs and tissues, and through this dosimetric quantity, determine equivalent doses, the effective dose and cancer risk associated with exposure. The estimated dosimetric quantities were normalized by the kerma-area product (KAP). In this study, the results are presented in conversion coefficient (CC) for radiation dose and cancer risk. The radiographic parameters used in the Monte Carlo simulations were: peak voltages between 60 and 120 kVp, inherent filtration of 3.5 mm Al and a field area 10 cm x 10 cm. Eight beam projections were used: antero-posterior (AP), postero-anterior (PA), right anterior oblique (RAO90°), left anterior oblique (LAO90°), cranial (CRAN30°), caudal (CAUD30°), left anterior oblique and right anterior oblique (LAO45° and RAO45°). The radiation transport code used was MCNPX 2.7.0, in which was incorporated three anthropomorphic phantoms were incorporated with a source of X-rays emitting photons isotropically in the patient's chest region and all common objects inside the room in IR. The anthropomorphic phantoms used to represent the cardiologist and the patient were the MASH and the nurse was simulated by the FASH phantom. Energy spectra were generated using the SRS 78 program. Two irradiation scenarios named I and II were created. In I, the operating table had no lead curtain and suspended shields of lead glass and, in II, these protection devices were considered. The average effective dose of CCs for the eight projections used in cardiac procedures angiography and coronary angioplasty was: patient 2,5E-01 mSv/Gy.cm²; cardiologist 2,0E-01(I) and 4,7E-02 μSv/Gy.cm² (II) and nurse 2,4E-02 (I) and 1,8E-02 μSv/Gy.cm² (II). The effective risk of cancer in 10⁻⁴/Gy.cm² was: 1.2 for the patient, 2,6 E-03 (I) and 4.9 E-04 (II) for the cardiologist and 5.2 E-04 (I) and 4.0 E-04 (II) for the nurse. The results presented in this study are consistent with the experimental values obtained in the literature. Thus, we believe that results improve or extend the existing data and will be a useful reference tool for professionals of radiation protection, the scientific community and especially for the physicians themselves who are exposed routinely.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquema do efeito fotoelétrico.	19
Figura 2.2. Etapas do efeito do espelhamento coerente. O átomo absorve o fóton (A) e vibra (B) e o fóton é reemitido com energia igual a do fóton incidente (C).	20
Figura 2.3. Esquema do efeito Compton.	21
Figura 2.4. Sistema espaço – fase.	24
Figura 2.5. Fluxograma: representação das diferentes etapas que realiza o código MCNPX para a simulação de transporte de fóton.	29
Figura 2.6. Anatomia do modelo matemático MIRD (CRISTY e ECKERMAN, 1987).	33
Figura 2.7. Etapas envolvidas para construção de um simulador antropomórfico tomográfico: (1) Aquisição de imagens em TC; (2) fatia da imagem voxelizadas; (3) uso do computador para segmentar e classificar cada órgão e tecido que referem as imagens e (4) mostra a visualização das imagens empilhadas do simulador antropomórfico.	35
Figura 2.8. Vista frontais e laterais dos simuladores antropomórficos utilizados atualmente pela ICRP: AM (A) e AF (B).	37
Figura 2.9. Comparação entre três modelos do trato gastrointestinal para o recém-nascido: Simulador matemático (ORNL) (A), simulador voxelizado (UF) (B) e simulador híbrido (UF) (C) (LEE e col., 2007a).	38
Figura 2.10. Vista frontal do simulador recém-nascido feminino UFH-NURBS. Suavidade da região abdominal (A) e flexibilidade da morfologia e da postura (B e C) (LEE e col., 2007b).	39
Figura 2.11. A) Simuladores NURBS representando uma mulher grávida de 3, 6 e 9 meses de gestação respectivamente, um simulador <i>mesh</i> representando um feto B) (XU e col., 2007) e modelos de simuladores <i>mesh</i> adulto feminino e masculino da RPI C) (ZHANG e col., 2009).	40
Figura 2.12. Simuladores FASH (A) e MASH (B) construídos com base em superfície <i>mesh</i> (CASSOLA e col., 2010).	41
Figura 2.13. Conjunto de simuladores antropomórficos de diferentes sexos, idades e massas corpóreas (CASSOLA e col., 2011).	41
Figura 2.14. Ilustração da posição da medição do PKA.	46
Figura 2.15. Esquema de acesso do cateter para um procedimento cardíaco de angiografia e angioplastia coronária.	48
Figura 2.16. Principais componentes de um equipamento de raios X (A): (1) intensificador de imagem; (2) tubo de raios X; (3) monitores de vídeo; (4) mesa do paciente; (5) console de controle; (6) interruptor de pé e um cenário cardíaco de RI (B).	49
Figura 3.1. Simuladores antropomórficos FASH (A) e MASH (B) utilizados neste estudo. (CASSOLA e col., 2010).	56
Figura 3.2. Vistas frontais (A) e laterais (B) da posição dos órgãos do simulador MASH (CASSOLA e col., 2010).	56
Figura 3.3. Coeficiente de absorção de massa-energia definido para RBM sobre o osso homogêneo (CRISTY e ECKERMAN, 1987; ICRP 116, 2010).	60
Figura 3.4. Percentual dos fatores de intensificação de dose para osso parietal, terceira vértebra lombar, crista ilíaca e costelas, proposto por King e Spires (1985).	61
Figura 3.5. Cenário de irradiação construído no MCNPX2.7.0 composto por três simuladores antropomórficos representando um cardiologista, enfermeira, ambos em pé, e um paciente sobre a mesa cirúrgica.	62
Figura 3.6. Visualização frontal (A) e lateral (B) do modelo computacional de exposição em procedimento cardíaco de RI com a mesa cirúrgica acrescida de cortina de chumbo (Pb) e protetores suspensos confeccionados de vidro plumbífero.	64
Figura 4.1. Espectros energéticos utilizados neste estudo.	67
Figura 4.2. Média dos CCs para dose efetiva (E) normalizados pelo PKA em função da	

tensão aplicada ao tubo, calculados para o paciente.	74
Figura 4.3. Comparação dos CCs para doses equivalentes e efetivas dos órgãos próximo do coração e da região abdominal, calculado para os simuladores antropomórficos adultos MASH e ORNL para a projeção AP.	75
Figura 4.4. Média por energia dos CCs de DEP normalizados pelo PKA calculados para o paciente para as oito projeções de feixe estudadas.	77
Figura 4.5. Média dos CCs para dose efetiva (E) normalizados pelo PKA em função da tensão aplicada ao tubo, calculados para o cardiologista nos cenários I e II.	79
Figura 4.6. Média dos CCs para dose efetiva (E) normalizados pelo PKA em função da tensão aplicada ao tubo, calculados para a enfermeira nos cenários I e II.	80
Figura 4.7. Média dos CCs para dose equivalente pessoal Hp(10) normalizados pelo PKA em função da tensão aplicada ao tubo, calculados para o cardiologista nos cenários I e II. ..	82
Figura 4.8. Média dos CCs para dose equivalente pessoal Hp(10) normalizados pelo PKA em função da tensão aplicada ao tubo, calculados para a enfermeira nos cenários I e II.	82
Figura 4.9. Média dos CCs de risco de câncer dos órgãos do paciente por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.	84
Figura 4.10. Média dos CCs de risco de câncer dos órgãos da enfermeira por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.	84
Figura 4.11. Média dos CCs de risco de câncer dos órgãos do cardiologista por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.	85
Figura 4.12. Média dos CCs de risco efetivo de câncer para o paciente por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.	87
Figura 4.13. Média dos CCs de risco efetivo de câncer para o cardiologista por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.	87
Figura 4.14. Média dos CCs de risco efetivo de câncer para a enfermeira por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Valores de coeficientes de variação (CV) (BREISMEISTER, 1993).	27
Tabela 2.2. Principais geometrias lidas e utilizadas pelo código MCNPX.	31
Tabela 2.3. Contabilizadores (tallies) utilizados para registro de grandezas físicas.	32
Tabela 2.4. Fator de ponderação para diferentes tipos de radiação ionizante (ICRP 103, 2007).	45
Tabela 2.5. Recomendação da ICRP 103 para fatores de peso (w_T) de órgãos e tecidos (ICRP 103, 2007).	45
Tabela 2.6. Risco de incidência de câncer sugerido pelo comitê BEIR VII atribuível ao tempo de vida para uma população de 100.000 pessoas entre de 30 anos de vida exposta a uma única dose de 0,1 Sv (ICRP 103, 2007).	47
Tabela 3.1. Dados físicos dos órgãos e tecidos dos simuladores antropomórficos FASH e MASH (CASSOLA e col., 2010).	57
Tabela 4.1. Média dos CCs calculados para sete tensões aplicadas ao tubo para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ para o cardiologista em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.	69
Tabela 4.2. Média dos CCs calculados para sete tensões aplicadas ao tubo para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ para a enfermeira em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.	70
Tabela 4.3. Média dos CCs calculados para sete tensões aplicadas ao tubo para H, E e DEP normalizados pelo PKA em mSv/Gy.cm^2 calculados para o paciente em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.	71
Tabela 4.4. Desvios relativos dos resultados de H, E e Hp(10) por PKA entre os cenários I e II.	73
Tabela 4.5. Parâmetros da equação 4.1 utilizados para cálculo dos CC de dose efetiva para o paciente ajustados para $R^2 = 0,99$	74
Tabela 4.6. Desvio relativo entre os resultados de CCs de dose efetiva obtidos neste estudo ($0,25 \text{ mSv/Gy.cm}^2$) e os descritos na literatura.	75
Tabela 4.7. Desvios relativos entre os resultados de CCs para DEP do paciente obtidos neste estudo ($4,8 \text{ mGy/Gy.cm}^2$) e os descritos na literatura.	78
Tabela 4.8. Parâmetros da equação 4.1 utilizados para cálculo dos CC para o cardiologista e enfermeira ajustados para $R^2 = 0,99$	79
Tabela 4.9. Desvios relativos entre os resultados de CCs de dose efetiva em $\mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ para o cardiologista obtido neste estudo ($2,0\text{E}-01$ -Cenário I) e ($4,7\text{E}-02$ – Cenário II) e os descritos na literatura.	80
Tabela 4.10. Média dos CCs para Hp(10) e E, calculados para o cardiologista e enfermeira nos cenários I e II.	83
Tabela 4.11. Média dos CCs para risco de incidência de câncer de órgãos dos indivíduos estudados normalizados pelo PKA expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$	85
Tabela 4.12. Parâmetros da equação 4.1 utilizados para cálculo dos CCs para risco de câncer em paciente, cardiologista e enfermeira, ajustados para $R^2 = 0,99$	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Angiografia coronária
AP	Ântero-posterior
BEIR	Biologic Effects of Ionizing Radiation
CAUD30°	Projeção caudal em 30°
CC	Coeficiente de conversão
CRAN30°	Projeção cranial em 30°
DEP	Dose de entrada na pele
EGS	Electron Gamma Shower
EPI's	Equipamentos de proteção individual
FASH	<i>Female Adult meSH</i> (Simulador antropomórfico feminino adulto feito com superfícies MESH)
FDP	Função de densidade de probabilidade
FOV	Campo de visão
GEANT	Geometry and Tracking
Gy	Gray
ICRP	International Commission on Radiological Protection (Comissão Internacional em Proteção radiológica)
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements (Comissão Internacional em Unidades e Medidas da radiação)
keV	Kilo electron volt
kVp	Pico de tensão aplicada ao tubo de raios X
LAO90°	Projeção oblíqua anterior esquerda em 90°
LAO45°	Projeção oblíqua anterior esquerda em 45°
LET	Linear Energy Transfer (Transferência linear de energia)
MASH	<i>Male Adult meSH</i> (Simulador antropomórfico masculino adulto feito com superfícies MESH)
MEAC	Mass Energy Absorption Coefficient Method
MC	Monte Carlo
MCNPX	Monte Carlo N-Particle eXtended
NCRP	National Council on Radiation Protection and Measurements (Conselho Nacional em Proteção e Medidas da Radiação)
ORNL	Oak Ridge National Laboratory (Laboratório Nacional de Oak Ridge)
PA	Postero-anterior
PENELOPE	PENetration and Energy Loss of Positrons and Electrons
PKA	Produto kerma-área
PMMA	Polymethylmethacrylate
PTA	Percutaneous Transluminal Angioplasty (Angioplastia Percutânea Transluminal)
PTCA	Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty (Angioplastia Percutânea Coronariana Transluminal)
RAO45°	Projeção oblíqua anterior direita em 45°
RAO90°	Projeção oblíqua anterior direita em 90°
RBM	Red Bone Marrow (Medula óssea vermelha)
RI	Radiologia intervencionista
Sv	Sievert
CT	Tomografia computadorizada (Computed tomography)
TLD	Thermoluminescent Dosimeter (Dosímetro Termoluminescente)
VMC	Visual Monte Carlo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.	14
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.	19
2.1 Principais efeitos da interação da radiação com a matéria considerado neste estudo.....	19
2.2 Método Monte Carlo (MC) e avaliação de erro.	23
2.3 Códigos computacionais de transporte de radiação.	28
2.4 Construção dos arquivos de entrada (INP) para o código de transporte de radiação MCNPX.	29
2.4.1 Cartão de células.	30
2.4.2 Cartão de superfícies.	30
2.4.3 Cartão de dados.	32
2.5 Modelos de simuladores antropomórficos utilizados pelos códigos computacionais de transporte de radiação.	33
2.5.1 Simulador antropomórfico matemático.	33
2.5.2 Simulador antropomórfico de voxel.	35
2.5.3 Simulador antropomórfico NURBS.	38
2.5.4 Simulador antropomórfico <i>mesh</i>	39
2.6 Grandezas dosimétricas gerais e específicas utilizadas neste estudo.	41
2.6.1 Fluência e fluência energética.	42
2.6.2 Kerma.	42
2.6.3 Dose absorvida.	43
2.6.4 Conversão entre dose absorvida e kerma.	43
2.7 Estimativa de dose absorvida mediante método MC.	44
2.8 Produto kerma-área (PKA).	45
2.9 Coeficiente de conversão de dose (CC) e estimativa de risco de câncer.	46
2.10 Cenário típico cardíaco de RI.	48
2.11 Estudo dosimétrico em procedimentos cardíacos de RI.	50
2.11.1 Estudos dosimétricos experimentais sobre CCs.	50
2.11.2 Estudos dosimétricos de CCs obtidos por meio do método MC.	51
3. MATERIAIS E MÉTODOS.	54
3.1 Código de transporte de radiação – MCNPX (versão 2.7.0).	54
3.2 Software gerador de espectro de raios X diagnóstico: SRS 78.	54
3.3 Simuladores antropomórficos FASH e MASH.	55
3.4 Método utilizado para estimar a dose na medula óssea vermelha (RBM) e no esqueleto.	58
3.5 Construção dos cenários cardíacos de RI.	61
3.6 Cálculo dos CCs de dose, de risco de câncer e avaliação das incertezas.	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.	67
4.1 Espectros de energia utilizados.	67
4.2 CCs de dose equivalente por PKA.	67
4.3 Avaliação dos CCs para dose efetiva (E) do paciente.	73
4.4 Avaliação dos CCs para dose de entrada na pele (DEP) do paciente.	77
4.5 Avaliação dos CCs para dose efetiva (E) do cardiologista e enfermeira.	78

4.6 Avaliação dos CCs para dose equivalente pessoal Hp(10) do cardiologista e enfermeira.	81
4.7 CCs de risco de câncer estimado para o paciente, cardiologista e enfermeira.	83
4.8 Comentário sobre relação entre dose efetiva e risco efetivo de câncer calculados neste estudo.	89
4.9 Avaliação das incertezas estatísticas e método para cálculo de valor absoluto de H, E, DEP, Hp(10), R _{OT} e R.	89
5. CONCLUSÕES.	91
ARTIGOS ORIGINADOS DURANTE O DOUTORADO.	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	95
APÊNDICE A. Resultados dos coeficientes de conversão (CCs) para dose equivalente (H), dose efetiva (E), dose de entrada na pele (DEP - para o paciente) e dose equivalente pessoal Hp(10) (para o cardiologista e a enfermeira) normalizados pelo produto kerma-área (PKA) para os indivíduos estudados.	104
APÊNDICE B. Resultados dos coeficientes de conversão (CCs) para risco de câncer de órgãos (R _{OT}) e risco efetivo (R) normalizados pelo produto kerma-área (PKA) para o paciente, cardiologista e enfermeira.	125
APÊNDICE C. Imagens do modelo de exposição computacional, evidenciando as projeções de feixe estudadas nos cenários I e II.	143

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A radiologia intervencionista (RI) é uma especialidade médica que utiliza imagens fluoroscópicas (imagem em tempo real) obtidas com radiação X para acessar os órgãos com suspeita de doença ou o local de tratamento, geralmente utilizando um cateter guia por acesso percutâneo ou outros acompanhado de substância de contraste (iodo ou bário) para visualizar os órgãos radiotransparentes. Esse tipo de procedimento é utilizado para diagnosticar, monitorar, controlar, documentar e tratar quase todos os órgãos vitais do corpo humano, dispensando, na maioria das vezes a intervenção cirúrgica. Dentro da área de RI, os estudos cardiovasculares como angiografia e angioplastia coronária são os mais frequentes e, por isso, eles foram os escolhidos para ser estudados (CANEVARO, 2009).

O uso médico da radiação ionizante oferece grande benefício para os pacientes, e também contribui de forma significativa para a exposição à radiação de indivíduos e populações. As exposições médicas oriundas da RI contribuem com uma percentagem significativa da dose coletiva da população. De acordo com os resultados publicados pelo Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica, procedimentos intervencionistas contribuem apenas com 1% do uso da radiação ionizante na área médica. Entretanto, sua contribuição chega a 10% para a dose coletiva (NCRP, 2009). Por serem exames complexos, os procedimentos cardíacos em RI são longos e, muitas vezes, com a obtenção de várias imagens, o que explica os altos valores de dose associados à prática.

Nos últimos anos, houve um crescente avanço no número de procedimentos de RI, que resultaram em um aumento na frequência de procedimento de diagnóstico e terapêutico utilizando raios X (FALKNER, 1997). A principal razão para este aumento foi a percepção de que a técnica é útil em várias situações complexas, nas quais é possível, portanto, evitar cirurgias. Além disso, o avanço da técnica tem possibilitado a realização de procedimentos cada vez mais complexos. Sendo assim, mesmo considerando o risco da radiação, a não realização de uma cirurgia pode ser uma vantagem muito relevante para pacientes críticos também pode resultar na diminuição do tempo de internação. No entanto, não se pode desconsiderar que a dose coletiva da população e os riscos associados à saúde estão aumentando (ICRP 120, 2013). A ocorrência de efeitos determinísticos, especialmente na pele, tem sido um assunto de grande preocupação. Além disso, a estimativa do risco para a saúde devido a efeitos estocásticos da radiação, especialmente para os pacientes mais jovens, também está sob investigação aprofundada.

Dentre as áreas da RI, os estudos cardiovasculares são os mais utilizados. Assim, procedimentos de angiografias coronárias (AC), angioplastias coronárias e inserções de marca-passos têm aumentado em todo o mundo. Apesar do desenvolvimento contínuo das técnicas de imagem em procedimentos cardíacos como, ecocardiografia, tomografia computadorizada cardíaca, cintilografia cardíaca e ressonância magnética cardíaca, ao longo da última década tem havido um crescimento no número de pacientes submetidos a procedimentos de diagnóstico e terapêutico guiados por fluoroscopia (imagem em tempo real). Entre 1992 e 2001, verificou-se um aumento de três vezes em exame de AC e de cinco em procedimento de angioplastia coronariana percutânea transluminal (PTCA). Isso se deve principalmente à introdução de *stents* (tubo metálico ou de plástico utilizado para manter os vasos sanguíneos desobstruídos ou outras vias que são estreitadas ou bloqueadas) (TOGNI e col., 2004). Entre 1990 e 2003, houve um aumento médio anual de procedimentos de AC de 3,78% na Holanda e 11,82% na Finlândia, com uma média de 6,73% (FALKNER e WERDUCH, 2008a). Em 2006, a média de exames em RI por milhão de habitantes na Europa foi de: 5045 angiografias coronárias, 1511 angioplastias percutânea coronariana transluminal, 836 angioplastias e 918 inserções de marca-passos. Estima-se que em 2007, na Europa, foram realizadas cerca de 3.043.000 arteriografias coronárias, 910.000 angioplastias percutâneas transluminal (PTA) e 690.000 colocações de *stents* coronarianos (FALKNER e WERDUCH, 2008b). Taxas de crescimento similares foram observadas na América do Norte (LASKEY e col., 2000; ANDERSON e col., 2002) para o período 1990-2000. Nos Estados Unidos da América, procedimentos intervencionistas guiados por fluoroscopia foram a terceira maior fonte de exposição médica de pacientes em 2006, respondendo por 14% da exposição médica. Procedimentos cardíacos representaram 28% do total dos procedimentos de intervenção e foram responsáveis por 53% da exposição dos pacientes que utilizaram fluoroscopia (NCRP, 2009).

Esses números vêm crescendo a cada ano nos países ocidentais. Entretanto, uma tendência semelhante tem sido vista em outros países como, por exemplo, na China, onde a taxa de aumento anual de PTA é de cerca de 40%. Embora o número total de procedimentos seja ainda relativamente pequeno quando comparado com a população da China, refletindo a menor prevalência de doenças cardíacas da população chinesa, a tendência de crescimento é clara e é consequência, entre outras coisas, da mudança de hábitos alimentares, do estilo de vida e do tabagismo (CHENG, 2004; MORAN e col., 2010).

O crescimento vertiginoso no número de procedimentos de RI é mais acentuado em países desenvolvidos que têm uma assistência à saúde da população mais eficiente comparada

com o grupo de países não desenvolvidos e países emergentes, como o Brasil (CANEVARO, 2009). Embora o número de exames em RI tenha crescido no Brasil em 77,6% entre os anos de 1995 e 2007, ainda é muito inferior aos países desenvolvidos. Segundo a mesma autora, na década de 1990, a média de exames de RI nos países desenvolvidos e no Brasil foi de 12,73 e 1,73 para cada 1000 habitantes, respectivamente. Acompanhando o crescimento dos procedimentos em RI, cresce também em todo o mundo a preocupação sobre as doses de radiação a partir desses procedimentos e do conhecimento das consequências dos impactos que a radiação pode ocasionar nos indivíduos expostos.

As doses dos profissionais em procedimentos de RI são as mais altas na área da medicina que utiliza radiação X (VANO e col., 2001; ICRP 85, 2000; FALKNER e VANO, 2001; SHOPE e col., 1996; VANO e col., 1998). Nesse tipo de procedimento, é necessário que o médico se posicione próximo ao paciente e ao tubo de raios X, utilizando um grande número de imagens estáticas e dinâmicas, ocasionando alto tempo de exposição do profissional e do paciente à radiação. Assim, a exposição prolongada destes indivíduos aos raios X tem que ser investigada, pois pode resultar no surgimento de efeitos estocásticos e, até mesmo, de efeitos determinísticos (FALKNER e VANO, 2001). Nesse sentido, é necessário estabelecer metodologia que permita estimar as doses com boa precisão e, assim, possibilite uma melhor avaliação dos riscos à saúde das pessoas.

Em princípio, a estimativa do risco associado em procedimento cardíaco de RI pode ser avaliada por meio de grandezas específicas, como, por exemplo, a taxa de dose e o produto kerma área (PKA), ou medidas experimentais da dose de entrada na pele de pacientes e profissionais obtidas em simuladores antropomórficos físicos (PUTTE e col., 2000; BOR e col., 2004). Entretanto, o conhecimento dessas grandezas não é o suficiente para estabelecer o panorama completo do risco associado à exposição, pois a probabilidade de ocorrência de efeitos induzidos pela radiação ionizante não só depende da dose absorvida, mas também do órgão ou tecido irradiado. Portanto, é preciso determinar as doses nos órgãos de pacientes e profissionais, o que é um processo complexo (SCHULTZ e col., 2003).

A medição direta de doses em órgãos e tecidos é muito complicada e, na maioria das vezes, impossível de ser realizada. Existem algumas alternativas para resolver o problema, como a utilização de objetos simuladores antropomórficos que permitam a inserção de detectores para medida direta da dose nos órgãos ou a estimativa das doses por meio de simulação computacional, cuja técnica mais empregada é o método Monte Carlo (MC) (objeto deste estudo), que utiliza simulador antropomórfico matemático ou de voxel para representar o indivíduo exposto (ALDERSON e col., 1962; HUANG, 1987).

A simulação computacional de transporte de radiação aplicada à proteção radiológica data da Segunda Guerra Mundial. A utilização do método MC para fins de pesquisa começou com os testes de armas nucleares. Durante o projeto Manhattan, em 1940, os cientistas Von Neumann e Ulam aperfeiçoaram a técnica e a aplicaram a problemas relacionados com cálculo de difusão de nêutrons em diferentes materiais. Mais tarde, profissionais da área de dosimetria utilizaram esta técnica para simular o de transporte de radiação na matéria, a fim de estimar grandezas dosimétricas relacionadas à proteção radiológica (ECKHARDT e col., 1987).

Técnicas de MC têm sido frequentemente utilizadas para estudar os problemas associados à utilização de radiações ionizantes em medicina (ANDREO, 1991; SEMPAAU, 2002): cálculo de dose em radioterapia (ROGERES e col., 1998); estudos de sistemas de imagem com radionuclídeos ou raios X (ZAIDE, 1999); caracterização de fontes de radiação (KOSUNEN e ROGERES, 1993; GALLARDO e col., 2004) e detectores de radiação (BIELAJEV e col., 1985); estudos específicos em mamografia e cálculo da radiação espalhada em salas de diagnóstico (CHAN e DOI, 1985); técnicas de otimização em radiologia convencional (WISE e col., 1999). Essas técnicas tornaram-se as melhores alternativas disponíveis para resolver problemas relacionados ao transporte de radiação ionizante.

A estimativa das doses nos órgãos por meio de técnica computacional requer modelos anatômicos para representar uma população geral. Os primeiros modelos utilizados para representar corpo humano foram, em sua maioria, placas homogêneas, cilindros e esferas (SNYDER, 1950). Estes modelos anatômicos evoluíram ao longo dos últimos 50 anos. Na década de 1960, surgiram os modelos matemáticos que representavam as estruturas simples do corpo por meio de equações, tais como superfícies planas, cilíndricas, elípticas e esféricas (FISHER e SNYDER, 1967). Embora o modelo matemático constitua-se um grande avanço na representação da anatomia humana, esse possui ainda grande limitação, tanto em número de órgãos, quanto em distribuição, localização, tamanho e composições química e física deles, diminuindo a fidelidade da representação.

A partir da década de 1980, novas técnicas de imagem, como tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM), tornaram possível a construção de nova geração de modelos anatômicos, ou seja, modelos tomográficos com anatomia mais realística, denominados de simuladores antropomórficos de voxel (GIBBS e col., 1984; WILLIAMS e col., 1986). Mais recentemente, vários pesquisadores vêm desenvolvendo simuladores antropomórficos sem a necessidade de recursos de imagens de TC ou de RM. Os novos simuladores são construídos a partir de atlas do corpo humano e com programas específicos de modelagem da anatomia humana que são encontrados livres na web. Dentre os programas mais

utilizados para modelar o corpo humano temos o Blender, MakeHuman e o ImageJ. Por meio do uso desses programas, é possível a construção de simuladores com diferentes tipos de massa corpórea, sexo, postura, tamanho, forma e localização do órgão e idade, mantendo a precisão anatômica (CASSOLA e col., 2010; LEE e col., 2007). Esta ampla adaptabilidade fornece um meio poderoso para representar com mais precisão os pacientes e profissionais expostos e, consequentemente, as doses destes indivíduos.

O objetivo desta pesquisa foi criar um modelo computacional de exposição para procedimentos de angiografia e angioplastia coronária em RI que permitisse a avaliação das doses ocupacionais e médicas e dos riscos associados a estas doses. Para alcançar os objetivos, foram calculados coeficiente de conversão (CC) para estimativa das doses equivalente e efetiva e dos riscos de câncer dos órgãos/tecidos e risco efetivo. Os resultados dosimétricos foram obtidos para uma faixa ampla de espectro energético, que abrange grande parte dos procedimentos cardíacos realizados em RI. Além disso, foi criado um modelo de exposição realístico, utilizando três simuladores antropomórficos de voxels para compor um cenário virtual com dois profissionais, um médico intervencionista (cardiologista) e uma enfermeira, e um paciente numa sala de RI. O modelo de exposição construído foi exposto a uma fonte pontual de radiação X. As grandezas dosimétricas estimada neste estudo serão uma ferramenta importante na avaliação do risco dos indivíduos expostos aos raios X.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Principais efeitos da interação da radiação com a matéria considerados neste estudo

Na faixa de energia utilizada neste estudo, os principais efeitos de interação da radiação com o tecido biológico são o efeito fotoelétrico, espalhamento coerente e efeito Compton.

O efeito fotoelétrico é o processo de interação dominante para fótons de baixa energia e envolve a absorção de fótons pelo átomo sendo, consequentemente, ejetado um elétron atômico. Esse processo está esquematizado na figura 2.1. Quando um elétron é removido de um átomo, gerando uma vacância, outro elétron de um nível mais energético pode cair nessa vacância, tendo como resultado a liberação de energia. Embora esta energia seja liberada às vezes na forma de um fóton, a energia pode também ser transferida a outro elétron, que pode então ser ejetado do átomo. Este segundo elétron é chamado elétron Auger. A energia do elétron ejetado é equivalente à diferença de energia entre as camadas eletrônicas e pode ser calculada utilizando a equação 2.1 (KNOLL, 2000; ATTIX, 1986).

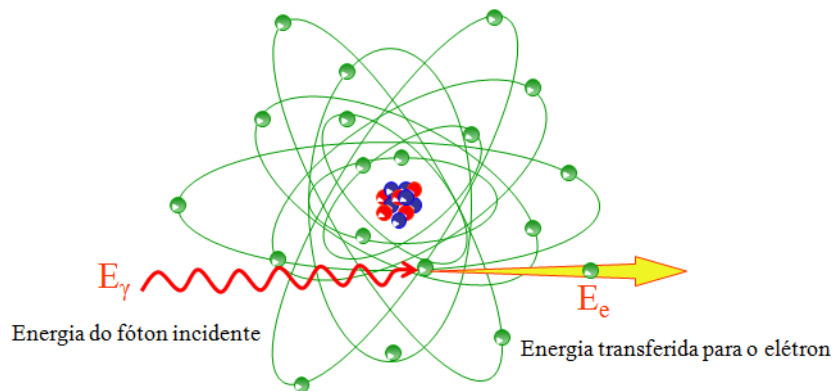


Figura 2.1. Esquema do efeito fotoelétrico.

$$E_e = E_\gamma - E_b = h\nu - E_b \quad (2.1)$$

Em que $E_\gamma = h\nu$ é a energia do fóton e E_b é a energia de ligação do elétron. O efeito fotoelétrico é mais provável quando a energia $h\nu$ do fóton é ligeiramente superior à energia de ligação do elétron numa determinada camada atômica. Acima da energia da camada K, a probabilidade de absorção de um fóton, com energia suficientemente alta para arrancar um elétron com uma energia não relativística é dada aproximadamente pela equação 2.2 (KNOLL, 2000; ATTIX, 1986).

$$\sigma_p \approx \sqrt{2} \frac{32\pi r_0^2 a^4}{3} \left(\frac{3m_0 c^2}{h\nu} \right)^m Z^n \quad (2.2)$$

Em que $a = 1/137$ é denominada de constante de estrutura fina, m_0 e r_0 são respectivamente a massa e o raio clássico do elétron, Z é o número atômico do material, h é a constante de Planck e ν é a frequência da onda. O expoente n varia entre 4 ($h\nu < 100 \text{ keV}$) e 4,6 ($h\nu > 500 \text{ keV}$) e m varia entre 3 ($h\nu < 100 \text{ keV}$) e 1 ($h\nu > 500 \text{ keV}$). Na região de $h\nu < 100 \text{ keV}$, o efeito fotoelétrico é relevante para energias acima da energia de ligação dos elétrons atômicos do material absorvedor, e a seção de choque varia aproximadamente com Z^4 e $(h\nu)^{-3}$.

A intensidade da radiação atenuada em um material absorvedor de espessura x é medida pelo coeficiente de atenuação linear, μ . Para eliminar a dependência com a densidade do material, é comum usar o coeficiente de atenuação mássico, σ , ou seja, a razão de μ pela densidade do material, ρ .

Outro efeito da interação da radiação com a matéria para faixa de energia de fóton avaliado neste estudo é o espalhamento coerente. Neste tipo de efeito, o átomo absorve (Figura 2.2 A e 2.2 B) e reemite um fóton mudando apenas sua direção (Figura 2.2 C). Este efeito não altera a energia do fóton e nem o estado do átomo. Por não contribuir para a absorção de energia no meio, este efeito não é relevante para avaliação da dose, mas a sua probabilidade de ocorrência precisa ser considerada nas simulações de transporte de radiação.

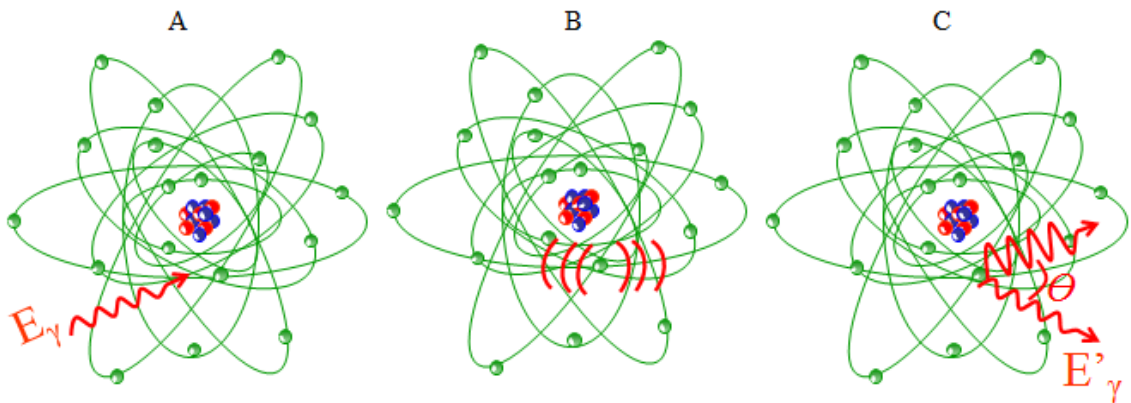


Figura 2.2. Etapas do efeito do espelhamento coerente. O átomo absorve o fóton (A) e vibra (B) e o fóton é reemitido com energia igual a do fóton incidente (C).

Durante a interação, o átomo, como um todo, recebe uma quantidade de momento, mas sua energia de recuo é muito pequena e um fóton é espalhado em um ângulo θ com energia E'_γ igual a do fóton incidente E_γ . A equação 2.3 nos fornece a seção de choque atômica para esse tipo de efeito (KNOLL, 2000; ATTIX, 1986).

$$\sigma_{RA} = \pi r_e^2 \int_0^\pi \sin\theta (1 + \cos^2\theta) [F(x, Z)]^2 d\theta \quad (2.3)$$

Em $[F(x, Z)]^2$ é chamado de fator de forma atômico.

A probabilidade do efeito de espalhamento coerente ocorrer depende da energia e dos tipos de materiais envolvidos. Assim, a chance desse efeito ocorrer é maior para fótons de baixa energia e de materiais absorvedores de alto número atômico. O coeficiente de atenuação mássico para esse efeito é dado pela equação 2.4.

$$\frac{\sigma_{Coh}}{\rho} = \frac{N_A}{A} \sigma_{RA} \quad (2.4)$$

Em que ρ é a densidade do material, N_A é o número de Avogadro e A é peso molecular do material.

O efeito Compton consiste na interação de fótons com elétrons livres¹. Nesta interação, o fóton inicial é espalhado e parte da energia é transferida para o elétron ejetado. A figura 2.3 apresenta o esquema desse tipo de efeito.

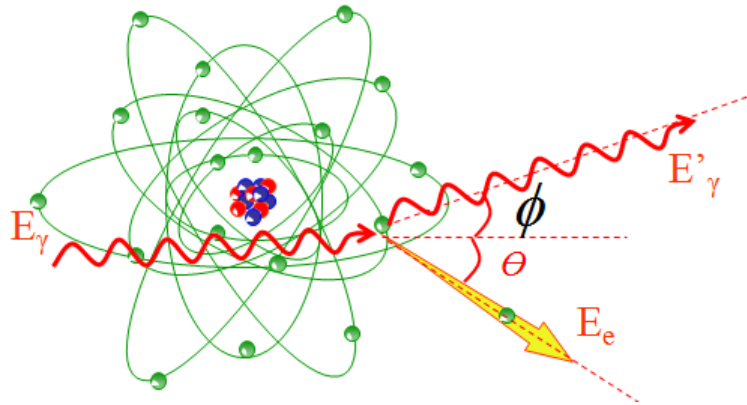


Figura 2.3. Esquema do efeito Compton.

O processo de colisão na interação Compton é descrito pela aplicação de leis de conservação de momento e de energia. Assim, a energia de recuo do elétron, E_e , em função do ângulo de espalhamento é dada pela equação 2.5 (KNOLL, 2000; ATTIX, 1986).

$$E_e = h\nu_0 \frac{\varepsilon (1 - \cos \theta)}{1 + \varepsilon (1 - \cos \theta)} \quad (2.5)$$

Em que θ é o ângulo de espalhamento do fóton, $\varepsilon = h\nu / m_0 c^2$ é a fração de energia reduzida e $m_0 c^2$ é o equivalente em massa do elétron.

¹O elétron é considerado livre quando sua energia de ligação é muito menor do que a energia do fóton.

A energia dos fótons espalhados varia segundo um ângulo θ em relação à trajetória inicial. A probabilidade de um fóton sair com certo ângulo de espalhamento θ é dada pela equação 2.6, conhecida como equação de Klein-Nishina (KNOLL, 2000; ATTIX, 1986).

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \Omega} \equiv Zr_0^2 \left(\frac{1}{1 + \varepsilon(1 - \cos\theta)} \right) \left(\frac{1 + \cos^2\theta}{2} \right) \left(1 + \frac{\varepsilon^2(1 - \cos\theta)^2}{(1 + \cos^2\theta)[1 + \varepsilon(1 - \cos\theta)]} \right) \quad (2.6)$$

Em que σ é a seção de choque Compton. Integrando a equação 2.6 para todo o ângulo sólido, obtém-se a seção de choque total em função da energia do fóton incidente. Conhecida a direção do fóton depois da colisão, a partir da equação de Klein-Nishina, a nova direção do elétron é dada pela equação 2.7.

$$\cot\emptyset = (1 + \varepsilon)\tan\frac{\theta}{2} \quad (2.7)$$

Em que $\emptyset$ é o ângulo de espalhamento do elétron.

A probabilidade para ocorrência do efeito Compton em função da energia do fóton incidente é dada pela equação 2.8 (KNOLL, 2000; ATTIX, 1986).

$$\sigma_c \equiv \frac{\pi r_0^2}{\varepsilon} \left\{ \left[1 - \frac{2(\varepsilon + 1)}{\varepsilon^2} \right] \cdot \ln(2\varepsilon + 1) + \frac{1}{2} + \frac{4}{\varepsilon} - \frac{1}{2(2\varepsilon + 1)^2} \right\} \quad (2.8)$$

O coeficiente de atenuação mássico do efeito Compton, μ_c/ρ , é obtido pela equação 2.9 (KNOLL, 2000; ATTIX, 1986).

$$\frac{\mu_c}{\rho} = \left\{ N_A \left[\frac{Z}{A} \right] \sigma_c \right\} \quad (2.9)$$

Em que $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ é o número de Avogadro, Z é o número de elétrons por átomo de um elemento ou por moléculas em um composto, A é o número de massa do material ($A = g/mol$) e ρ é a densidade em g/cm^3 . A razão de Z/A é igual a 1 para o hidrogênio e aproximadamente $0,45 \pm 0,05$ para todos os outros elementos.

O coeficiente de atenuação mássico total $\sigma_{total} = \mu/\rho$ considerado neste estudo será dado pela soma dos coeficientes de atenuação mássico do efeito fotoelétrico (σ_p/ρ), espalhamento coerente (σ_{coh}/ρ) e efeito Compton (σ_c/ρ), conforme apresentado na equação 2.10 (KNOLL, 2000; ATTIX, 1986).

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\sigma_p}{\rho} + \frac{\sigma_{coh}}{\rho} + \frac{\sigma_c}{\rho} \quad (2.10)$$

2.2 Método Monte Carlo (MC) e avaliação de erro

No contexto do transporte de radiação, o método MC envolve o uso de números aleatórios e de distribuição de probabilidade para simular as possíveis interações das partículas durante o percurso na matéria. Todos os dados físicos que irão determinar a energia, posição e direção de voo das partículas são alocados no algoritmo de um código computacional de transporte de radiação. O método consiste em utilizar uma sequência de números aleatórios distribuídos no intervalo $[0, 1]$ que determina o comportamento futuro de uma variável aleatória ξ , para simular uma série de efeitos nos átomos produzidos por fótons, nêutrons e partículas carregadas ao percorrer a matéria. Todos os efeitos gerados no meio, como espalhamento, absorção e produção de partículas secundárias, seguem um processo aleatório, ou seja, não se pode prever que tipo de interação ocorrerá em cada tempo e lugar, mas é possível atribuir uma probabilidade a cada evento provável. O nome desse método é uma referência à cidade do Principado de Mônaco, Monte Carlo, conhecida mundialmente pelos famosos jogos de roleta, que utilizam números aleatórios. Embora o método tenha surgido nos anos 1940, as bases teóricas dele já existiam há séculos (YORIYAZ, 2009).

Na busca de uma solução numérica para um problema de transporte de radiação, os modelos computacionais fundamentados no método MC baseiam-se na resolução da equação de transporte de Boltzmann (HUANG, 1987). O parâmetro mais importante na análise do transporte da radiação é o fluxo $\Phi(\mathbf{r}, \mathbf{\Omega}, E, t)$, que é uma função que depende de 8 variáveis, três implícitas no vetor posição $\mathbf{r}$, três em um vetor de direção $\mathbf{\Omega}$, e outras duas nos parâmetros escalares de energia E e tempo t . As variáveis que definem o fluxo estão apresentadas na figura 2.4, que é conhecida como sistema de coordenadas de espaço-fase. Neste sistema, o fluxo é definido como o número de partículas por unidade de área que se encontram em uma posição $\mathbf{r} = f(\mathbf{r}, \theta_0, \varphi_0)$, com energia entre $(E \text{ e } E + dE)$ que se movem ao longo do ângulo sólido $\mathbf{\Omega}$, compreendido entre $\mathbf{\Omega} \text{ e } \mathbf{\Omega} + d\mathbf{\Omega}$. Fazendo o balanço de partículas que entram e que saem do volume dV se obtém a equação 2.11, conhecida como equação de transporte de Boltzmann (HUANG, 1987).

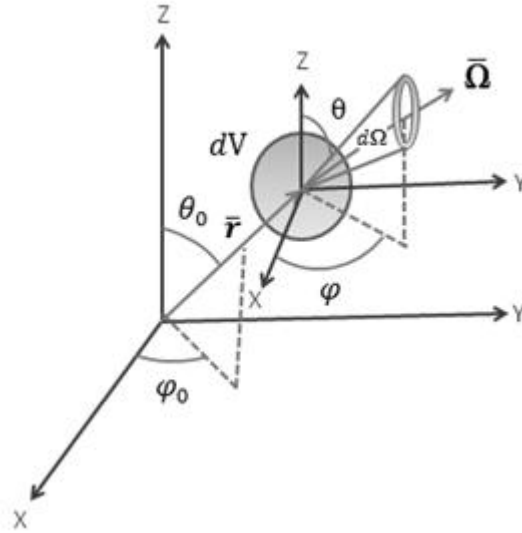


Figura 2.4. Sistema espaço-fase.

$$\iint \sum s(\vec{r}, E') p(E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \Phi(\vec{r}, \vec{\Omega}, E') d\Omega' dE' + S(\vec{r}, \vec{\Omega}, E) - \left[\nabla * \vec{\Omega} \Phi(\vec{r}, \vec{\Omega}, E) + \sum_t (\vec{r}, E) \Phi(\vec{r}, \vec{\Omega}, E) \right] = 0 \quad (2.11)$$

A solução da equação de transporte não pode ser obtida de forma exata, ou seja, não tem solução analítica. Entretanto, existem vários métodos numéricos de solução, como método dos harmônicos esféricos, teoria da difusão e outros. Existem códigos computacionais desenvolvidos que utilizam esses métodos de solução (SANGREN, 1960). Esse conjunto de solução numérica é denominado de métodos determinísticos. A formulação exata do fenômeno nem sempre é possível por meio de métodos determinísticos, especialmente em geometrias complexas. Uma vez que a trajetória de uma partícula ao atravessar materiais é de natureza estatística, o método MC torna-se uma ferramenta útil no estudo deste processo.

Por meio do método MC, os processos físicos são simulados teoricamente sem necessidade de resolver analiticamente as equações que descrevem o sistema. No entanto, é necessário conhecer as funções de densidade de probabilidade (FDP) que descrevem o comportamento físico do sistema.

No processo da simulação do transporte de radiação através do método MC, o fóton entra aleatoriamente em um material podendo interagir ou não com o mesmo. Como na faixa de energia utilizada no radiodiagnóstico os efeitos mais prováveis de interação são os efeitos fotoelétricos e o Compton, o fóton pode, ao percorrer a matéria, ser absorvido por um átomo por efeito fotoelétrico ou pode passar por sucessivos espalhamentos devido ao efeito Compton, perdendo energia e variando a sua trajetória, até ser absorvido ou sair do material. Estas

sucessivas interações sofridas pela radiação, desde seu “nascimento” até sua “morte”, é denominada de história de uma partícula. Nesse processo, a distância média percorrida entre duas interações sucessivas é denominada de trajetória livre média (λ).

A probabilidade de que um fóton percorrer um comprimento x sem interagir é governado pela equação 2.12.

$$p(x)dx = N\sigma e^{-N\sigma x}dx \quad (2.12)$$

Em que N é o número de partículas por unidade de volume em um meio e σ é a seção de choque total. Por definição, a trajetória livre média é $\lambda = \langle x \rangle$ e pode ser determinada pela equação 2.13.

$$\lambda = \frac{\int_0^\infty x e^{-N\sigma x} dx}{\int_0^\infty e^{-N\sigma x} dx} = \frac{1}{N\sigma} \quad (2.13)$$

A equação 2.12 pode ser reescrita como:

$$p(x)dx = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{x}{\lambda}} dx \quad (2.14)$$

Em que,

$$\lambda = 1/\mu \quad (2.15)$$

$$p(x)dx = \mu e^{-\mu x} dx \quad (2.16)$$

Para cada número aleatório ξ com $0 \leq \xi < 1$ existe uma variável x de uma função de distribuição de probabilidade que obedece a seguinte equação:

$$\xi = \int_0^x p(x)dx \quad (2.17)$$

substituindo o valor de $p(x)$, e resolvendo a equação para x , tem-se,

$$\xi = \int_0^x \mu e^{-\mu x} dx \quad (2.18)$$

$$x = - \frac{\ln(\xi)}{\mu} \quad (2.19)$$

A distância S percorrida entre duas interações sucessivas é derivada pela equação 2.20.

$$S = -\lambda \ln(\xi) \quad (2.20)$$

A partir da equação 2.20 é calculada a distância do fóton desde que entra no material até o ponto onde sofre a primeira interação. Para determinar qual dos tipos de interação deverá ocorrer, um novo número aleatório ξ é gerado. A equação 2.21 mostra os intervalos para os principais efeitos da interação da radiação com a matéria predominantes na Física Médica, onde foi adicionado também o efeito de produção de pares, que não foi apresentado neste texto por não ser possível de ocorrer no intervalo de energia da RI.

$$\xi = \left\{ \begin{array}{ll} \left[0, \frac{\sigma_p}{\mu} \right] & \rightarrow \text{Efeito fotoelétrico} \\ \left[\frac{\sigma_p}{\mu}, \frac{\sigma_p + \sigma_{\text{Coh}}}{\mu} \right] & \rightarrow \text{Espalhamento coerente} \\ \left[\frac{\sigma_p + \sigma_{\text{Coh}}}{\mu}, \frac{\sigma_p + \sigma_{\text{Coh}} + \sigma_{\text{C}}}{\mu} \right] & \rightarrow \text{Espalhamento Compton} \\ \left[\frac{\sigma_p + \sigma_{\text{Coh}} + \sigma_{\text{C}}}{\mu}, 1 \right] & \rightarrow \text{Produção de par} \end{array} \right\} \quad (2.21)$$

O método MC pode ser pensado como um experimento realizado em ambiente computacional. Assim como um experimento realizado em laboratório, nesse processo, os resultados simulados devem ser analisados e investigados, pois estão sujeitos a algum grau de erros associados ao processo de simulação. A quantidade de interesse neste estudo é a dose absorvida em órgãos e tecidos como resultado de um grande número de interações de fótons. Cada fóton possui uma história. Assim, para i -ésima história tem-se um valor médio da grandeza (BRIESMEISTER, 1993).

Se $p(x)$ é a FDP da escolha de uma história de valor x , a resposta verdadeira é o valor esperado de x , $E(x)$, onde,

$$E(x) = \int xp(x)dx \quad (2.22)$$

Se os valores de $p(x)$ não são conhecidos exatamente, $E(x)$, a média, pode ser estimada via método MC por $\bar{x}$:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2.23)$$

Em que x_i é o valor de x correspondente a história i , N é o número total de histórias. A variância, σ^2 , pode ser estimada utilizando a equação 2.24 e o desvio padrão populacional, σ ,

apresentado pela equação 2.25, foi derivado tomando a raiz quadrada da variância.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} \quad (2.24)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (2.25)$$

A variância ($\sigma_{\bar{x}}^2$) e o desvio padrão da média ($\sigma_{\bar{x}}$) associados com a simulação podem ser definidos pela equação 2.26 e 2.27 respectivamente.

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{\sigma^2}{N} \quad (2.26)$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N(N - 1)}} \quad (2.27)$$

Para $N \gg 1$, pode-se utilizar o Teorema do Limite Central. Neste caso, o intervalo de confiança dos resultados pode ser avaliado por meio da equação 2.28.

$$\bar{x} - k\sigma < E(x) < \bar{x} + k\sigma \quad (2.28)$$

Em geral, o valor do fator de abrangência k é escolhido com base no nível de confiança desejado para ser associado com o intervalo definido. Tipicamente, k está no intervalo entre 1 e 3. Para $k = 1, 2$ e 3 , os intervalos de confiança são respectivamente de 68, 95 e 99,7 %.

Uma forma mais simples na avaliação dos desvios no processo de simulação pode ser realizada por meio de coeficiente variação (CV), ou seja, a razão entre o desvio padrão ($\sigma_{\bar{x}}$) e a média ($\bar{x}$) da grandeza obtida. O CV pode ser definido matematicamente pela equação 2.29.

$$CV = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}} \quad (2.29)$$

A avaliação do grau de confiança em processo de simulação por meio de transporte de radiação é mostrada na tabela 2.1.

Tabela 2.1. Valores de coeficientes de variação (CV) (BREISMEISTER, 1993).

Coeficiente de variação (CV)	Classificação da grandeza
0,5 a 1,0	Descartável
0,2 a 0,5	Pouco confiável
0,1 a 0,2	Questionável
< 0,10	Confiável, exceto para detectores pontuais
< 0,05	Confiável

Para se obter a dose de radiação em um indivíduo através do método MC, é necessário ter um código que simule o transporte de radiação e um simulador que represente corpo humano em âmbito computacional. Os principais modelos de corpo humano e de códigos de transporte de radiação utilizados para estimativa de dose são apresentados nas seções seguintes.

2.3 Códigos computacionais de transporte de radiação

O cálculo utilizando técnica MC consiste no uso de um grande número de "histórias", cada uma sendo iniciada no momento em que uma partícula é criada. A história das partículas é encerrada quando a energia da partícula torna-se insignificante, ou a partícula é absorvida ou escapa da região de interesse. A média de um grande número de trajetórias e de interações permite estimativas de grandezas físicas de interesse por meio de simulação computacional.

Atualmente, há diversos códigos de transporte de radiação disponíveis que utilizam técnica MC. Entre os códigos mais usados, podemos destacar o EGS4 (ROGERES, 1984), o MCNPX (PELOWITZ, 2011), o PENELOPE (BARÓ e col., 1995), o GEANT (AGOSTINELLI e col., 2003) e o Visual Monte Carlo (VMC) (HUNT e col., 2000), entre outros. Os processos de simulação do transporte de partículas por meio destes códigos apresentam pequenas diferenças. Essas diferenças podem ser atribuídas aos tipos de radiações consideradas no transporte, às aproximações e aos modelos utilizados para descrever as interações. Todos estes códigos permitem a simulação de materiais de composição arbitrária, com geometrias complexas e uma variedade de energias que vão desde alguns keV até alguns GeV. Os códigos de transporte de radiação podem ser abertos ou fechados. Um código é aberto quando o usuário tem acesso ao arquivo fonte e as bibliotecas de dados do programa. Os códigos EGS, PENELOPE, GEANT e VMC são códigos abertos e o MCNPX é fechado. O MCNPX foi desenvolvido no Laboratório de Los Alamos do Estados Unidos da América, e suas raízes remontam à década de 1940, época em que os cientistas Von Neumann, Ulam e Metropolis desenvolveram método MC, que não se restringiu apenas a criação de armas nucleares, mas também a solução de muitos outros problemas em diferentes áreas das ciências, como na biologia, economia, engenharia espacial, etc.

Para simular o transporte de partículas com a matéria, neste estudo foi utilizado o código MCNPX2.7.0, que é uma versão mais atual do código MCNP. Este código foi desenvolvido em linguagem de programação FORTRAN e pode ser operado em ambiente de Windows e Linux. Este código descreve o transporte de 34 tipos de partículas (fóton, elétron, nêutron, núcleons, píons, múons, íons leves, beta, alfa, próton, etc). Dentre estas partículas,

podemos destacar os fótons, os elétrons e os nêutrons que podem ser transportados individualmente ou acoplados (nêutron / fóton / elétron) em geometria tridimensional e em sistema heterogêneo. O MCNPX transporta estas partículas para ampla faixa de energia: fótons (1 keV-100 GeV); elétrons (1 keV-1GeV) e nêutrons (1 keV-20 MeV), o que o torna atrativo para várias áreas das ciências, como por exemplo, proteção radiológica, dosimetria, física médica, engenharia nuclear, projetos de construção de detectores, projetos de fusão e fissão nuclear em reatores, etc.

A Figura 2.5 mostra esquematicamente as interpretações feitas pelo código MCNPX para o mecanismo de transporte de radiação. Ao iniciar a história da partícula, são determinados os vários parâmetros, tais como: energia, coordenadas espaciais, direção e tipos de interações.

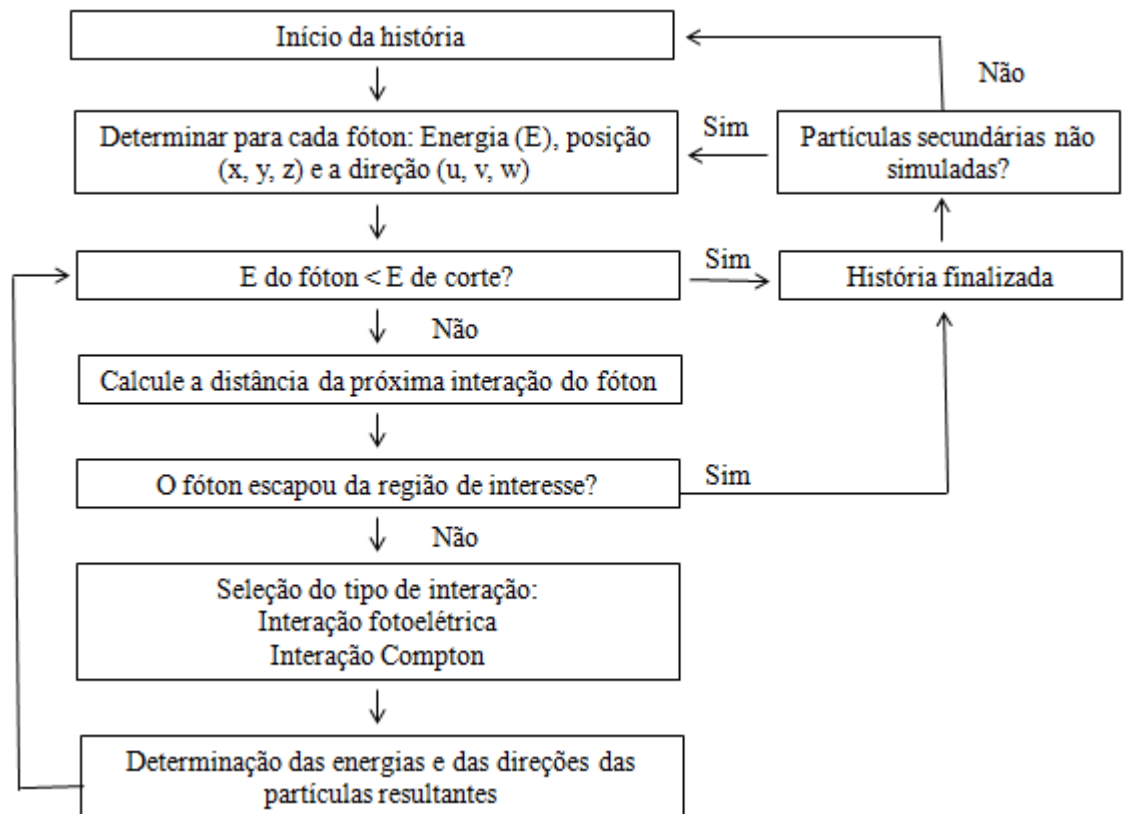


Figura 2.5. Fluxograma: representação das diferentes etapas que realiza o código MCNPX para a simulação de transporte de fóton.

2.4 Construção dos arquivos de entrada (INP) para o código de transporte de radiação MCNPX

Para simular um problema físico no MCNPX, é necessário especificar em um arquivo de entrada (INP), a geometria de irradiação e uma lista de parâmetros do problema, alguns dos quais incluem o tipo de radiação, a energia, materiais, características e tipos de fontes de

radiação, seções de choque, grandezas que deseja calcular, técnicas de redução de variância e número de histórias a ser simuladas.

O INP é composto de três blocos denominados de "cartões", que são construídos em arquivos ASCII em um editor de texto de bloco de notas e separados por uma linha em branco: cartão de célula, cartão de superfícies e cartão de dados. Para que o código seja executado corretamente, é necessário cada um destes três cartões. O código lerá as instruções do INP, realizará a simulação e criará um arquivo de saída (OUTPUT). Esse arquivo, conterá os resultados simulados, os erros relativos produzidos e algumas tabelas que resumem o processo de simulação. Nas seções seguintes, serão descritos os cartões que compõem o arquivo de entrada do código.

2.4.1 Cartão de células

No bloco das células é feita a delimitação das regiões de estudo por meio de superfícies utilizando operadores booleanos de intersecção (espaço simples), complemento (#) e união (:). Neste bloco, são definidos a forma, o tipo de material e sua respectiva densidade que compõem as células. Cada célula possui certa importância (IMP) que é atribuída neste bloco ou opcionalmente no bloco de dados.

2.4.2 Cartão de superfícies

Nos cartões de superfície podem ser definidas geometrias bi e tridimensionais combinatórias que permitem a utilização de recurso de estrutura repetida, viabilizando a utilização de geometrias exatas de objetos voxelizados como de imagens médicas. Neste bloco, o usuário especifica número de superfície e geometria (por exemplo, plano, esfera, cilindros, cones, tóroide, etc.). Este processo é repetido até que todas as estruturas dentro do modelo sejam definidas. Na tabela 2.2, são apresentadas diferentes formas geométricas representadas por caracteres denominados de “mnemônicos” lidos pelo código MCNPX e utilizados neste estudo.

Tabela 2.2. Principais geometrias lidas e utilizadas pelo código MCNPX.

Mnemônico	Descrição	Equação	Coefficientes
Planos			
p	Geral	$Ax + By + Cz - D = 0$	A B C D
px	Normal a x	$x - D = 0$	D
py	Normal a y	$y - D = 0$	D
pz	Normal a z	$z - D = 0$	D
Esferas			
so	Na origem	$x^2 + y^2 + z^2 - r^2 = 0$	r
s	Geral	$(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2 - r^2 = 0$	$\bar{x}$ $\bar{y}$ $\bar{z}$ r
sx	Em x	$(x - \bar{x})^2 + y^2 + z^2 - r^2 = 0$	$\bar{x}$ r
sy	Em y	$x^2 + (y - \bar{y})^2 + z^2 - r^2 = 0$	$\bar{y}$ r
sz	Em z	$x^2 + y^2 + (z - \bar{z})^2 - r^2 = 0$	$\bar{z}$ r
Cilindros			
c/x	Paralelo a x	$(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2 - r^2 = 0$	$\bar{y}$ $\bar{z}$ r
c/y	Paralelo a y	$(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2 - r^2 = 0$	$\bar{x}$ $\bar{z}$ r
c/z	Paralelo a z	$(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2 - r^2 = 0$	$\bar{x}$ $\bar{y}$ r
cx	Eixo x	$y^2 + z^2 - r^2 = 0$	r
cy	Eixo y	$x^2 + z^2 - r^2 = 0$	r
cz	Eixo z	$x^2 + y^2 - r^2 = 0$	r
Cones			
k/x	Paralelo a x	$\sqrt{(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2} - t(x - \bar{x}) = 0$	$\bar{x}$ $\bar{y}$ $\bar{z}$ $t^2 \pm 1$
k/y	Paralelo a y	$\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2} - t(y - \bar{y}) = 0$	$\bar{x}$ $\bar{y}$ $\bar{z}$ $t^2 \pm 1$
k/z	Paralelo a z	$\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2} - t(z - \bar{z}) = 0$	$\bar{x}$ $\bar{y}$ $\bar{z}$ $t^2 \pm 1$
kx	Eixo x	$\sqrt{y^2 + z^2} - t(x - \bar{x}) = 0$	$\bar{x}$ $t^2 \pm 1$
ky	Eixo y	$\sqrt{x^2 + z^2} - t(y - \bar{y}) = 0$	$\bar{y}$ $t^2 \pm 1$
kz	Eixo z	$\sqrt{x^2 + y^2} - t(z - \bar{z}) = 0$	$\bar{z}$ $t^2 \pm 1$
Elipse			
sq		$A(x - \bar{x})^2 + B(y - \bar{y})^2 + C(z - \bar{z})^2 + 2D(x - \bar{x}) + 2E(y - \bar{y}) + 2F(z - \bar{z}) + Z = 0$	A B C D E F G $\bar{x}$ $\bar{y}$ $\bar{z}$
Toróide elíptico ou circular nos eixos x, y e z respectivamente.			
tx		$(x - \bar{x})^2/B^2 + \left(\sqrt{(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2} - A\right)^2/C^2 - 1 = 0$	$\bar{x}$ $\bar{y}$ $\bar{z}$ A B C
ty		$(y - \bar{y})^2/B^2 + \left(\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2} - A\right)^2/C^2 - 1 = 0$	$\bar{x}$ $\bar{y}$ $\bar{z}$ A B C
tz		$(z - \bar{z})^2/B^2 + \left(\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2} - A\right)^2/C^2 - 1 = 0$	$\bar{x}$ $\bar{y}$ $\bar{z}$ A B C
RPP (Paralelepípedo retangular)			
$(x_{min} \ x_{máx}; \ y_{min} \ y_{máx}; \ z_{min} \ z_{máx})$ - Dimensões mínimas e máximas ao longo dos eixos x, y e z.			
Esfera			
$x \ y \ z \ R$	Coordenadas x, y e z e raio R		
RCC (Cilindro)			
$(v_x \ v_y \ v_z; \ h_x \ h_y \ h_z)$ e R - Coordenadas x, y e z do centro da base do cilindro circular de raio R e, cujo sentido ao longo do eixo é definido pelo vetor direção $(h_x \ h_y \ h_z)$.			

2.4.3 Cartão de dados

Uma vez que os cartões de superfície estão completos, o usuário pode passar para os cartões de dados onde são definidos os materiais a serem utilizados, energias, etc. Cada material identificado nos cartões de dados deve ser especificado pelos seus componentes elementares e pela percentagem de cada elemento no material por meio da representação numérica ZZZAAA.nnX (Z é o número atômico do elemento, A é a massa do elemento e nn e XX são opções de busca de seções de choque nas biblioteca de dados do código). Neste cartão, é definido o tipo e o modo de transporte das partículas utilizando o comando "MODE" que especifica que tipos de partículas podem ser criadas e controladas no problema. Neste estudo, a modelagem da fonte foi feita utilizando o comando "SDEF". Nesta definição, o usuário pode especificar as funções de distribuição utilizando os cartões "SI" (informações da fonte) e "SP" que representa a distribuição de probabilidade. Nestes cartões, o usuário especifica as características e tipo de fontes modelada (por exemplo, fótons, elétrons, nêutrons, etc), bem como posição, direção, forma do feixe e quantas histórias serão simuladas (NPS).

As informações coletadas durante o processo de transporte são gravadas usando uma variedade de contagens. O registro das grandezas macroscópicas simuladas, como energia depositada, fluxo de partículas, fluência, é contabilizado por meio de comandos denominados de "tallies". A descrição dos tallies utilizados no MCNPX é mostrado na tabela 2.3.

Tabela 2.3. Contabilizadores (tallies) utilizados para registro de grandezas físicas.

Mnemônico	Descrição	Fn	*Fn
F1:N ou F1:p ou F1:e	Corrente integrada numa superfície	Partículas	MeV
F2:N ou F2:p ou F2:e	Fluxo médio numa superfície	Partículas/cm ²	MeV/cm ²
F4:N ou F4:p ou F4:e	Fluxo médio numa célula	Partículas/cm ²	MeV/cm ²
F5a:N ou F5a:p	Fluxo num detector pontual ou radial	Partículas/cm ²	MeV/cm ²
F6:N ou F6:n,p ou F6:p	Energia média depositada na célula	MeV/g	Jerks ¹ /g
F7:n	Energia de fissão depositada	MeV/g	Jerks/g
F8:p ou F8:p,e ou F8:e	Pulso de energia num detector	Pulsos	MeV
+F8: e	Deposição de carga	Carga	Não existe

1 ¹Jerk = 10⁹ joules

Além das grandezas mostradas na tabela 2.3, o código prevê e fornece o erro relativo em tabelas resumidas configuradas pelo usuário. Isso pode ser útil no entendimento da parte física das simulações e serve como indicativo de eventuais erros do problema analisado.

2.5 Modelos de simuladores antropomórficos utilizados pelos códigos computacionais de transporte de radiação

Para representar a anatomia do corpo humano, as informações sobre a densidade do elemento, composição, tamanho, forma e localização das partes do corpo são necessárias. Existem basicamente duas abordagens fundamentais: uma representada por expressões matemáticas (modelos antropomórficos matemáticos) e outra usando modelos em estrutura em voxel, construídos por meio de imagens tomográficas, de ressonância magnética, fotografias ou por meios de programas computacionais de modelagem da anatomia humana. Estes modelos são incorporados em códigos computacionais apropriados para obter a dose de radiação no corpo humano, como resultado da exposição a uma fonte de radiação ionizante.

2.5.1 Simulador antropomórfico matemático

Para representar realisticamente o corpo humano, um modelo de corpo precisa ser construído para ser incorporado em um código MC. Em 1969, em Oak Ridge National Laboratory (ORNL), foi desenvolvido o primeiro modelo matemático para cálculo de dose em Medicina Nuclear, conhecido como MIRD (Medical Internal Radiation Dosimetry Committee). Este modelo matemático foi construído por meio de equações matemáticas que representam os órgãos e tecidos por meio de planos, esferas, elipsóides, cilindros, etc, conforme é mostrado na figura 2.6. A construção do MIRD foi baseado nos dados anatômicos do homem de referência, originalmente definido para representar uma "média" do homem adulto europeu ou norte-americano de 20 a 30 anos de idade, de massa corporal de 70 kg e 1,7 m de altura, com valores anatômicos da ICRP (International Commission on Protection Radiological) em sua publicação de número 23 (ICRP 23, 1975)

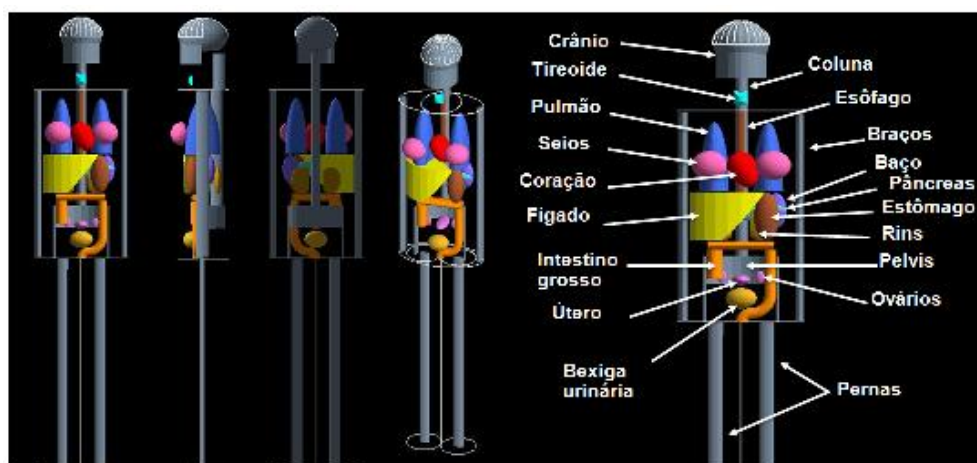


Figura 2.6. Anatomia do modelo matemático MIRD (CRISTY e ECKERMAN, 1987).

O corpo do modelo MIRD foi definido em três seções principais: um cilindro elíptico que representa a cabeça e o pescoço, outro cilindro elíptico para modelar o braço, o tronco e os quadris, e um tronco de cone elíptico para as pernas e os pés. Embora o modelo tenha sido originalmente desenvolvido para ser utilizado no cálculo das doses de radiação para fontes internas, foi amplamente utilizado também para fontes externas. Esse modelo possui três tipos de composição de materiais: tecido ósseo, tecido do pulmão e tecidos moles. Embora o simulador antropomórfico original era hermafrodita (incluindo os órgãos reprodutores de ambos os sexos), anos depois foi construído uma família de simuladores de ambos os sexos com diferentes idades (CRISTY e ECKERMAN, 1987).

A maioria dos simuladores matemáticos atuais foi construída com base nos modelos propostos por Snyder. Para fins de cálculo de dose, mais tarde foram desenvolvidos modelos adultos, conhecido como ADAM (modelo masculino) e EVA (modelo feminino) (KRAMER e col., 1982), que são derivados do MIRD. Um grupo de pesquisadores do ORNL desenvolveu simuladores matemáticos representando crianças de diferentes idades (CRISTY, 1980). Stabin e col. (1995) desenvolveram um simulador adulto representando uma mulher grávida em três estágios diferentes de gestação (3, 6 e 9 meses). Clairand também criou três modelos de simuladores masculinos e três femininos com diferentes dimensões (CLAIRAND, 1999). Além da construção de todos esses simuladores que representam indivíduos caucasianos, foi construído, por Park e col. (2006), um simulador adulto masculino coreano e, por Saito e col. (2001), um simulador adulto japonês para estudos dosimétricos dos sobreviventes de Hiroshima. Finalmente, um simulador matemático, conhecido como Torso Cardíaco 4D (MCAT) foi desenvolvido para estudos que consideram a influência dos mecanismos respiratórios e de movimento dos órgãos (PRETORIUS e col., 1997, SEGARS e col., 2001).

Por mais de duas décadas, os pesquisadores usaram modelos matemáticos e os códigos embasados no método MC para executar cálculos de dose em órgãos e tecidos de indivíduos expostos a fontes de radiação externa e interna. No entanto, os modelos de simuladores matemáticos permanecem muito simplificados e aproximados (LE MOSQUET e col., 2002).

Uma representação mais fiel de pacientes e profissionais médicos e, conseqüentemente, das grandezas dosimétricas calculadas nestes indivíduos, pode ser obtida por meio do uso de simuladores antropomórficos de voxel, que são simuladores construídos a partir de dados anatômicos reais.

2.5.2 Simulador antropomórfico de voxel

Com o avanço das técnicas de imagens médicas e com o surgimento de novos programas de computador específicos em modelagem do corpo humano, muitos pesquisadores começaram a perceber que a representação geométrica do corpo humano poderia ser substituída por modelos anatômicos e fisiológicos mais realísticos. Nas últimas décadas, técnicas de imagens médicas, como TC e RM, e por meio de programas de computador, muitos pesquisadores têm avançado consideravelmente na construção de novos simuladores antropomórficos. Estes recursos de imagens permitem que os pesquisadores visualizem as estruturas internas do corpo podendo armazenar as imagens em formatos digitais. Através das imagens geradas é possível desenvolver modelos tomográficos de corpo inteiro que fornecem representações tridimensionais dos órgãos e do corpo de forma mais fiel do que os simuladores matemáticos.

Na construção de um modelo de corpo a partir de imagens tomográficas, a qualidade dos dados originais é fundamental para a representação fiel de estruturas internas do corpo. As imagens obtidas em TC devem fornecer informações detalhadas sobre a anatomia do corpo humano. Uma fatia de imagem é uma matriz de pixels em uma geometria bidimensional (BUSHBERG e col., 2002). A figura 2.7 mostra as etapas envolvidas no desenvolvimento de um modelo de corpo para fins de dosimetria com base em imagens de TC.

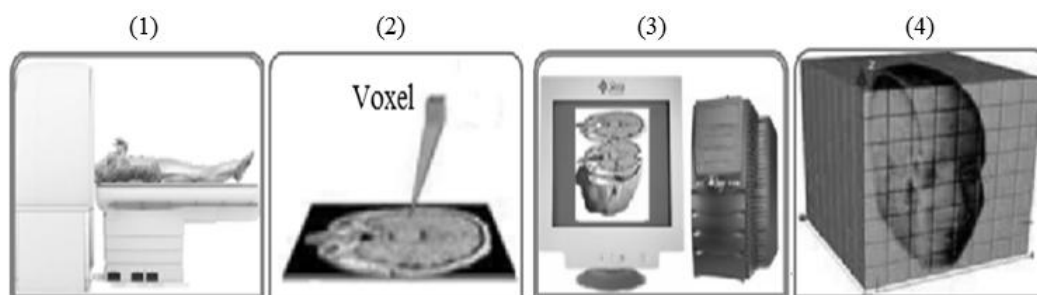


Figura 2.7. Etapas envolvidas para construção de um simulador antropomórfico tomográfico: (1) Aquisição de imagens em TC; (2) fatia da imagem voxelizadas; (3) uso do computador para segmentar e classificar cada órgão e tecido que referem as imagens e (4) visualização das imagens empilhadas do simulador antropomórfico.

Depois de obtidas as imagens do corpo, figura 2.7 (1) e 2.7 (2), a próxima etapa envolve rotinas de segmentação e classificação, figura 2.7 (3), ou seja, determinar a qual órgão ou tecido cada voxel pertence e atribuir uma cor e um número identificador a uma determinada região dessa imagem. A partir da composição elementar dos órgãos e tecidos que compõe as imagens, são atribuídas as propriedades químicas e físicas dos materiais para os voxels que formam essas imagens. Esses voxels são agrupados e finalmente o modelo de corpo é formado,

figura 2.7 (4), podendo ser, então, importado pelo código de transporte de radiação que utiliza o método MC.

Há vários exemplos de simuladores antropomórficos de voxel desenvolvidos para dosimetria. Por exemplo, Zubal e col. (1994) criaram um modelo chamado VOXELMAN a partir de imagens de TC de tórax de cabeça de um paciente de 35 anos de idade, com uma altura de 178 cm e massa corpórea de 70 kg (com voxels cúbicos de 4 mm de comprimento). Nesse simulador foram adicionados pernas e braços com base no projeto “Visible Human” (SPITZER e WHITLOCK, 1998).

Dimbylow desenvolveu simuladores a partir de RM de voluntários saudáveis: um simulador masculino, o NORMAN (DIMBYLOW, 1995), e um simulador feminino, a NAOMI (DIMBYLOW, 2005). As dimensões do voxel do modelo masculino foram ajustadas para coincidir com a altura e peso do corpo do homem de referência da ICRP 30 (1975); isto é, peso corporal de 70 kg e uma altura de 170 cm (JONES, 1997). Posteriormente, o simulador NORMAN foi modificado e passou a ter altura (176 cm) e peso (73 kg) do corpo de referência da ICRP 89 (2003). O simulador NAOMI, construído com base em imagens médicas a partir de um exame de ressonância magnética de um indivíduo adulto feminino com 1,63 m de altura e 60 kg de massa corpórea. O tamanho do voxel foi redimensionado para 2 mm de comprimento cada. Além dos simuladores citados anteriormente, outros simuladores masculinos adultos foram construídos como o Vip-Man (XU e col., 2000), o Golem (ZANKL e WITTMANN, 2001). Entre os principais modelos de simuladores femininos podemos incluir Helga, Donna, Irene e Regina, que foram construídos para representar a mulher de referência da ICRP publicação 110 (ICRP 110, 2009).

A ICRP em sua publicação 110 recomenda a utilização de novos simuladores de voxel para representar indivíduos adultos masculinos e femininos que atendem às recomendações da ICRP 89. (ICRP 89, 2009). Estes simuladores foram construídos a partir de imagens de TC de um paciente com leucemia de 38 anos de idade e de uma paciente de 43 anos de idade. Esses simuladores possuem mais de 140 diferentes órgãos e tecidos definidos para atender, com máximo de realismo, o indivíduo de referência. A figura 2.8 apresenta os atuais simuladores computacionais de referência da ICRP 110 para indivíduos do sexo masculino e feminino, respectivamente. Estes simuladores são chamados de AM (*Male adult* – macho adulto) e AF (*Female adult* - fêmea adulta) correspondentes ao sujeito humano, não só em termos de geometrias de órgãos e formas, mas também em relação aos diferentes materiais, densidades e composições químicas, que possibilitam simular a interação da radiação com a matéria de forma mais realista (ICRP 110, 2009).

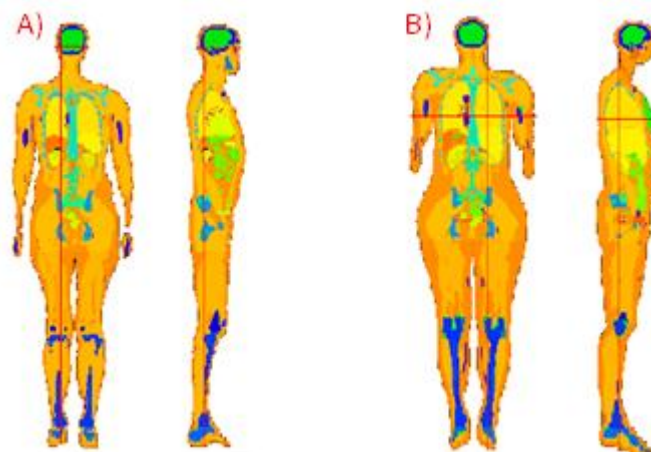


Figura 2.8. Vistas frontais e laterais dos simuladores antropomórficos utilizados atualmente pela ICRP: AM (A) e AF (B).

Algumas das principais características dos simuladores AM e AF são respectivamente: altura 176 e 163 cm; massa corpórea 73 e 60 kg; número de fatias axiais 222 e 348; resolução das fatias 254 x 127 e 299 x 137; volume dos voxels 0,2137 x 0,2137 x 0,8 e 0,1775 x 0,1775 x 0,484 cm³.

Mais detalhes sobre as características e disponibilidade de simuladores de voxel podem ser encontrados nas referências de Lemosquet e col. (2003), Zaidi e col. (2007) e na internet em <http://www.virtualphantoms.org/>.

O simulador que foi utilizado neste estudo foi desenvolvido pelo Grupo de Dosimetria Computacional do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco. Este grupo tem larga experiência na construção deste tipo de simulador. Os primeiros dois simuladores antropomórficos adultos desse grupo, um do sexo masculino e outro do sexo feminino tiveram como base as características fisiológicas e anatômicas recomendadas pela ICRP 89 (ICRP 89, 2002). O simulador macho, chamado de MAX (Male Adult voXel), tem as seguintes características: 175 cm de altura, 75 kg de massa corpórea e 22 órgãos. Ele contém 487 fatias axiais com uma resolução de 196 x 96 voxels e volume de voxel de 0,36 x 0,36 x 0,36 cm³ (KRAMER e col., 2003). O simulador feminino, chamado de FAX (Female Adult voXel) foi construído a partir de imagens de TC de um indivíduo de 37 anos de idade, de 165 cm de altura e massa corpórea de 63,4 kg e é composto por 22 órgãos e tecidos radiosensíveis. Na construção do simulador, foi utilizado um total de 453 fatias axiais com uma resolução de 158x74 voxels, com imagens compostas de voxels de resolução de 0,36 x 0,36 x 0,36 cm³ cada (KRAMER e col., 2004). MAX e FAX foram por muito tempo, considerados representantes do indivíduo de referência.

Os simuladores antropomórficos de voxel mais atuais deste grupo, entretanto, já utilizam nova metodologia de desenvolvimento. São os chamados simuladores por superfície *mesh* (malha), construídos com base em curvas suaves, polígonos e superfícies 3D. A forma dos simuladores é determinada por controle dos pontos, equações e outros parâmetros que definem a relação entre esses pontos de controle (XU e col., 2007). As faces geralmente consistem de triângulos, quadriláteros ou outros polígonos simples. Várias operações podem ser realizadas em malhas incluindo a lógica booleana. Estes modelos vêm sendo comumente usados para representar geometrias complexas.

2.5.3 Simulador antropomórfico NURBS

Uma abordagem híbrida para construção de simuladores antropomórficos incorpora as melhores características dos simuladores matemáticos e de voxel. Simuladores híbridos fazem uso de superfícies NURBS (Non Uniform Rational B-Spline) para descrever os limites internos e externos dos órgãos e das superfícies externas do corpo. NURBS é uma técnica de modelagem matemática comumente usada para a geração de curvas e superfícies em animação computacional. Tal como acontece com os simuladores matemáticos, esses modelos são definidos por equações matemáticas que tornam muito suave a forma dos tecidos e permitem uma modificação fácil da morfologia. No entanto, ao contrário dos simuladores matemáticos, a forma, a posição dos órgãos e tecidos são modelados de modo realista, semelhante aos simuladores voxelizados. A figura 2.9 mostra um esquema da construção do simulador do aparelho gastrointestinal utilizando superfície NURBS.

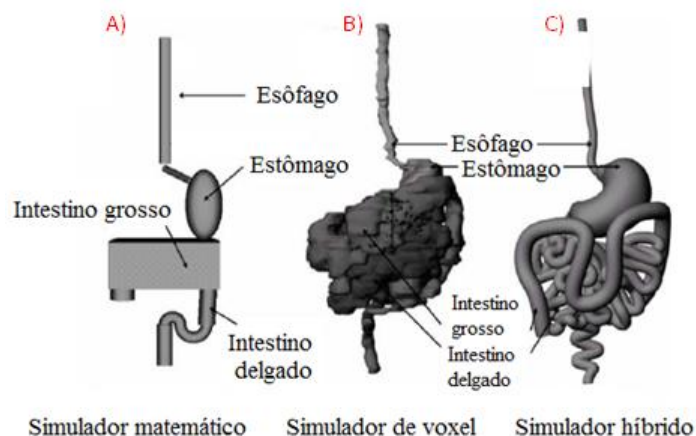


Figura 2.9. Comparação entre três modelos do trato gastrointestinal para o recém-nascido: Simulador matemático (ORNL) (A), simulador voxelizado (UF) (B) e simulador híbrido (UF) (C) (LEE e col., 2007a).

Na Universidade da Flórida, foi construído um simulador para representar um recém-nascido utilizando superfícies NURBS. A anatomia do recém-nascido foi ajustada para a morfologia de referência definida pela publicação ICRP 89 (LEE e col., 2007a; LEE e col., 2007b). Outro ponto forte do uso de superfícies NURBS é o melhoramento da morfologia por meio de recurso de suavidade e de flexibilidade do simulador. Na figura 2.10, além da suavidade da região do abdômen (2.10 A), especialmente na região do cólon e intestino delgado, pode-se notar também a flexibilidade da morfologia e da postura (2.10 C) do simulador comparada com a figura 2.10 B.

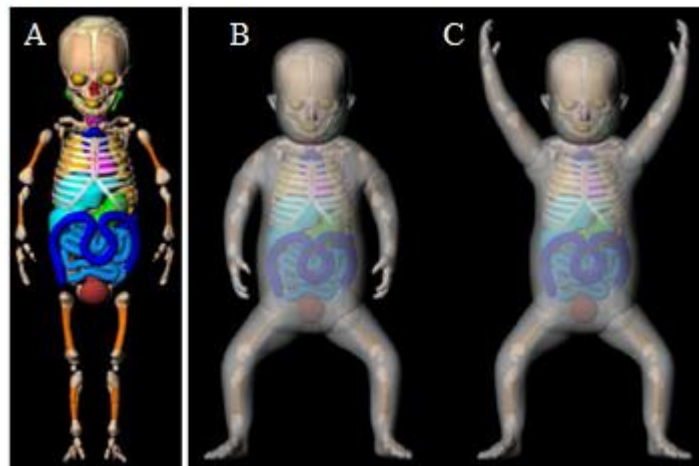


Figura 2.10. Vista frontal do simulador recém-nascido feminino UFH-NURBS. Suavidade da região abdominal (A) e flexibilidade da morfologia e da postura (B e C) (LEE e col., 2007b).

2.5.4 Simulador antropomórfico *mesh*

Uma superfície *mesh* (malha poligonal) é composta por um conjunto de vértices, arestas e faces que especificam a forma de um objeto poliédrico no espaço 3D. As superfícies do simulador são definidas por uma grande quantidade de malhas poligonais, geralmente formadas por triângulos. A malha poligonal tem duas vantagens notáveis no desenvolvimento de simuladores antropomórficos. Em primeiro lugar, as superfícies que descrevem a anatomia humana podem ser convenientemente obtidas a partir de imagens de pacientes reais ou modelos comerciais da anatomia humana. Em segundo lugar, o simulador baseado em malha poligonal tem uma considerável flexibilidade em ajustar sua geometria, permitindo a simulação de anatomia muito complexa. Estas características permitem o melhoramento anatômico obtido com superfície NURBS, sobretudo, quando se trata de órgãos e tecidos de topologia complexa, tal como esqueleto, pulmão e fígado (XU e col., 2008).

No Instituto Ressenlear, vários simuladores foram construídos utilizando superfícies *mesh*. Primeiro, o simulador VIP-Man que foi estendido a 4D, ou seja, foram acrescentados nas simulações a influência do movimento respiratório utilizando modelagem de malha (XU e XI, 2005). Em seguida, três modelos foram criados representando uma mulher grávida com 3, 6 e 9 meses de gravidez (figura 2.11A). Estes foram chamados RPI-P3, RPI-P6 e RPI-P9 que usou superfícies simultaneamente NURBS (corpo feminino) e polígonos malha (feto). Órgãos da mãe e do feto foram ajustados para combinar com as recomendações da ICRP 89. Também no Instituto Ressenlear, Zhang e col. (2009) desenvolveram um par de simuladores *mesh* adulto feminino e masculinos chamados RPI-AM e RPI-AF mostrados na figura 2.11 (C). A massa corporal e o tamanho destes modelos foram ajustados para combinar com as recomendações da ICRP 89.

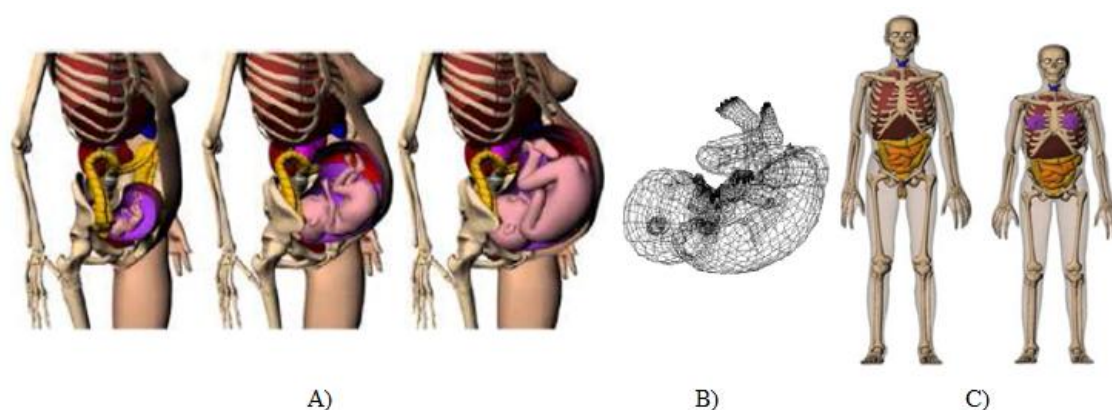


Figura 2.11. A) Simuladores NURBS representando uma mulher grávida de 3, 6 e 9 meses de gestação respectivamente, um simulador *mesh* representando um feto B) (XU e col., 2007) e modelos de simuladores *mesh* adulto feminino e masculino da RPI C) (ZHANG e col., 2009).

Os simuladores atuais do Grupo de Dosimetria Computacional do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco estão apresentados na figura 2.12. Utilizando uma combinação de software de modelagem 3D (MakeHuman, Blender, Bivox e ImageJ), CASSOLA e col. (2010) desenvolveram dois simuladores adultos chamado FASH (*mesh* Feminino Adulto) e MASH (*mesh* Masculino Adulto) equivalentes aos simuladores voxelizados FAX e MAX. Os simuladores foram construídos a partir de atlas de anatomia com características que obedecem às recomendações da ICRP 89. Os simuladores FASH e MASH foram os escolhidos para utilização neste trabalho e suas características fisiológicas e anatômicas serão descritas na seção de Materiais e Métodos.

Recentemente, este mesmo grupo da Universidade Federal de Pernambuco desenvolveu um conjunto de simuladores (figura 2.13) com diferentes massas, idades e sexos. Estes novos modelos foram feitos usando recursos computacionais avançados que

possibilitam trabalhar com modelagem de superfície e geometria complexa utilizando superfícies *mesh*. As definições de superfície 3D permitem que as massas dos órgãos possam ser ajustadas para combinar com as recomendações da ICRP 89 para os indivíduos de referência.



Figura 2.12. Simuladores FASH (A) e MASH (B) construídos com base em superfície *mesh* (CASSOLA e col., 2010).

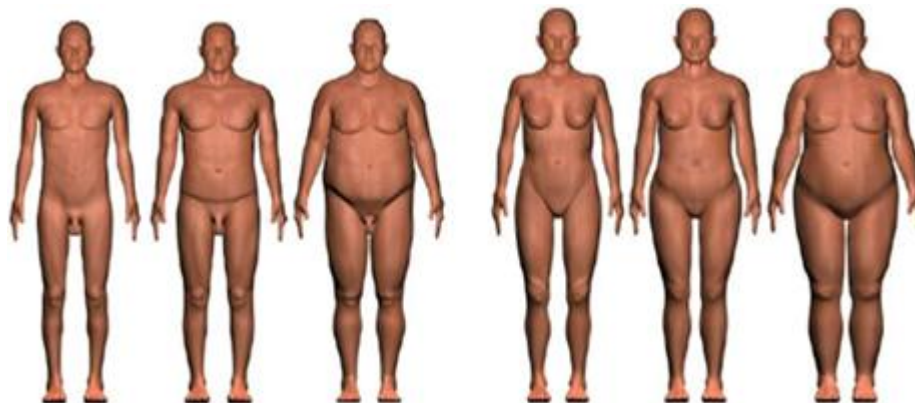


Figura 2.13. Conjunto de simuladores antropomórficos de diferentes sexos, idades e massas corpóreas (CASSOLA e col., 2011).

2.6 Grandezas dosimétricas gerais e específicas utilizadas neste estudo

Existem dois tipos de grandezas de radiação: as grandezas que descrevem o feixe de radiação em si (fluência e fluência energética) e outras que descrevem a quantidade de energia depositada no tecido ou matéria por um feixe de radiação (kerma, dose absorvida e dose equivalente) (KNOLL, 2000; ATTIX, 1986).

2.6.1 Fluência e fluência energética

A fluência (Φ) é uma grandeza física que caracteriza um campo de radiação e pode ser descrita especificando-se o número de partículas (dN) por unidade de área que incidem e atravessam uma determinada região do espaço numa esfera de seção reta de área (dA) perpendicular ao feixe (radiação ou partícula), sendo matematicamente representada por:

$$\Phi = \frac{dN}{dA} \quad (2.30)$$

Pelo SI, a unidade de fluência é definida por m^{-2} .

A fluência energética (Ψ) de um feixe é definida como a quantidade de energia de radiação (dE_{feixe}) que passa através de uma unidade de área (da), sendo representada por:

$$\Psi = \frac{dE_{\text{feixe}}}{da} \quad (2.31)$$

Pelo SI, a fluência de energia é dada em J/m^2 . No caso de fótons monoenergéticos, a energia é $h\nu$, onde h é a constante de Plank e ν é a frequência da radiação. A equação 2.31 pode ser reescrita como,

$$\Psi = \frac{dN \cdot h\nu}{da} \quad (2.32)$$

A quantidade de energia de um feixe depositada na matéria ou tecido se relaciona com a quantidade de danos causados pelo feixe. Quando um fóton interage com matéria, a totalidade ou parte da sua energia é cedida para o elétron do meio. O elétron em seguida, cede a sua energia para o meio através de excitação ou ionização.

2.6.2 Kerma

A energia cinética liberada da radiação ionizante por unidade de massa é chamada de kerma e é medida em J/kg , cuja unidade é o gray (Gy),

$$K = \frac{d\bar{E}_{tr}}{dm} \quad (2.33)$$

em que $d\bar{E}_{tr}$ é a soma das energias cinéticas iniciais de todas as partículas carregadas produzidas/liberadas por radiação ionizante não carregadas, numa porção de massa dm . A sua relação com a fluência de fótons é a seguinte:

$$K = \Phi \left(\frac{\mu}{\rho} \right) E_{tr} \quad (2.34)$$

em que (μ/ρ) é o coeficiente de atenuação de massa do meio para a energia do feixe incidente. O produto $\Phi(\mu/\rho)$ representa o número de fótons por interação por unidade de massa. A equação 2.34 é válida para um feixe de fótons monoenergéticos. Um feixe real não é monoenergético, assim para um feixe de fótons a equação 2.34 deve ser integrada sobre as várias energias ficando:

$$K = \int_0^{h\nu_{\max}} \frac{d\Phi(h\nu)}{(h\nu)} \left(\frac{\mu(h\nu)}{\rho} \right) \bar{E}_{tr}(h\nu) \cdot d(h\nu) \quad (2.35)$$

2.6.3 Dose absorvida

Quando a radiação ionizante incide sobre um volume de matéria, parte da energia do feixe é depositada em certo volume, e parte escapa dele. Assim, a parte da energia que foi absorvida por unidade de massa do corpo que foi exposto a radiação ionizante é denominada de dose absorvida D , e é descrita pela equação 2.36.

$$D = \frac{d\bar{E}_{ab}}{dm} \quad (2.36)$$

Em que $d\bar{E}_{ab}$ é a energia média absorvida num volume de massa dm . A unidade de dose absorvida é a mesma do kerma, J/kg ou Gy.

2.6.4 Conversão entre dose absorvida e kerma

Para relacionar a dose absorvida e kerma, é importante entender a definição de condição de equilíbrio de partículas (CEP). Na CEP, o número de elétrons secundários que entram e param dentro do elemento de massa (dm) têm de ser igual ao número de elétrons secundários criados e que saem deste volume. Na condição de equilíbrio eletrônico a dose absorvida e o kerma podem ser escritos pela equação 2.37.

$$D = \frac{d\bar{E}_{ab}}{dm} = \Phi \left(\frac{\mu}{\rho} \right) \bar{E}_{ab} \quad (2.37)$$

Em que $\bar{E}_{ab}$ é a parte da energia cinética média absorvida num volume de massa dm e depende da energia do fóton e do meio absorvente. A equação 2.37 também pode ser escrita como:

$$D = \Phi \left(\frac{\mu}{\rho} \right) \bar{E}_{ab} = K(1 - g) = K_{col} \quad (2.38)$$

Em que g é a fração da energia que é perdida por bremsstrahlung. Para baixa energia de fótons g é muito pequeno e K_{col} é o kerma de colisão, resultado da transferência da energia dos elétrons na forma de ionização e excitação devido à interação entre partícula carregada e os elétrons atômicos e, portanto, $\bar{E}_{ab} = \bar{E}_{tr}$ e o kerma de colisão é igual à dose absorvida.

2.7 Estimativa de dose absorvida mediante método MC

A grandeza dosimétrica simulada que origina as demais grandezas de interesse no âmbito da proteção radiológica é a dose absorvida, D_T . A dose absorvida é obtida na simulação por meio da energia absorvida em cada um dos voxels devido a radiação primária e espalhada do feixe de raios X. A dose absorvida em cada voxel é calculada dividindo a energia total depositada pela massa do voxel. Dessa forma, podemos considerar que cada voxel desempenha uma função de um dosímetro de dimensão de poucos milímetros cúbicos. A dose em órgão/tecido de interesse pode ser calculada por meio da equação 2.39.

$$D_T = \frac{\sum_i (E_i)}{\sum_i (\rho_i v_i)} \quad (2.39)$$

Em que E_i é a energia depositada em cada voxel de determinado órgão ou tecido T , ρ_i é a densidade de cada material que forma o voxel e v_i é o volume do i-ésimo voxel. Neste estudo, a dose equivalente, H_T , definida pela equação 2.40 será considerada igual à dose absorvida no órgão ou tecido, pois para fótons o fator de peso da radiação, w_R , é igual a 1 (ICRP 103, 2007), conforme pode ser observado na tabela 2.4.

$$H_T = \sum_T w_R D_T \quad (2.40)$$

$$D_T = \frac{\text{Energia depositada no órgão } T}{\text{massa do órgão } T} \quad (2.41)$$

Em que w_R representa os principais fatores de peso para diferentes tipos de radiação.

Tabela 2.4. Fator de ponderação para diferentes tipos de radiação ionizante (ICRP 103, 2007).

Tipo de radiação	Fator de peso da radiação w_R
Fótons, elétrons e múons	1
Prótons	2
Partículas alfa, íons pesados	20
Nêutrons	$\left\{ \begin{array}{l} 2,5 + 18,2e^{\frac{-[\ln(E_n)]^2}{6}}, E_n < 1 \text{ MeV} \\ 5 + 17e^{\frac{-[\ln(2E_n)]^2}{6}}, 1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV} \\ 2,5 + 3,25e^{\frac{-[\ln(0,04E_n)]^2}{6}}, E_n > 50 \text{ MeV} \end{array} \right\}$

Uma vez que a dose equivalente pode causar riscos diferentes aos diversos tecidos e órgãos, um fator de ponderação tecidual (w_T) deve ser aplicado para obter o risco total em termos de dose efetiva (E) definida pela equação 2.42. Os principais fatores de ponderação (w_T) para diferentes órgãos e tecidos propostos pela ICRP 103 estão apresentados na tabela 2.5.

$$E = \sum_T w_T H_T \quad (2.42)$$

Tabela 2.5. Recomendação da ICRP 103 para fatores de peso (w_T) de órgãos e tecidos (ICRP 103, 2007).

Órgão e tecido	w_T	$\sum_T w_T$
Medula óssea, cólon, pulmão, estômago, mama e restantes*	0,12	0,72
Gônadas	0,08	0,08
Bexiga, esôfago, fígado e tireoide	0,04	0,16
Superfície óssea, cérebro, glândulas salivares e pele	0,01	0,04
Total		1,00

*Adrenais, região extratorácica, vesícula biliar, coração, rins, nódulos linfáticos, músculos, mucosa oral, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, tymus e útero.

2.8 Produto kerma-área (PKA)

Uma das grandezas mais utilizadas para avaliação de dose em procedimentos de RI é o PKA (geralmente medido em $\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$). Esta grandeza representa a integral do produto do kerma no ar (K_{ar}) pela área (dA) irradiada do feixe em um plano perpendicular ao eixo do feixe, excluindo a radiação retroespalhada. Esta grandeza é primordial não só para a estimativa da dose na pele do paciente, mas porque ela pode estabelecer uma interpretação do risco estocástico para o paciente. Matematicamente, o PKA é definido pela equação 2.43.

$$\text{PKA} = \int K_{\text{ar}}(A) * dA \quad (2.43)$$

O PKA é medido para uma exposição única ou para um exame radiológico completo. Isso é feito por meio de uma câmara de ionização incorporada na saída do tubo do equipamento de raios X. No entanto, esta grandeza não fornece qualquer informação sobre a distribuição espacial do feixe de entrada na pele do paciente (ICRP 120, 2013). Na figura 2.14 é mostrada a posição em que é medido o PKA na prática clínica.

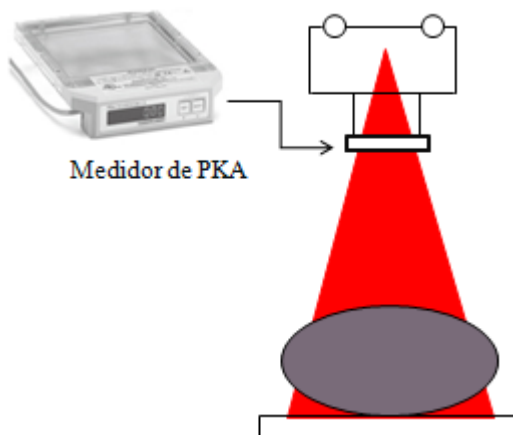


Figura 2.14. Ilustração da posição da medição do PKA.

2.9 Coeficiente de conversão de dose (CC) e estimativa de risco de câncer

A determinação direta das doses em órgãos e tecidos de pacientes e profissionais durante procedimento clínico, como já comentado, é um processo complicado para a maioria das situações. Na literatura, é comum expressar os resultados das doses em órgãos e tecidos por meio da razão entre uma grandeza dosimétrica estimada ou medida por outra grandeza que pode ser obtida mais facilmente por meio de arranjos experimentais como, por exemplo, kerma no ar e PKA. O resultado dessa razão é denominado de coeficiente de conversão de dose (CC), que é função dos parâmetros de campo e de fonte (tensão no tubo, filtração, tamanho de campo, posição do campo, distância foco pele, etc) e das propriedades anatômicas do simulador antropomórfico, como composição elementar dos tecidos relevantes do corpo e o método de transporte de radiação aplicado. Dessa forma, as medidas realizadas em dosimetria podem ser interpretadas em termos de dose absorvida, multiplicando o valor obtido no instrumento pelo adequado CC para situações de exposição similares à exposição real. Por consistência, neste trabalho, as doses estimadas nos órgãos, bem como todas as outras grandezas avaliadas, como dose equivalente, dose efetiva, risco de incidência de câncer, também serão apresentados neste formato.

Nos últimos anos, várias organizações internacionais desenvolveram modelos para estimar o risco de câncer para exposição à radiação ionizante com baixo nível de transferência

linear de energia (LET) a partir de dados dos sobreviventes da bomba atômica lançada nas cidades japonesa de Hiroxima e Nagasaki. Dentre essas organizações, podemos incluir as publicações internacionais da ICRP (ICRP 103, 2007), do NCRP (Conselho Nacional de Proteção contra as Radiações) (NCRP 160, 1993) e a publicação do documento denominado de Biologic Effects of Ionizing Radiation (BEIR). Na sétima edição deste documento, BEIR VII, o comitê organizador fez uma profunda análise dos efeitos à saúde das pessoas expostas a baixos níveis de radiação ionizante (NCR, 2007).

Neste trabalho, serão apresentados resultados da estimativa da incidência de risco efetivo de câncer para um paciente, um cardiologista e uma enfermeira, todos com 30 anos de idade, resultante da exposição aos raios X em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária, que são comuns em RI. Estes indivíduos serão representados por três simuladores antropomórficos de voxel adultos, representados pelos simuladores FASH (*Female Adult meSH*) e MASH (*Male Adult meSH*) (CASSOLA e col., 2010).

Na tabela 2.6 são mostrados os principais valores de riscos de incidência de câncer de acordo com o comitê BEIR VII. Os riscos são dependentes da idade e sexo. Entretanto, neste estudo só apresentaremos resultados para indivíduos adultos de 30 anos de idade.

Tabela 2. 6. Risco de incidência de câncer sugerido pelo comitê BEIR VII atribuível ao tempo de vida para uma população de 100.000 pessoas de 30 anos de vida exposta a uma única dose de 0,1 Sv (ICRP 103, 2007).

Local do câncer	Homem	Mulher
Estômago	28	36
Cólon	125	82
Fígado	22	10
Pulmão	105	242
Próstata	35	-
Mama	-	253
Útero	-	18
Ovários	-	34
Bexiga	79	79
Tireoide	9	41
Outros ¹	198	207
Todos os sólidos ²	602	1002
Leucemia ³	84	63
Todos os cânceres	686	1065

¹Entende-se por outros: esôfago, cérebro, superfície óssea, pele, glândulas salivares, gônadas (para cálculos masculinos) e os órgãos/tecido restantes mencionados na tabela 2.5, exceto para a próstata e útero; ²Entende-se por todos os cânceres sólidos, a contribuição total dos órgãos: estômago, cólon, fígado, pulmão, próstata, bexiga e outros e ³Leucemia, que se trata de câncer na medula óssea vermelha.

O termo risco efetivo “ R_E ” proposto por Brenner e Huda (2008) foi utilizado para estimar o risco de câncer a partir de um procedimento radiológico. O risco efetivo R_E pode ser calculado utilizando a equação 2.44.

$$R_E = \sum_T r_T H_T \quad (2.44)$$

Em que (r_T) representa o coeficiente de risco de câncer de cada órgãos/tecido T e H_T é a dose equivalente. A dose nos outros órgãos foi calculada da seguinte forma:

$$D_{outros} = \frac{\sum_T w_T \cdot H_T}{\sum_T w_T} \quad (2.45)$$

2.10 Cenário típico cardíaco de RI

Os procedimentos de RI têm-se revelado de grande valor para um número significativo de pacientes, obtendo alta precisão no diagnóstico, sobretudo, para patologias do coração, podendo auxiliar também na terapia dessas patologias. Para que o médico possa visualizar as imagens das estruturas internas do paciente, geralmente é introduzido um cateter na veia da perna ou do braço do paciente com uma substância radiopaca (geralmente iodo ou bário). Na figura 2.15, é ilustrado um esquema da trajetória do cateter via femoral (nível da virilha) para procedimento de diagnóstico AC e posteriormente terapêutico PTCA. Outra via de acesso do cateter tipicamente utilizadas em RI é o umeral (no nível do cotovelo) e o radial (no nível do pulso).

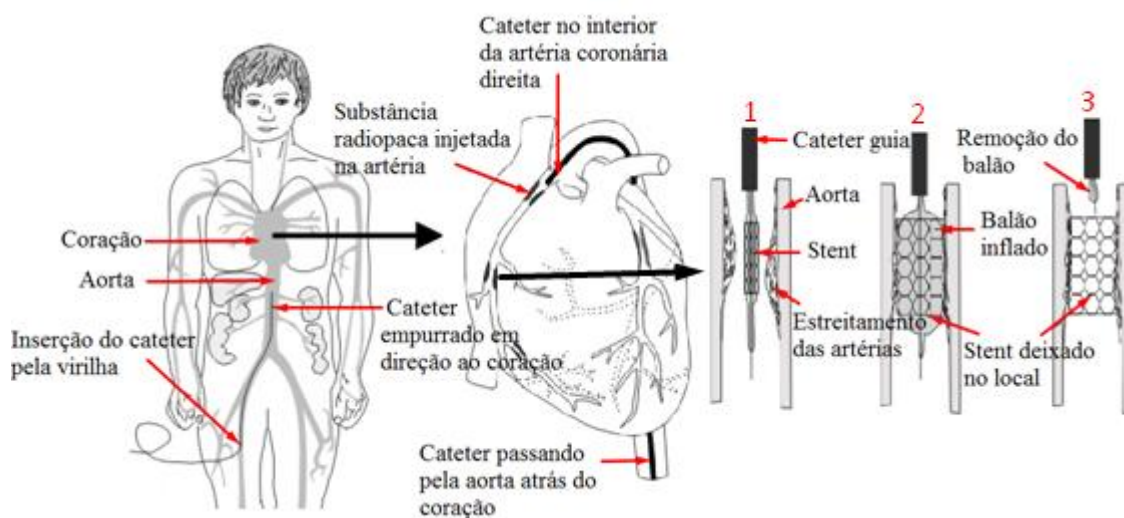


Figura 2.15. Esquema de acesso do cateter para um procedimento cardíaco de angiografia e angioplastia coronária.

O percurso do cateter até a região examinada é visualizado por meio de um conjunto de monitores de imagens. A figura 2.16 mostra os principais componentes de um equipamento de raios X (A) e um cenário típico cardíaco de RI (B).

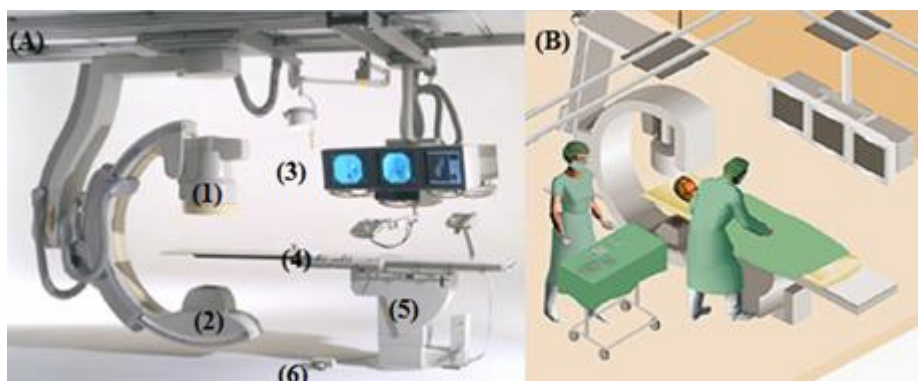


Figura 2.16. Principais componentes de um equipamento de raios X (A): (1) intensificador de imagem; (2) tubo de raios X; (3) monitores de vídeo; (4) mesa do paciente; (5) console de controle; (6) interruptor de pé e um cenário cardíaco de RI (B).

O intensificador de imagem (1) é responsável pelo o aumento do brilho da imagem e, graça às suas lentes, permite uma resolução adequada das estruturas internas do paciente; o tubo de raios X (2) ligado a um gerador de alta tensão é o local onde são produzidos os raios X necessários para a obtenção das imagens; os monitores de vídeos (3) são os responsáveis pelo fornecimento das imagens em tempo real e podem também utilizar de um dispositivo de gravação de imagem para serem estudadas posteriormente; a mesa do paciente (4) em conjunto com o console de controle (5) foi desenvolvida para ajustar as necessidades de cada procedimento; e, finalmente, o interruptor de pé (6) é o responsável pela liberação da radiação ao paciente.

Em procedimento cardíaco de RI, tanto os pacientes quanto a equipe médica envolvida estão susceptíveis a receberem doses altas de radiação nos órgãos e tecidos. Uma das razões são os longos tempos de procedimentos normalmente necessários. No caso da equipe médica, outra razão, como mostra a figura 2.16, é a proximidade desses profissionais do paciente (centro espalhador de radiação) e do tubo de raios X, que emite radiação em diferentes direções, atingindo diversas partes do corpo dos profissionais.

As doses nestes procedimentos variam muito, pois são afetadas por vários fatores, como a geometria de irradiação, os espectros energéticos, a espessura da região examinada, o tamanho de campo, o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) e a experiência dos profissionais. Há casos, mencionados na literatura, em que as doses se aproximam dos limites de dose para exposição ocupacional, chegando, em casos extremos, a ultrapassá-los (ICRP 85, 2000). Neste contexto, tanto os pacientes quanto os profissionais têm recebido atenção especial

de instituições competentes em matéria de proteção radiológica como Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, 2006).

2.11 Estudo dosimétrico em procedimentos cardíacos de RI

O conhecimento sobre proteção radiológica deve começar com a compreensão dos efeitos biológicos causados pela radiação ionizante. Logo após a descoberta dos raios X em 1895 por Roentgen, as pessoas começaram a se preocupar contra os efeitos nocivos das radiações ionizantes. Os efeitos biológicos da radiação podem ser classificados em duas categorias: os efeitos estocásticos e efeitos determinísticos. Os efeitos estocásticos ocorrem por acaso, e a probabilidade de ocorrência desse efeito aumenta proporcionalmente com a dose. Os efeitos estocásticos mais importantes são o câncer e os efeitos genéticos.

Os efeitos determinísticos acontecem apenas quando as pessoas recebem a dose acima de um valor limiar. Há uma clara relação entre a dose e os efeitos observados. Em caso de efeitos determinísticos de grau elevado, os sintomas podem ser tratados como síndromes agudas da radiação, que são classificadas mais comumente em três categorias: síndrome hematopoiética (efeitos sobre o tecido de formação do sangue) (0,3–10 Gy), síndrome do sistema gastrointestinal (destruição do epitélio intestinal) (6 – 100 Gy) e síndrome do sistema nervoso central (lesões no sistema nervoso central) (20 – 50 Gy) (ICRP 85, 2000).

Nas seções que seguem faremos uma breve revisão dos estudos mais recentes em dosimetria de procedimento cardíaco de RI em âmbito experimental e teórico.

2.11.1 Estudos dosimétricos experimentais sobre CCs

Falkner e Werduch (2008a e 2008b) fizeram um estudo abrangente envolvendo diferentes estudos publicados em dosimetria em procedimentos de AC, PTCA, stent e inserção de marcapassos. Os principais valores de PKA (em Gy.cm²) e de dose efetiva (em mSv) obtidos em procedimento de RI foram repectivamente: AC: 32 e 5,3; PTCA: 44 e 7,3; stent: 46 e 7,6 e inserção de marcapassos: 18 e 3,1. No mesmo estudo, foi apresentada uma média de CCs de dose efetiva normalizados em termos do PKA obtidos para os procedimentos citados acima. O CC médio para o paciente foi de 0,17 mSv/Gy.cm². Os autores concluíram que os CCs de dose serão uma ferramenta importante para estimar a dose efetiva para procedimento comum de RI.

CCs de dose efetiva por PKA foram obtidos experimentalmente para pacientes em diversos procedimentos de RI. Os valores de CCs publicados em diversos estudos foram:

Betsou e col. (1998), 0,184 mSv/Gy cm²; Bor e col. (2004), 0,240 mSv/Gy cm²; Broadhead e col. (1997), 0,186 mSv/Gy cm²; Efstathopoulos e col. (2003), 0,180 mSv/Gy.cm²; Katritsis e col. (2000), 0,182 mSv/Gy.cm² e Leung e Martin (1996) 0,221 mSv/Gy cm².

Padovani e Rodella (2001) estimaram as doses para médicos de RI em cinco projeções de feixe diferentes. O valor médio do CC de dose efetiva por PKA foi de 0,23μSv/Gy.cm². Em estudo similar em procedimento de RI, Tsapaki e col. (2004) apresentaram valores médios de 0,194 μSv/Gy.cm². Bor e col. (2006) desenvolveram um estudo dosimétrico em unidades de angiografia coronária e o CC médio de dose efetiva por PKA estimado para nove médicos intervencionistas foi de 0,14 μSv/Gy cm².

2.11.2 Estudos dosimétricos de CCs obtidos por meio do método MC

CCs são comumente obtidos em procedimento de RI e outros ramos da radiologia. Ferrari e col. (2010) utilizaram o código MCNPX e uma dupla de simuladores antropomórficos matemáticos para estimar CCs em RI para 6 órgãos radiossensíveis de paciente e médico após procedimento de AC. Os principais resultados de CCs (em mSv/mGy.cm²) para os pulmões, fígado, estômago, cólon e gônadas do paciente foram respectivamente (0,364, 0,145, 0,201, 0,02 e 4E-05) e para o médico (3,37E-03, 0,75E-03, 1,03E-03, 0,73E-03 e 0,23E-03). Uma das conclusões do estudo foi que a dose absorvida pelo médico é três ordens de grandeza menor do que a dose no paciente, que é da ordem de mSv por PKA.

Stisova (2004) também avaliaram a dose efetiva para o paciente durante procedimentos cardíacos. A estimativa da dose de entrada na pele e da dose efetiva foi realizada por meio de simulação computacional com o programa PCXMC (Programa de cálculo de dose em medicina utilizando técnica MC). O valor médio por procedimento do PKA para todos os locais de trabalho variou entre 25 e 54,5 Gy.cm² para AC e entre 43 e 104,5 Gy.cm² para ACPT. O CC médio de dose efetiva por PKA para os procedimentos estudados foi de 0,137 mSv/Gy.cm².

Schultz e col. (2003) fizeram um estudo dosimétrico com técnicas de MC para avaliação da dose de pacientes submetidos em procedimento de cateterismo cardíaco. Os resultados foram obtidos com dois códigos de transporte de radiação, o MCNP (Monte Carlo de N-partícula) e o PCXMC. Os principais valores de CCs de dose efetiva normalizados por PKA (em mSv/Gy.cm²) estimados foram: 0,33 para a projeção pósterio anterior (PA) e 0,15 para projeção lateral (LAO90°) utilizando o código MCNP, 0,31 para a projeção PA e 0,16 para a projeção LAO90° com o código PCXMC. Os autores concluíram que o método MC pode

servir como uma ferramenta útil para melhorar a precisão da estimativa de dose efetiva de paciente submetidos a procedimentos em RI.

Struelens e col. (2005) utilizaram técnica de MC para estimar a dose em pacientes submetidos a exame de angiografia do abdômen e da pelvis. A média dos CCs obtidos em mSv/Gy.cm² foram: abdômen (AP/PA) 0,283/0,170 e pelvis (AP/PA) 0,318/0,119. Os autores concluíram que as variações dos CCs são atribuídas as diferenças nos parâmetros radiográficos e na projeção do feixe utilizados nos exames.

Schmidt e col. (2000) e Hart e col. (1994) calcularam CCs de dose efetiva por PKA durante exame AC de paciente pediátrico. Os CCs foram obtidos em cinco projeções de feixe com tensão de pico no tubo de 60 e 70 kVp. Os resultados médios estimados em mSv/Gy.cm² foram: Schmidt e col. PA/AP: 0,084/0,098; LAO90°: 0,126; LAO45°/RAO45°: 0,138/0,134 e Hart e col. encontraram em PA/AP: 0,100/0,111; LAO90°: 0,144; LAO45°/RAO45°: 0,147/0,164.

Park e col. (2007) avaliaram as doses obtidas pelo paciente após procedimento de RI usando simuladores antropomórficos de voxel representando um homem adulto coreano (KTMAN-2) e o código de transporte de radiação MCNPX. Quatro projeções de feixe foram simuladas. Os parâmetros da fonte de raios X e condições de exposição foram obtidos a partir de dados da literatura. O valor médio do CC de dose efetiva por PKA foi de 0,3 mSv/Gy.cm². Esse resultado foi comparado com estudos experimentais e resultados computacionais obtidos com objetos simuladores matemáticos. As diferenças apresentadas mostram que os simuladores de voxel são mais adequados para estimar a distribuição de dose em pacientes submetidos a procedimento de angiografia coronária.

Struelens e col. (2010) apresentaram um conjunto de CCs calculados para diferentes combinações de filtro e de tamanho de campo para paciente submetido à RI. Foram estimadas as doses absorvidas para 14 órgãos radiosensíveis. O CC de dose efetiva por PKA foi de 0,672 mSv/Gy.cm². A possibilidade de calcular as doses nos órgãos e a dose efetiva a partir de medições do PKA para procedimentos de RI pode ser uma ferramenta útil, concluíram os autores.

Bogaert e col. (2008) realizaram um estudo dosimétrico em 8 hospitais belgas para um total de 318 procedimentos de RI. A simulação das doses absorvidas foram realizadas com o código PCXMC. O CC de dose efetiva por PKA foi de 0,185 mSv/Gy.cm². Os autores atribuíram as diferenças nos CCs entre os hospitais estudados à disponibilidade ou não de filtração adicional de cobre no tubo e às diferenças de projeções utilizadas nos hospitais.

Diferentemente dos resultados apresentados até aqui pela literatura, este estudo apresenta um modelo computacional de exposição construído simultaneamente com três simuladores antropomórficos de voxel para representar o paciente, um médico cardiologista e uma enfermeira durante procedimento cardíaco de RI. Este cenário de irradiação foi utilizado em uma série de simulações para determinar um conjunto de coeficientes de conversão que sirva para avaliação das exposições médicas e ocupacionais em procedimentos cardíacos de RI. Os indivíduos foram representados pelos simuladores antropomórficos FASH e MASH, construídos em pé e deitado, o que possibilitou representar de forma mais fiel à postura do paciente e dos profissionais médicos. Além destas características, outras novidades desta pesquisa foram a inserção detalhada dos componentes da sala de procedimentos e dos equipamentos de proteção individual dos trabalhadores e a simulação de cenário de irradiação para avaliar a eficiência da cortina de chumbo e de protetores suspensos confeccionados de vidro plumbífero. Desta forma, os cenários construídos neste estudo representam de forma muito fiel os procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária, que são muito comuns em RI.

CAPÍTULO 3: MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Código de transporte de radiação – MCNPX (versão 2.7.0)

O código de transporte de radiação MCNPX (PELOWITZ, 2011) foi usado para simular a deposição energética de fótons e elétrons nos órgãos e tecidos dos simuladores MASH e FASH. Os arquivos binários que compõem as matrizes dos simuladores FASH e MASH foram convertidos para arquivos ASCII utilizando o software TOMO_MC (MILIAN, 2007). Por meio deste software, foi possível ler as imagens no formato bmp e convertê-las em arquivos significativamente menores utilizando o recurso de estrutura repetida. Feito isso, a próxima etapa foi incorporar os simuladores no código MCNPX2.7.0 utilizando comandos de rotação e translação de matrizes, juntamente com os dados de composição de materiais, densidades, geometrias, fonte de radiação, funções de registro de dose e função resposta (DE/DF), necessárias para o cálculo da dose na medula óssea vermelha (RBM). Os CCs para doses equivalentes (H), efetivas (E) e de risco de câncer por produto kerma-área (PKA) para os órgãos e tecidos foram calculados utilizando espectros de energias de fótons variando de 60 a 120 keV provenientes de oito geometrias idealizadas definidas na ICRP (ICRP 120, 2013): ântero-posterior (AP), pósterio-anterior (PA), oblíquo anterior direito (RAO90°), oblíquo anterior esquerdo (LAO90°), caudal (CAUD30°), cranial (CRAN30°) e oblíquo anterior direito e anterior esquerdo (RAO45° e LAO45°).

A dose absorvida no órgão ou tecido, com exceção da medula óssea vermelha (red bone marrow, RBM) que será descrita na seção 3.4 deste capítulo, foi calculada por meio do produto da quantidade total de energia depositada no órgão (MeV obtida pelo registro *F8) pelo fator de conversão de MeV para joule (J), dividido pela massa do órgão/tecido (em grama (g)) como descrito na equação 3.1.

$$D_T(Gy) = \frac{*F8 \times 1,602 \times 10^{-10}}{m(g)} \quad (3.1)$$

3.2 Software gerador de espectro de raios X diagnóstico: SRS 78

Para ter sucesso na simulação do transporte de radiação em RI utilizando técnicas de Monte Carlo, é necessário ter o conhecimento preciso do espectro energético da fonte. Vários modelos empíricos de geradores de espectros energéticos foram desenvolvidos e vêm sendo amplamente utilizados em estudos de dosimetria com método MC. Dentre vários modelos de geradores de espectros podemos citar Specgen (TUCKER e col., 1991), Xcomp5r

(NOWOTNY e HYFER, 1985), TASMIP (BONNE e SEIBERT, 1997) e SRS 78 (CRANLEY e col., 1997). A precisão dos espectros gerados com estes métodos tem sido extensivamente avaliada por meio de comparações com resultados experimentais e tem sido demonstrado que não existe diferença estatisticamente significativa entre os espectros medidos e simulados.

O software SRS 78 foi escolhido para ser usado neste estudo devido à grande possibilidade de combinações de filtros, o que é muito comum entre os equipamentos de raios X. Este software gera espectros energéticos utilizados em radiologia convencional para diferença de potencial do tubo entre 30 e 150 kVp, para alvos de molibdênio, ródio e tungstênio. Neste estudo, espectros energéticos específicos foram gerados com base nos parâmetros técnicos utilizados na prática clínica especificada pelo usuário como potencial do tubo (kVp), ângulo anódico, tipo e quantidade de filtração do feixe e material alvo do feixe de elétrons. Para geração dos espectros utilizados nos processos de simulação foram utilizados os parâmetros radiográficos mais frequentemente usados em procedimentos de angiografia e angioplastia coronária obtidos da literatura (ICRP 120, 2013). Os valores desses parâmetros radiográficos foram: filtração no tubo de 3,5 mmAl, ângulo anódico de 12° e sete valores de tensão de pico no tubo de 60 a 120 kVp ao passo de 10 kVp. Outros parâmetros utilizados nas simulações foram: área de campo de radiação de 10 cm x 10 cm; distância foco-pele de 55 cm (AP), 50 cm (PA), 40 cm (LAO90°), 40 cm (RAO90°), 45 cm (CRAN30°), 43,5 cm (CAUD30°), 40 cm (RAO45°) e 56,5 cm (LAO45°). Com o intuito de reduzir as incertezas estatísticas associadas à dose absorvida, foi utilizado em cada cenário um total de $1,0 \times 10^9$ histórias de partículas e a validação desses resultados foi feita por meio da comparação com resultados obtidos por estudos experimentais. No apêndice C são mostrados os cenários de irradiação I e II e as oito projeções de feixe estudadas durante esta pesquisa.

3.3 Simuladores antropomórficos FASH e MASH

Para representar o paciente e o cardiologista foi utilizado o simulador antropomórfico adulto masculino denominado de MASH e para a enfermeira foi utilizado o simulador antropomórfico adulto feminino denominado de FASH. As imagens destes simuladores antropomórficos estão apresentadas na figura 3.1.

Uma vantagem destes simuladores é que cada um deles foi construído em duas posições, deitado e em pé, possibilitando a representação real de um paciente e dos profissionais. Desta forma, alguns dos efeitos anatômicos causados pela força gravitacional, como o deslocamento dos órgãos internos da caixa torácica, compressão dos pulmões, redução do diâmetro sagital, mudança na posição dos braços e ombros na direção dorsal, deslocamento

cranial, como pode-se verificar na figura 3.2 para o simulador MASH, foram levados em consideração e, desta forma, é de se esperar que os resultados apresentados sejam mais precisos do que os resultados obtidos em simuladores de voxel construídos com base em imagens de tomografia computadorizada, ressonância magnética e fotografias que são construídos com imagens obtidas do indivíduo deitado.

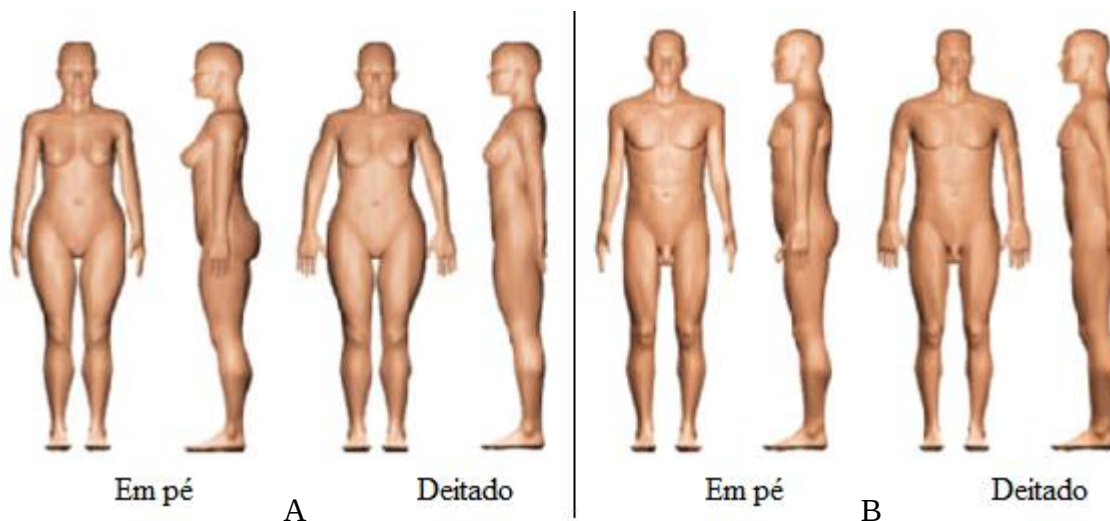


Figura 3.1. Simuladores antropomórficos FASH (A) e MASH (B) utilizados neste estudo (CASSOLA e col., 2010).

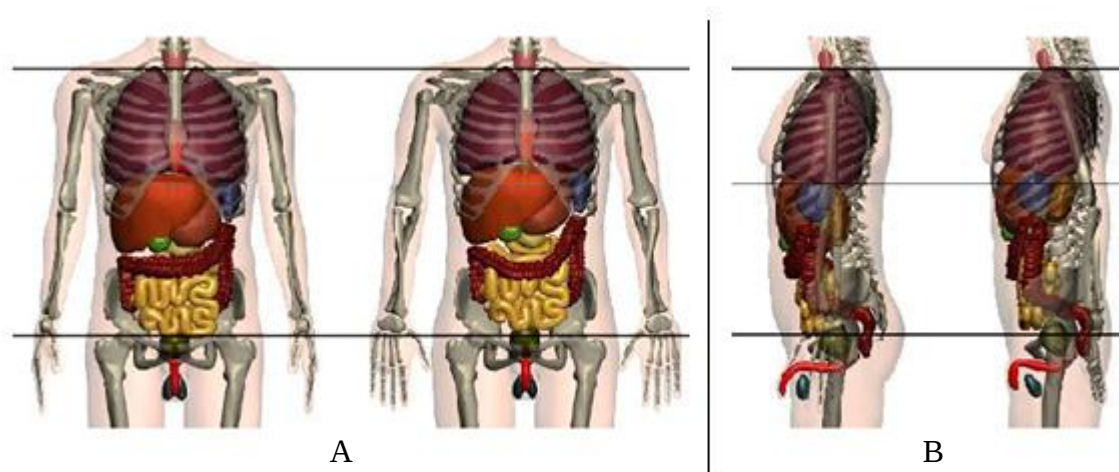


Figura 3.2. Vistas frontais (A) e laterais (B) da posição dos órgãos do simulador MASH (CASSOLA e col., 2010).

Os simuladores MASH e FASH foram construídos pelo grupo de dosimetria computacional do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, a partir de superfícies de malha e polígonos, tendo como base os simuladores FAX e MAX, cujas características atendem às recomendações dos dados anatômicos e fisiológicos do homem e da mulher de referência da ICRP 89. Estes simuladores possuem mais de 100 órgãos e tecidos segmentados com significância para a dosimetria. Para evitar problemas de locação de memória

pelo código MCNPX, as matrizes originais dos simuladores foram redimensionadas, de modo que as características fisiológicas e anatômicas fossem preservadas. O redimensionamento das matrizes foi realizado por meio do software de processamento de imagens digitais FANTOMAS (VIEIRA e LIMA, 2009). Por meio deste software foi possível aumentar as dimensões dos voxels de 0,12 para 0,24 cm de aresta. Com a redução destas matrizes, foi possível incorporá-las ao código MCNPX.

As características antropométricas, massas e densidades dos órgãos/tecidos dos simuladores FASH e MASH que foram considerados mais relevantes do ponto de vista da radiosensibilidade e que, portanto, foram utilizados neste estudo para estimativa dos CCs de dose equivalente, efetiva e de risco de câncer são apresentados na tabela 3.1.

Tabela 3.1. Dados físicos dos órgãos e tecidos dos simuladores antropomórficos FASH e MASH (CASSOLA e col., 2010).

Órgãos e tecidos	FASH Massa (g)	MASH Massa (g)	ρ g/cm ²	Órgãos e tecidos	FASH Massa (g)	MASH Massa (g)	ρ g/cm ²
Pele	2309	3301	1,09	Conteúdo do cólon	320	301,5	1,04
Tecido ad. subcutâneo	15979	11749	0,92	Cont. bexiga urinária	24,6	103	1,04
Olho	15	15	1,05	Útero	80	-	1,03
Lentes do olho	0,405	0,873	1,05	Nódulos linfáticos	300	360	1,03
Músclo	17493	29016	1,05	Tecido mole	3512	4281,7	1,1
Cérebro	1300	1450	1,05	Tecido periarticular	1441	1263,8	1,1
Corda espinhal	54,35	111,5	1,03	Tecido glandular	200	10	1,02
Glândulas adrenais	13	14	1,03	Sangue	524,5	703,7	1,06
Pulmões	950	1200	0,25	Tecido abdominal	2129	2559,1	0,92
Pâncreas	120	140	1,05	Peritônio	1138	1203,6	1,09
Fígado	1400	1800	1,05	Parede da ves. biliar	8	10,1	1,03
Rins	275	310	1,05	Ovários	11	-	1,04
Tymus	20	25	1,03	Parede do estômago	140	150	1,04
Baço	130	150	1,04	Parede int. delgado	600	650	1,04
Pass. nasal (V. aérea)	27	35	1,03	Parede cólon	360	370	1,04
Língua	60	73	1,05	Parede bex. urinária	40	50	1,04
Cavidade oral	41	37,7	1,05	Mamas	300	15	0,95
G.saliv.submandibular	21	25	1,03	Coração	250	330	1,05
G.saliv. parotideas	41	50	1,03	Dentes	42,23	30,6	2,75
G.saliv. sublingual	8	10	1,03	Esqueleto compacto	3159	4289,8	1,92
Faringe+Laringe (ET)	25	36	1,03	Esqueleto esponjoso	2838	3838	1,18
Esôfago	35	40	1,03	Medula amarela	418	685,7	0,98
Traquéia	8,4	10	1,03	Espinha + tronco	120	138,24	1,1
Tireoide	17	20	1,04	Cartilagem	519	618,4	1,1
Bronquíolos	9,72	11,32	1,03	Humero+fêmur	348	302,6	1,1
Cont. vesícula biliar	48	58	1,03	Cont. Int. delgado	278	350	1,04
Conteúdo do estômago	232,8	250	1,04	Testículos	-	35	1,04
Outros tecidos*	824,3	126,2	-	Próstata	-	17	1,03
Massa total (g)	60037	72701	-	-	-	-	-
Estatutura (cm)	162,5	175,6	-	-	-	-	-

* incluindo sangue, tecidos conectivos, cartilagens não articulares e outros tecidos moles.

A postura dos simuladores FASH e MASH possui tamanho de matriz variável. As matrizes da FASH na postura em pé e deitada têm dimensões respectivamente de 442 x 256 x 1354 e 530 x 208 x 1354 voxels. Do mesmo modo, o simulador MASH na postura em pé e deitado tem dimensões, respectivamente, de 478 x 258 x 1462 e 526 x 236 x 1462 voxels. Estes simuladores possuem voxels cúbicos com aresta de 0,12 cm cada. Como comentado anteriormente, para representar o paciente, o cardiologista e a enfermeira, as matrizes originais foram redimensionadas. A FASH (enfermeira) na postura em pé passou a ter dimensões 221 x 128 x 677 voxels. Da mesma forma, o MASH na postura em pé (cardiologista) e deitado (paciente) tem matrizes com tamanho respectivamente de 239 x 129 x 731 e 263 x 118 x 731 voxels.

Os simuladores FASH e MASH utilizados neste estudo possuem voxels com arestas de 2,4 mm de comprimento. Contudo, diferentemente dos demais órgãos e tecido, a medula óssea vermelha precisa ser analisada de forma separada, pois possui estruturas com dimensões micrométricas, por isso a energia média depositada, e consequentemente a dose equivalente, não pode ser estimada diretamente utilizando o registro *F8.

3.4 Método utilizado para estimar a dose na medula óssea vermelha (RBM) e no esqueleto

A dosimetria esquelética emprega técnicas computacionais para avaliar a dose absorvida em dois tecidos radiosensíveis: (1) as células hematopoiéticas ativas da medula óssea vermelha, e (2) as células osteoprogenitoras que revestem internamente todas as superfícies do osso mineral (trabecular e cortical) denominados de superfícies ósseas. Estas células residem dentro de trabécula esponjosa, que é uma região composta de tecido ósseo em forma de placas ou de haste localizados em cavidades microscópicas. Essas estruturas anatômicas se encontram em locais de interesse dosimétrico que não podem ser visualizados por meio de técnicas computacionais como, tomografia computadorizada ou ressonância magnética. Neste sentido, metodologias devem ser desenvolvidas ou adotadas para estimar as doses nos simuladores antropomórficos em que o esqueleto é definido como uma região de tecido homogêneo, uniforme em composição elementar e em densidade.

A medula óssea vermelha (RBM) e a superfície óssea (tecido endostal) não foram segmentadas explicitamente no modelo MASH e FASH, mas os voxels do osso homogêneo foram identificados. Os ossos dos simuladores FASH e MASH são modelados como uma mistura homogênea de osso mineral e constituinte orgânico do esqueleto, incluindo a medula óssea ativa. A composição global do esqueleto é aproximada como sendo uniforme em todos os ossos no corpo, mas a quantidade de medula óssea ativa varia de uma parte para outra do

esqueleto. Na realidade, a medula óssea ativa situa-se em pequenas cavidades no osso trabecular e neste caso, é necessário utilizar fatores de correção para o cálculo da dose. Neste sentido, o cálculo da energia absorvida pela medula óssea vermelha é feito aplicando três fatores de correções descritos na equação 3.2.

$$E_{RBM} = E_{HB} \cdot \frac{m_{RBM}}{m_{HB}} \cdot \frac{\left(\mu_{en}(E) / \rho \right)_{RBM}}{\left(\mu_{en}(E) / \rho \right)_{HB}} \cdot S(E) \quad (3.2)$$

Em que E_{HB} é a energia depositada no osso homogêneo do esqueleto, m_{HB} e m_{RBM} denotam as massas da parte do esqueleto e da medula óssea respectivamente, E é a energia do fóton incidente e $\mu_{en}(E) / \rho$ é o coeficiente de absorção de massa-energia. A influência do tamanho da cavidade da medula óssea ativa sobre a dose é considerado através da multiplicação de um fator de intensificação de dose, $S(E)$. Este fator, fornecidos pela literatura, aumenta ligeiramente a dose na medula óssea ativa comparado com o kerma (CRISTY e ECKERMAN, 1987; KING e SPIRES, 1985). Notamos que, dividindo ambos os lados da equação 3.2 pela massa da RBM do sítio esquelético, a equação 3.2 pode ser reescrita em termos da dose absorvida para RBM,

$$D_{RBM} = D_{HB} \cdot \frac{\left(\mu_{en}(E) / \rho \right)_{RBM}}{\left(\mu_{en}(E) / \rho \right)_{HB}} \cdot S(E) \quad (3.3)$$

em que D_{HB} é a dose absorvida pelo osso homogêneo do esqueleto. Ela é calculada por meio do produto da fluência de energia ψ_{HB} no esqueleto pelo $\mu_{en}(E) / \rho$ da superfície óssea do esqueleto, como descrito na equação 3.4. A dose na superfície óssea foi aproximada como sendo a dose para o osso homogêneo, que foi calculada com base no pressuposto de condições de equilíbrio de partículas (CEP).

$$D_{RBM} = \psi_{HB} \cdot (\mu_{en}(E) / \rho)_{RBM} \cdot S(E) \quad (3.4)$$

Valores tabelados de coeficiente de absorção de massa-energia e de fatores de intensificação fornecidos por Cristy e Eckerman (1987) e King e Spiers (1985) foram preparados em um arquivo de entrada para o MCNPX utilizando o cartão DE (Função energia) e DF (Função resposta) utilizando o registro de fluência de energia *F4. Assim, a dose absorvida na RBM e osso homogêneo foram calculados diretamente durante a simulação, pois os cartões DE e DF permitem a conversão dos valores de fluência de energia para valores de dose correspondentes, através de interpolação log-log. Os cálculos dos coeficientes de absorção de massa-energia utilizados neste estudo foram realizados com base nos valores apresentados na figura 3.3, em função da energia do fóton incidente.

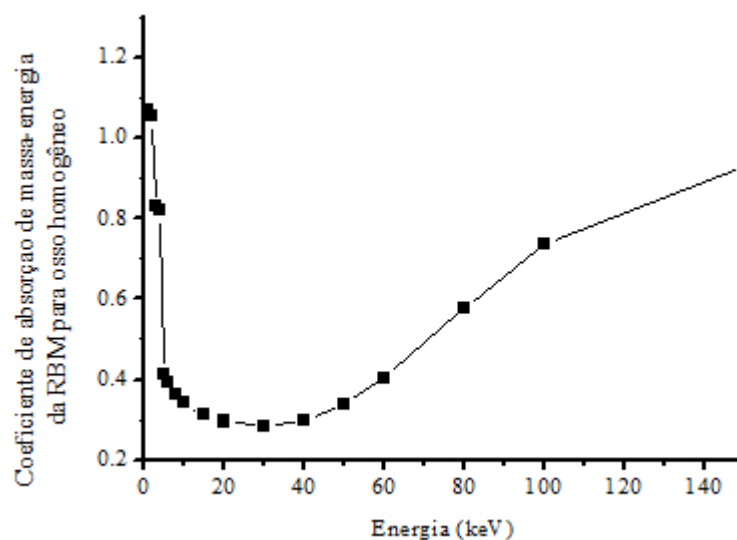


Figura 3.3. Coeficiente de absorção de massa-energia definido para RBM sobre o osso homogêneo (CRISTY e ECKERMAN, 1987; ICRP 116, 2010).

O tamanho das cavidades da medula óssea pode variar dependendo da idade ou da parte anatômica do esqueleto. Entretanto, por conveniência, isso não foi levado em consideração neste estudo. Os valores dos fatores de intensificação de dose calculados por King e Spiers (1985) para quatro ossos de determinados sítios do esqueleto utilizados neste estudo são apresentados na figura 3.4. Para maior aprofundamento sobre metodologias de cálculo de dose na medula óssea ativa, aconselhamos ler o artigo de Lee e col. (2006).

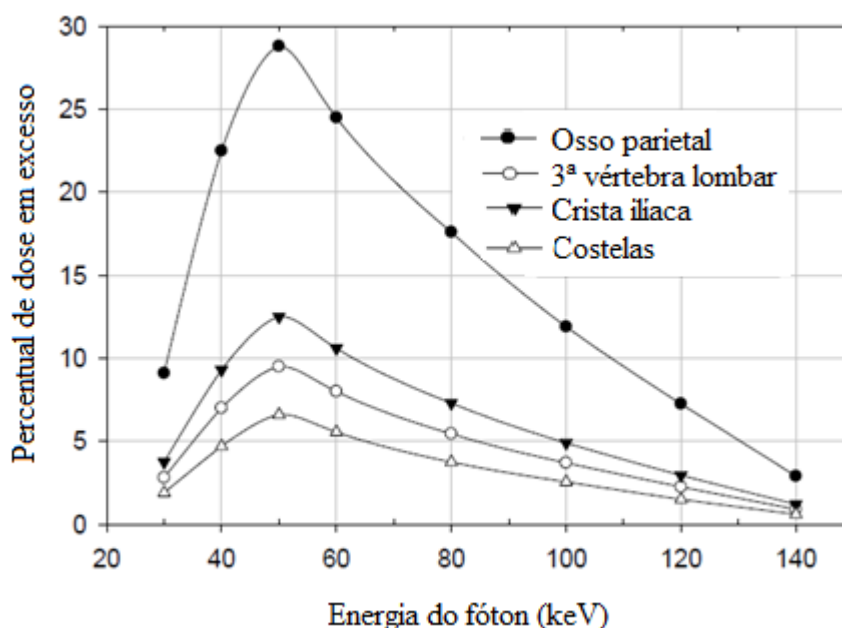


Figura 3.4. Percentual dos fatores de intensificação de dose para osso parietal, terceira vértebra lombar, crista ilíaca e costelas, proposto por King e Spires (1985).

3.5 Construção dos cenários cardíacos de RI

Todos os componentes de um ambiente onde são realizados os procedimentos de RI foram modelados em âmbito computacional para simulação de transporte de radiação. As características químicas e físicas da maioria dos materiais utilizados nos cenários de irradiação foram extraídas da referência de Mcconn e col.(2011). Neste sentido, foi construída uma sala com dimensões de 6,5 m (comprimento), 3 m (largura) e 2,65 m (altura) preenchidas de ar atmosférico ($\rho = 0,001205 \text{ g/cm}^3$; composição: C: (0,0124%), N: (75,53%), O: (23,18%) e Ar: (1,28%) e com paredes de concreto ($\rho = 3,2 \text{ g/cm}^3$) de 22 cm de espessura. No interior desta sala, além dos profissionais e paciente, foram inseridos os principais componentes do equipamento de raios X, como o intensificador de imagem e o tubo de raios X ($\rho = 11,35 \text{ g/cm}^3$; composição: Pb: (100%)). Foi modelada uma mesa cirúrgica de fibra de carbono ($\rho = 1,25 \text{ g/cm}^3$; composição: H: (5,7441%), C: (77,4591%), O: (16,7968%)) com base metálica ($\rho = 7,87 \text{ g/cm}^3$; composição: Fe: (99,5%) Mn: (0,5%)) para receber o paciente que é colocado em decúbito dorsal sobre um colchão de espuma ($\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$). A mesa tem uma largura de 66 cm, espessura de 15 cm e comprimento de 185 cm e está posicionada a altura de 90 cm em relação ao piso da sala. O cardiologista e a enfermeira foram posicionados do lado esquerdo da cama, no nível da virilha do paciente e em frente a um sistema de monitores de vídeos (composto de vidro com $\rho = 2,3 \text{ g/cm}^3$) por onde são observadas as imagens das estruturas internas do paciente. No cenário montado, o tubo de raios X e base metálica móvel podem ser movimentados para simular as projeções anguladas usuais nos procedimentos de RI.

Além dos arquivos de entrada, um recurso muito importante que o MCNPX possui é a possibilidade de gerar arquivos de saída que podem ser lidos e visualizados por meio do software Moritz (versão WXP_VR_1. 12) (KENNETH e VAN, 2008). A figura 3.5 mostra o modelo de exposição computacional com o trio de simuladores representando o paciente (deitado sobre a mesa cirúrgica), o cardiologista e a enfermeira (atrás da mesa de instrumentação cirúrgica), em uma configuração típica de RI. Para a criação do modelo computacional de exposição em RI que incluísse paciente, cardiologista e enfermeira, foi necessário atribuir números identificadores (id's) diferenciados aos órgãos e tecidos dos simuladores. Posteriormente os simuladores FASH e MASH foram introduzidos no código MCNPX instalado num computador de 16 GB de memória RAM e uma placa integrada (placa mãe) de 1666 MHz de frequência e um processador Intel Core i7.

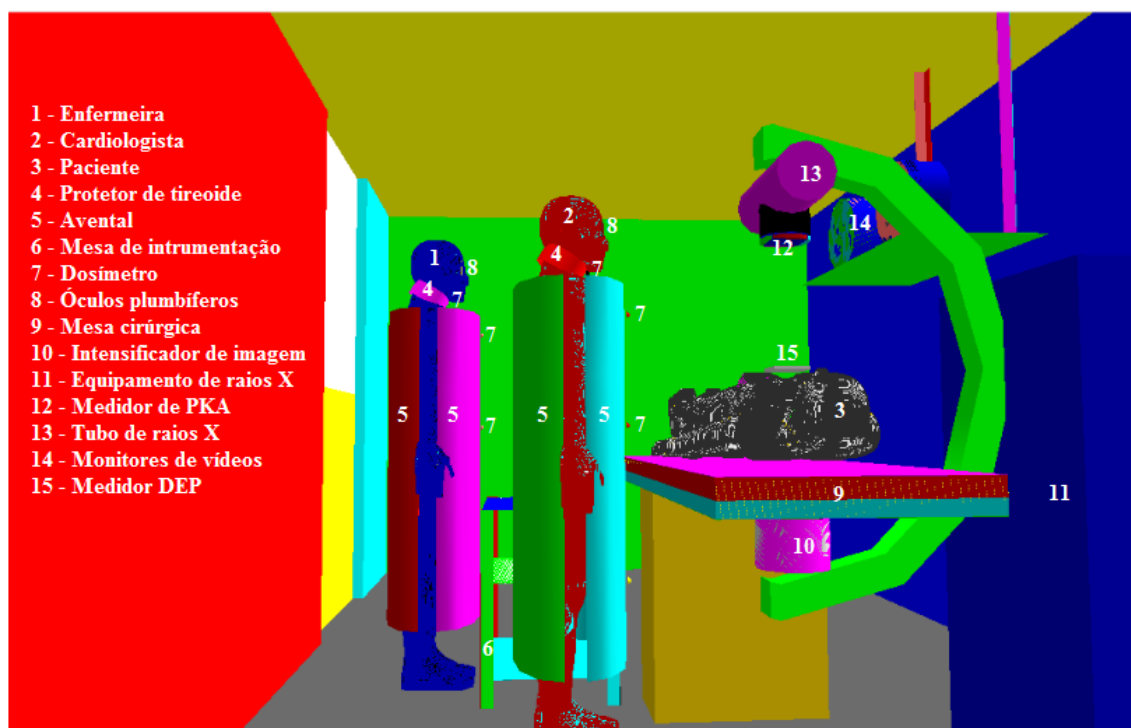


Figura 3.5. Cenário de irradiação construído no MCNPX2.7.0 composto por três simuladores antropomórficos representando um cardiologista, enfermeira, ambos em pé, e um paciente sobre uma mesa cirúrgica.

Utilizando comandos de rotação e translação os simuladores foram posicionados em locais frequentemente utilizados durante os procedimentos de RI como pode ser visto na figura 3.5. As distâncias relativas ao centro do tórax do paciente (região central do campo de radiação), considerando o limite mais próximo do cardiologista e da enfermeira (lado direito do corpo desses profissionais), foram respectivamente de 60,5 cm e 145,5 cm. Entretanto, para a projeção CRAN30° foi necessário que estes profissionais ficassem mais distantes do tubo de

raios X e consequentemente do centro do campo de radiação. A posição do cardiologista e da enfermeira nesta projeção foi, respectivamente, 85 e 174 cm.

O tubo de raios X foi simplificado para uma fonte pontual de fótons que emite partículas isotropicamente em um ângulo sólido especificado pelo tamanho de campo e pela distância focal. Para simular a câmara de ionização que é acoplada na saída da maioria dos equipamentos de raios X, foi modelado um objeto de dimensão de 5 x 5 cm e espessura de 1 cm, preenchido com ar atmosférico ($\rho = 0,001205 \text{ g/cm}^3$; composição: C: (0,0124%), N: (75,53%), O: (23,18%) e Ar: (1,28%)) para calcular o PKA. Este objeto foi posicionado na saída do tubo de raios X, como mostra a figura 3.5. O PKA foi calculado por meio do produto do kerma no ar (K_{ar}) (obtido pelo tally F6) pela área irradiada do objeto, que é equivalente a área examinada do paciente. Nesta pesquisa, o PKA foi calculado em todas as projeções estudadas.

Na figura 3.5, também é mostrada uma mesa metálica de instrumentação cirúrgica utilizada pelos profissionais e um intensificador de imagem ($\rho = 4,51 \text{ g/cm}^3$; composição: I: (50%) e Cs: (50%)). Estes objetos podem influenciar nos resultados por meio de atenuação e espalhamento do feixe.

Com o objetivo de avaliar os possíveis efeitos determinísticos, foi construído um objeto que simule uma câmara de ionização com dimensões do campo irradiado (10 cm x 10 cm) para o cálculo da dose de entrada na pele (DEP) do paciente. Em todas as projeções, a câmara foi posicionada próxima à pele do paciente e perpendicular ao eixo do feixe de radiação. A estimativa da DEP em procedimentos de RI foi feita utilizando o registro F6.

Na prática clínica, o cardiologista e a enfermeira utilizam equipamentos de proteção individual que geralmente são confeccionados com 0,5 mm de espessura de chumbo. Dentre os mais importantes equipamentos estão o avental ($\rho = 11,35 \text{ g/cm}^3$; Pb: (100%)), protetor de tireoide ($\rho = 11,35 \text{ g/cm}^3$; Pb: (100%)) e protetor de olhos, este composto de vidro plumbífero ($\rho = 6,22 \text{ g/cm}^3$). Os aventais modelados possuem uma parte frontal e uma traseira com formato de elipse. Este modelo tem 1,20 m de comprimento e 55 cm de largura, que se estende do nível do tórax até a região dos joelhos com as partes laterais dos ombros e braços dos profissionais expostas. Também foram inseridos os protetores de olhos, que têm formato cilíndrico ($r = 3 \text{ cm}$) e protetor de tireoide com formato de anel ($r = 7,95 \text{ cm}$) cobrindo toda a região do pescoço. Além destes equipamentos de proteção, também foram construídos a cortina de chumbo e protetores suspensos de vidro com espessura equivalente em chumbo de 0,5 mm. Estes equipamentos são frequentemente utilizados para a proteção dos profissionais médicos

que são expostos à radiação primária e, sobretudo, à radiação espalhada do paciente e mesa cirúrgica. Estes novos dispositivos de proteção são mostrados na figura 3.6.

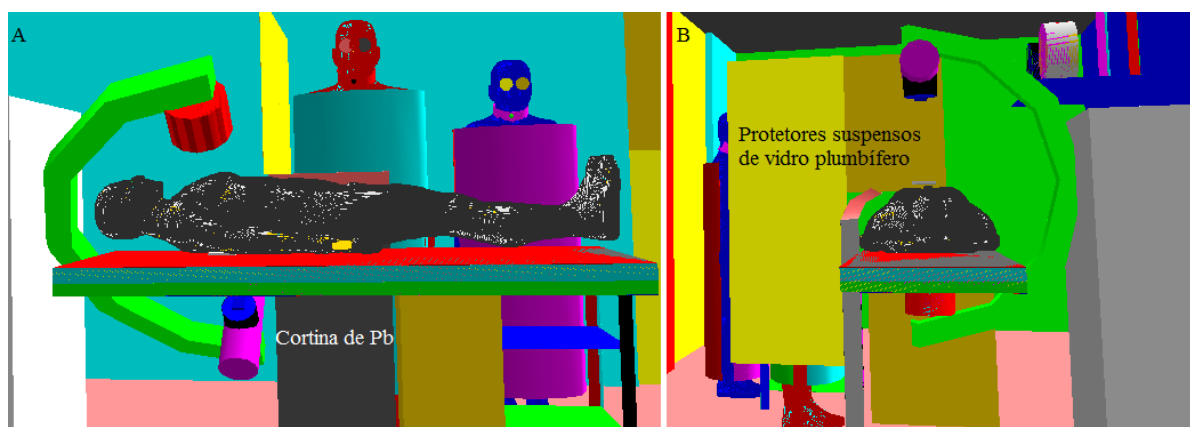


Figura 3.6. Visualização frontal (A) e lateral (B) do modelo computacional de exposição em procedimento cardíaco de RI com a mesa cirúrgica acrescida de cortina de chumbo (Pb) e protetores suspensos confeccionados de vidro plumbífero.

Foram modelados três pares de monitores (dosímetros termoluminescentes (TLD's)) para estimar os CCs para dose efetiva dos profissionais. Os dosímetros possuem uma geometria semi-esférica e têm volume de 2,1 cm³ cada. Eles são compostos de materiais que possuem propriedades físicas e química equivalente ao tecido mole. Eles foram posicionados no nível da tireoide, das gônadas e do tórax dos profissionais, localizados sobre e sob o protetor de tireoide e o avental de chumbo.

3.6 Cálculo dos CCs de dose, de risco de câncer e avaliação das incertezas

Este estudo apresenta duas metodologias para cálculo de CCs para dose efetiva para os profissionais: a) utilizando as doses equivalentes nos órgãos e tecidos e b) seguindo recomendações internacionais que sugerem o uso de dosímetros nos níveis da tireoide e das gônadas (Eq. 3.5) (ICRP 120, 2013) e recomendações nacionais que sugerem o uso de um dosímetro posicionado no nível do tórax dos profissionais sobre o avental de chumbo para estimar as doses nas regiões não protegidas do corpo (Eq. 3.6) (BRASIL, 1998). Desta forma, a dose efetiva é estimada como sendo igual ao $H_p(10)$, isto é, a dose no tecido muscular, a uma profundidade de 10 mm abaixo da superfície.

$$H_p(10) = E = 0,5 * H_w + 0,025 * H_n \quad (3.5)$$

$$H_p(10) = E = 0,1 * H_z \quad (3.6)$$

Em que H_w , é a dose equivalente obtida no dosímetro por dentro do avental de chumbo no nível das gônadas, H_n é a dose no dosímetro por fora do protetor de tireoide e H_z é a dose equivalente obtida no dosímetro por fora do avental de chumbo no nível do tórax dos profissionais.

Os cálculos de dose efetiva e do risco de câncer foram feitos utilizando as equações 3.7 e 3.8, respectivamente.

$$E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R} = \sum_T w_T H_T \quad (3.7)$$

$$R_E = \sum_T r_T H_T \quad (3.8)$$

Em que H_T é a dose equivalente em um órgão ou tecido T, $D_{T,R}$ é a dose média absorvida em um órgão ou tecido T e w_T e r_T são, respectivamente, o peso e o risco de câncer de cada órgão e tecido.

O cálculo dos CCs para risco de incidência de câncer foi feito a partir dos CCs de dose equivalente de cada órgão e tecido multiplicado pelo coeficiente de risco desses órgãos que têm chance de desenvolver tumores malignos, conforme especificados no relatório BEIR VII. O CC para risco efetivo foi calculado pela soma dos CCs de risco de câncer para tumores sólidos (ver tabela 2.6) com o risco de incidência de câncer da medula óssea vermelha (leucemia) para um indivíduo de 30 anos de idade.

As doses estimadas para os principais órgãos considerados radiosensíveis e nos dosímetros foram normalizadas para o PKA, que é uma grandeza dosimétrica facilmente obtida durante a prática clínica. O cálculo dos CCs para dose equivalente dos órgãos/tecidos e da dose equivalente pessoal foi feito utilizando a equação 3.9.

$$z = \left(\frac{x \pm \sigma_x}{y \pm \sigma_y} \right) \quad (3.9)$$

Em que z é o coeficiente de conversão para dose (CC), $x \pm \sigma_x$ representa a dose equivalente H_T , H_w , H_n e H_z e suas respectivas incertezas associadas σ_{H_T} , σ_{H_w} , σ_{H_n} e σ_{H_z} normalizados por $y \pm \sigma_y$ que representa o PKA e sua incerteza σ_{PKA} . A incerteza em z é descrita pela equação 3.10.

$$\sigma_z = z * \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{y}\right)^2} \quad (3.10)$$

As incertezas associadas ao CC para dose equivalente H_T , H_w , H_n e H_z foram calculadas pela equação 3.11. Com base nos resultados calculados das incertezas σ_{H_T} , σ_{H_w} , σ_{H_n} e σ_{H_z} , foi possível calcular as incertezas dos coeficientes de dose efetiva E (Eq.3.12), dose equivalente pessoal $H_p(10)$ (Eq.3.13 e 3.14) e do risco de câncer R (Eq.3.15).

$$\sigma_{CC_{H_T}} = CC_{H_T} * \sqrt{\left(\frac{\sigma_{PKA}}{PKA}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{H_T}}{H_T}\right)^2} \quad (3.11)$$

$$\sigma_E = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(w_{T(i)} \times \sigma_{CC_{H_T(i)}}\right)^2} \quad (3.12)$$

$$\sigma_{H_p(10)} = \sqrt{(0,5 * \sigma_{H_w})^2 + (0,025 * \sigma_{H_n})^2} \quad (3.13)$$

$$\sigma_{H_p(10)} = \sqrt{(0,1 * \sigma_{H_z})^2} \quad (3.14)$$

$$\sigma_R = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(r_{T(i)} \times \sigma_{CC_{H_T(i)}}\right)^2} \quad (3.15)$$

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

As posições em que os profissionais ficam em relação ao tubo de raios X são em grande parte determinadas pelos tipos de procedimentos realizados. As posições destes profissionais foram escolhidas baseadas nas características típicas de procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária, que são frequentes em radiologia intervencionista.

4.1 Espectros de energia utilizados

A fonte de raios X utilizada neste estudo é uma aproximação de um tubo de raios X. Os espectros energéticos utilizados nas simulações foram gerados com os parâmetros radiográficos apresentados na seção 3.2. A figura 4.1 mostra os espectros energéticos para tensão de pico de 60 - 120 kVp. Cada espectro é composto de duas curvas superpostas, uma contínua (raios X de freamento) e uma curva discreta (raios X característicos).

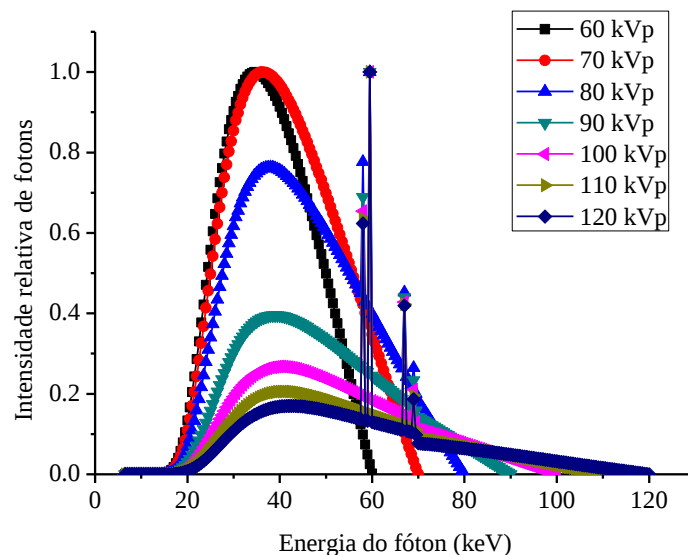


Figura 4.1. Espectros energéticos utilizados neste estudo.

4.2 CCs de dose equivalente por PKA

As doses absorvidas nos principais órgãos radiosensíveis do cardiologista, da enfermeira e do paciente foram determinadas considerando a energia depositada na região de interesse por todas as partículas primárias e secundárias. Como o fator de ponderação para fótons (w_r) é igual a 1, a dose absorvida é igual à dose equivalente. Posteriormente, a dose equivalente calculada pela equação 2.40 foi dividida pelo produto kerma-área (PKA) em Gy.cm^2 , obtido conforme descrito na equação 2.43, para expressar os resultados na forma de CCs de doses equivalentes por PKA. Os fatores de ponderação de cada órgão, w_T , apresentados na tabela 2.5 foram então aplicados aos CCs de dose equivalente de cada órgão para determinar

os CCs para dose efetiva. O cálculo dos CCs da mama masculina foi feito considerando que este órgão do simulador MASH é composto de uma fina camada de voxels. Além disso, as doses no testículo (MASH/paciente e cardiologista) e no ovário (FASH/enfermeira) foram utilizadas para calcular os CCs para doses equivalentes nas gônadas. A dose equivalente do cólon foi considerada a dose na parte inferior do intestino grosso e a dose nos demais órgãos foram calculadas levando em conta as doses equivalentes nas adrenais, região extratorácica, vesícula biliar, rins, nódulos linfáticos, músculos, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, timus e útero como recomenda a ICRP 103 (ICRP 103, 2007).

Neste estudo, os principais valores médios dos CCs para dose equivalente (H), efetiva (E), dose equivalente pessoal para os profissionais ($H_p(10)$) e dose de entrada na pele do paciente (DEP) estão apresentados nas tabelas do apêndice A e os CCs de risco de câncer de órgãos (R_{OT}) e risco efetivo de câncer (R) podem ser conferidos nas tabelas do apêndice B. Estes CCs foram calculados para os principais órgãos e tecidos radiosensíveis recomendados pela ICRP 103. Para o cardiologista e a enfermeira, os resultados são apresentados para duas situações de exposição: a primeira sem cortina de chumbo na mesa cirúrgica e sem barreira suspensa feita de vidro plumbífero, denominado de cenário I, e a segunda com estes dispositivos de proteção, denominado de cenário II (partes destacadas das tabelas). Foram utilizadas oito projeções de feixe orientados na região do tórax do paciente e sete valores de tensão aplicada ao tubo. Embora, o coração não seja considerado um órgão crítico para cálculo de dose efetiva, neste estudo ele foi incluído na lista dos órgãos estudados, pois este órgão é alvo principal dos procedimentos cardíacos, que foram o foco deste trabalho.

Como podem ser observados nas tabelas dos apêndices A e B, os CCs calculados seguem uma tendência crescente com o aumento da tensão aplicada ao tubo. Esse resultado era previsto, uma vez que os fótons mais energéticos depositam mais energia o que implica em maior dose equivalente nos órgãos e tecidos avaliados, maior dose efetiva e maior risco de câncer para os indivíduos estudados. Para facilitar o entendimento do leitor, apresentamos, na tabela 4.1 (cardiologista), 4.2 (enfermeira) e 4.3 (paciente), a média e a incerteza padrão dos CCs para H, E, $H_p(10)$ e DEP em termos do PKA para os órgãos e tecidos para procedimentos cardíacos típicos de angiografia e angioplastia coronária. Na última coluna também é apresentada a média de todas as projeções.

Tabela 4.1. Média dos CCs calculados para sete tensões aplicadas ao tubo para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ para o cardiologista em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	2,8E-01 ± 0,0	6,5E-01 ± 0,0	3,9E-01 ± 0,0	9,0E-01 ± 0,0	9,8E-01 ± 0,0	8,4E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	2,9E-01 ± 0,0	5,7E-01 ± 0,0
Cólon	2,6E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	9,7E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,0
	2,0E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	8,9E-02 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,0	9,4E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	4,0E-02 ± 0,0
Pulmão	2,1E-03 ± 0,0	3,3E-03 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,0	6,3E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	2,1E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0
	3,0E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,1	7,1E-02 ± 0,1	5,7E-02 ± 0,1	8,2E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	4,3E-02 ± 0,1
Estômago	8,5E-03 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,1	4,5E-03 ± 0,0	4,5E-03 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0
	4,1E-02 ± 0,1	6,3E-02 ± 0,1	4,4E-02 ± 0,1	1,4E-01 ± 0,1	6,3E-02 ± 0,1	1,6E-01 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,1	6,8E-02 ± 0,1
Mamas	4,5E-03 ± 0,1	7,7E-03 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,2	1,9E-02 ± 0,1	4,9E-02 ± 0,1	3,3E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,1
	3,6E-02 ± 0,1	4,1E-02 ± 0,1	7,4E-02 ± 0,1	9,5E-02 ± 0,1	4,5E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	7,2E-03 ± 0,1	5,3E-02 ± 0,1
Gônadas	1,1E-02 ± 0,2	6,1E-03 ± 0,2	3,8E-02 ± 0,4	4,3E-02 ± 0,4	1,5E-02 ± 0,3	4,1E-02 ± 0,5	3,2E-03 ± 0,1	3,1E-03 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,3
	1,9E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0	8,2E-03 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	8,1E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,1	3,7E-02 ± 0,0
Bexiga	2,0E-03 ± 0,1	5,1E-03 ± 0,1	6,6E-03 ± 0,1	5,1E-02 ± 0,4	7,9E-03 ± 0,1	5,6E-02 ± 0,4	4,2E-03 ± 0,1	2,6E-03 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,2
	1,2E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	8,1E-03 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	5,0E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0
Esôfago	1,5E-03 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,1	5,9E-03 ± 0,1	3,7E-02 ± 0,2	6,5E-03 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,2	2,1E-03 ± 0,1	1,4E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,1
	2,7E-02 ± 0,2	2,0E-02 ± 0,2	4,4E-02 ± 0,3	6,0E-02 ± 0,4	4,6E-02 ± 0,2	6,6E-02 ± 0,4	1,3E-02 ± 0,2	8,4E-03 ± 0,2	3,6E-02 ± 0,3
Fígado	5,6E-03 ± 0,1	4,8E-03 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,2	3,0E-02 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,2	2,0E-02 ± 0,2	6,6E-03 ± 0,1	4,4E-03 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,1
	1,8E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	6,1E-02 ± 0,0	7,5E-03 ± 0,0	6,7E-03 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0
Tireoide	3,0E-03 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0	7,2E-03 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	8,9E-04 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0
	1,2E-01 ± 0,6	3,5E-02 ± 0,5	1,8E-01 ± 1,2	1,8E-01 ± 1,3	1,2E-01 ± 0,7	1,8E-01 ± 1,4	3,3E-02 ± 0,6	3,6E-02 ± 0,5	1,1E-01 ± 0,8
Superfície óssea	2,4E-02 ± 0,4	1,3E-02 ± 0,3	7,2E-02 ± 0,7	1,1E-01 ± 0,8	4,5E-02 ± 0,5	5,7E-02 ± 0,6	2,2E-02 ± 0,3	9,1E-03 ± 0,2	4,3E-02 ± 0,5
	6,2E-01 ± 0,1	1,3E+00 ± 0,0	8,5E-01 ± 0,1	2,0E+00 ± 0,1	2,1E+00 ± 0,1	1,8E+00 ± 0,1	5,4E-01 ± 0,1	5,2E-01 ± 0,1	1,2E+00 ± 0,1
Cérebro	5,5E-02 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,1	2,9E-01 ± 0,1	1,9E-01 ± 0,1	2,0E-01 ± 0,1	7,0E-02 ± 0,0	4,0E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,1
	2,7E-01 ± 0,1	9,2E-02 ± 0,1	4,2E-01 ± 0,1	5,6E-01 ± 0,1	7,1E-01 ± 0,1	5,7E-01 ± 0,1	3,8E-02 ± 0,1	3,9E-02 ± 0,1	3,4E-01 ± 0,1
G. Salivares	2,7E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	8,1E-02 ± 0,1	7,2E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,1
	1,3E+00 ± 0,4	3,0E-01 ± 0,3	2,2E+00 ± 0,6	1,5E+00 ± 0,8	2,5E+00 ± 0,7	1,6E+00 ± 0,7	1,4E-01 ± 0,7	1,5E-01 ± 0,3	1,2E+00 ± 0,5
Pele	9,4E-02 ± 0,2	4,8E-02 ± 0,2	5,0E-01 ± 0,5	3,5E-01 ± 0,4	2,2E-01 ± 0,3	1,9E-01 ± 0,3	4,8E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,3
	1,2E-01 ± 0,0	4,5E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,1	5,8E-01 ± 0,1	5,9E-01 ± 0,1	5,1E-01 ± 0,1	2,2E-01 ± 0,1	1,7E-01 ± 0,1	3,5E-01 ± 0,1
Coração	1,2E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,0	7,0E-02 ± 0,0	5,0E-02 ± 0,0	5,6E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0
	3,0E-02 ± 0,1	3,2E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,1	8,2E-02 ± 0,1	5,6E-02 ± 0,1	9,4E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,0	8,5E-03 ± 0,1	4,6E-02 ± 0,1
Demais tecidos	7,8E-03 ± 0,0	6,2E-03 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,1	4,1E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,1	2,9E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,1
	4,4E-01 ± 0,3	4,8E-01 ± 0,0	6,2E-01 ± 1,4	1,2E+00 ± 1,0	9,8E-07 ± 0,8	1,3E+00 ± 1,2	2,1E-01 ± 0,2	1,8E-01 ± 0,2	5,5E-01 ± 0,7
E/PKA	6,2E-02 ± 0,4	6,3E-02 ± 0,4	2,5E-01 ± 1,2	6,7E-01 ± 1,3	6,5E-03 ± 0,1	3,8E-01 ± 1,1	4,7E-02 ± 0,3	3,0E-02 ± 0,3	1,9E-01 ± 0,6
	1,3E-01 ± 0,2	1,8E-01 ± 0,2	1,8E-01 ± 0,3	3,5E-01 ± 0,4	2,1E-01 ± 0,1	3,6E-01 ± 0,4	7,4E-02 ± 0,1	7,4E-02 ± 0,1	2,0E-01 ± 0,2
Hp(10)/PKA - ICRP	1,7E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	6,4E-02 ± 0,1	1,4E-01 ± 0,2	2,9E-02 ± 0,0	8,6E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,0	8,7E-03 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,1
	7,8E-02 ± 0,8	4,6E-02 ± 0,8	9,3E-02 ± 0,8	2,2E-01 ± 0,9	1,9E-01 ± 0,8	1,9E-01 ± 1,1	1,2E-02 ± 0,4	3,5E-02 ± 0,5	1,1E-01 ± 0,8
Hp(10)/PKA – Brasil	9,0E-03 ± 0,3	1,1E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,2	5,2E-02 ± 0,6	6,0E-02 ± 0,3	2,1E-02 ± 0,4	4,8E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,2	2,3E-02 ± 0,3
	3,1E-01 ± 1,2	1,9E-01 ± 0,9	2,3E-01 ± 1,0	1,4E+00 ± 2,2	5,4E-01 ± 0,8	1,1E+00 ± 2,1	1,8E-01 ± 0,5	4,0E-02 ± 0,3	4,9E-01 ± 1,1
	2,7E-02 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,2	2,3E-02 ± 0,2	5,5E-01 ± 0,7	3,2E-01 ± 0,5	3,0E-02 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,1	2,6E-03 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,3

Tabela 4.2. Média dos CCs calculados para sete tensões aplicadas ao tubo para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ para a enfermeira em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	1,8E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	7,2E-02 ± 0,1	5,3E-02 ± 0,1	5,1E-02 ± 0,1	6,4E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,1
	7,9E-03 ± 0,0	6,9E-03 ± 0,0	6,1E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	4,0E-02 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0
Cólon	3,4E-04 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	9,5E-04 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	2,9E-04 ± 0,0	8,4E-04 ± 0,0
	1,5E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	8,7E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0
Pulmão	7,8E-03 ± 0,0	4,1E-03 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,1	4,7E-03 ± 0,0	5,8E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0
	3,8E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,0
Estômago	6,7E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	3,6E-03 ± 0,1	2,3E-03 ± 0,1	2,0E-03 ± 0,1	3,0E-03 ± 0,1	3,6E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0
	3,1E-04 ± 0,0	4,9E-04 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	3,7E-04 ± 0,0	5,8E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0
Mamas	8,9E-03 ± 0,1	6,3E-03 ± 0,1	5,5E-02 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,1	4,1E-03 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,1
	3,5E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	2,6E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1
Esôfago	6,6E-03 ± 0,2	4,5E-03 ± 0,2	2,1E-02 ± 0,3	2,5E-02 ± 0,4	1,3E-02 ± 0,2	2,7E-02 ± 0,4	7,2E-03 ± 0,2	6,9E-03 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,3
	3,7E-03 ± 0,1	2,4E-03 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,2	1,8E-02 ± 0,2	1,1E-02 ± 0,2	2,4E-02 ± 0,3	4,9E-03 ± 0,2	6,1E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,2
Fígado	8,0E-04 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	5,1E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0
	2,8E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	9,9E-04 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	9,4E-04 ± 0,0
Tireoide	3,0E-02 ± 0,6	2,1E-02 ± 0,5	1,4E-01 ± 1,2	1,5E-01 ± 1,3	5,6E-02 ± 0,7	1,7E-01 ± 1,4	2,7E-02 ± 0,6	2,3E-02 ± 0,5	7,6E-02 ± 0,8
	2,0E-02 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,3	1,1E-01 ± 0,8	1,2E-01 ± 0,9	4,8E-02 ± 0,5	1,5E-01 ± 1,0	2,1E-02 ± 0,4	2,3E-02 ± 0,4	6,3E-02 ± 0,6
Superfície óssea	4,2E-02 ± 0,1	5,1E-02 ± 0,1	1,7E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,1	3,3E-02 ± 0,1	4,3E-02 ± 0,1	9,2E-02 ± 0,1
	1,8E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,1	8,2E-02 ± 0,1	9,3E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,0
Cérebro	1,6E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,0	6,7E-02 ± 0,1	4,2E-02 ± 0,1	4,2E-02 ± 0,1	4,7E-02 ± 0,1	8,3E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,1
	6,4E-03 ± 0,0	4,3E-03 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,1	2,8E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,1	6,3E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0
G. Salivares	7,1E-02 ± 0,4	6,5E-02 ± 0,3	4,0E-01 ± 0,8	2,2E-01 ± 0,6	1,6E-01 ± 0,7	2,6E-01 ± 0,7	4,3E-02 ± 0,2	5,7E-02 ± 0,3	1,6E-01 ± 0,5
	2,8E-02 ± 0,2	2,6E-02 ± 0,1	3,5E-01 ± 0,6	1,5E-01 ± 0,4	1,3E-01 ± 0,4	1,9E-01 ± 0,4	3,4E-02 ± 0,2	4,3E-02 ± 0,2	1,2E-01 ± 0,3
Pele	1,1E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,1	5,1E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,1	4,3E-02 ± 0,1	9,7E-03 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	2,7E-02 ± 0,1
	5,0E-03 ± 0,0	4,4E-03 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	6,9E-03 ± 0,0	9,9E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0
Coração	5,5E-03 ± 0,1	3,0E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	2,5E-03 ± 0,1	3,5E-03 ± 0,1	8,3E-03 ± 0,1
	2,5E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,1	7,2E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	1,5E-03 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	5,8E-03 ± 0,0
Demais tecidos	3,3E-02 ± 0,3	2,7E-02 ± 0,2	1,6E-01 ± 1,4	1,1E-01 ± 1,0	8,1E-02 ± 0,8	1,3E-01 ± 1,2	2,1E-02 ± 0,2	2,6E-02 ± 0,2	7,3E-02 ± 0,7
	1,6E-02 ± 0,2	1,2E-02 ± 0,1	1,3E-01 ± 1,4	7,0E-02 ± 0,8	6,6E-02 ± 0,7	1,1E-01 ± 1,2	1,6E-02 ± 0,2	2,3E-02 ± 0,3	5,5E-02 ± 0,6
E/PKA	1,1E-02 ± 0,0	9,8E-03 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,2	3,5E-02 ± 0,2	2,7E-02 ± 0,1	4,2E-02 ± 0,2	7,7E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,1
	5,3E-03 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,2	2,4E-02 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,1	3,3E-02 ± 0,1	5,8E-03 ± 0,0	8,2E-03 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,1
Hp(10)/PKA - ICRP	3,6E-02 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,2	1,0E-01 ± 1,1	2,2E-02 ± 0,3	2,4E-02 ± 0,6	2,8E-02 ± 0,6	2,0E-03 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,5	3,1E-02 ± 0,4
	1,1E-02 ± 0,2	3,3E-03 ± 0,1	6,8E-02 ± 1,0	1,5E-02 ± 0,4	1,5E-02 ± 0,4	2,1E-02 ± 0,5	1,5E-03 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,4	1,9E-02 ± 0,4
Hp(10)/PKA - Brasil	8,8E-03 ± 0,2	4,7E-02 ± 0,2	1,6E-02 ± 0,3	2,2E-02 ± 0,3	2,0E-02 ± 0,2	2,6E-02 ± 0,4	6,7E-03 ± 0,2	4,4E-03 ± 0,2	1,9E-02 ± 0,2
	2,9E-03 ± 0,2	8,1E-03 ± 0,2	1,2E-02 ± 0,3	1,8E-02 ± 0,3	1,0E-02 ± 0,2	2,2E-02 ± 0,3	5,2E-03 ± 0,2	3,1E-03 ± 0,2	1,0E-02 ± 0,2

Tabela 4.3. Média dos CCs calculados para sete tensões aplicadas ao tubo para H, E e DEP normalizados pelo PKA em mSv/Gy.cm² para o paciente em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CUAD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	9,2E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0
Cólon	3,0E-03 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0
Pulmão	3,4E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	4,6E-02 ± 0,0	5,0E-02 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0
Estômago	1,1E-01 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	4,5E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	9,5E-03 ± 0,0	7,3E-03 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0
Mamas	1,7E+00 ± 0,1	4,1E-02 ± 0,0	8,0E-01 ± 0,1	8,2E-01 ± 0,1	7,7E-01 ± 0,1	8,4E-01 ± 0,1	6,0E-03 ± 0,0	6,2E-03 ± 0,0	6,2E-01 ± 0,1
Gônadas	2,2E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0
Bexiga	2,8E-04 ± 0,0	9,7E-04 ± 0,0	4,7E-04 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	6,7E-04 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0
Esôfago	1,8E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,0	8,2E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0
Fígado	2,6E-01 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	7,7E-02 ± 0,0	8,8E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0
Tireoide	4,1E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	9,4E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	4,0E-02 ± 0,0
Superfície óssea	1,2E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	6,9E-02 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0
Cérebro	7,4E-04 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	8,2E-04 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0
G. Salivares	3,7E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	7,3E-02 ± 0,0	7,1E-03 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0
Pele	4,0E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	9,9E-02 ± 0,0	9,8E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,0
Coração	2,6E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0
Demais tecidos	8,3E-01 ± 0,5	4,3E-01 ± 0,1	8,6E-01 ± 0,4	1,9E+00 ± 0,8	1,6E+00 ± 0,4	1,5E+00 ± 0,6	1,3E-01 ± 0,1	1,4E-01 ± 0,1	9,2E-01 ± 0,4
E/PKA	3,8E-01 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	4,0E-01 ± 0,1	4,1E-01 ± 0,0	3,5E-01 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0
DEP/PKA	6,3E+00 ± 3,1	2,9E+00 ± 0,1	6,4E+00 ± 3,1	6,4E+00 ± 3,1	6,4E+00 ± 3,1	6,9E+00 ± 3,4	1,4E+00 ± 1,5	1,8E+00 ± 1,7	4,8E+00 ± 2,4

Como esperado e comprovado, a maioria dos órgãos do paciente localizados dentro ou próximos do campo de visão (FOV) e que possuem os maiores fatores de peso foram os mais irradiados. Eles são: medula vermelha, pulmões, estômago, mamas, esôfago, fígado, superfície óssea, coração e demais tecidos. Estes órgãos obtiveram maiores doses absorvidas quando comparados aos órgãos localizados distante do campo de radiação como, por exemplo, bexiga, útero e ovário, que são atingidos por radiação espalhada. As doses na maioria destes órgãos diminuem quando as projeções PA, RAO45° e LAO45° são utilizadas. Nestas projeções, além da caixa torácica e da coluna vertebral do paciente, a mesa cirúrgica também blindada a passagem de fótons de baixa energia e o resultado são valores menores de doses nos órgãos localizados nessa região. Para o cardiologista e a enfermeira, os maiores valores foram calculados para medula óssea vermelha, tireoide, superfície óssea, cérebro, glândulas salivares e demais tecidos. Os resultados mostram a influência da projeção do feixe e da tensão aplicada ao tubo nas exposições dos indivíduos, comprovando que estes aspectos operacionais são em grande parte responsáveis pelo aumento dos CCs.

Como mostrado neste estudo, a orientação do tubo de raios X tem uma forte influência nas variações dos CCs. Neste sentido, as projeções laterais como CAUD30°, LAO90° e CRAN30°, foram aquelas que potencialmente proporcionaram maiores valores de CCs para dose efetiva do cardiologista, da enfermeira e do paciente respectivamente. Devido um intenso espalhamento da radiação proveniente do paciente em torno do cardiologista, a projeção CAUD30° (cenário I) foi considerada a mais crítica. Nesta projeção, parte dos fótons espalhados consegue atingir a região lateral do tórax desprotegida deste indivíduo, onde estão localizados os órgãos mais radiossensíveis. Também nesta projeção, os órgãos mais superficiais, como o cólon, a bexiga e as gônadas do cardiologista, próximos do centro espalhador, registraram os maiores CCs dentre as projeções estudadas.

Uma observação importante deve ser feita em relação à utilização da cortina de chumbo na mesa cirúrgica e dos protetores de vidro plumbífero suspensos. A utilização destas blindagens permite que a equipe médica seja parcialmente protegida da radiação espalhada pelo paciente e, conseqüentemente, encontram-se menores CCs. Na tabela 4.4, é apresentado os desvios relativos entre os CCs calculados para os órgãos nos cenários de irradiação I (sem cortina de chumbo e sem protetores de vidro) e II (com cortina de chumbo e com protetores de vidro).

Tabela 4.4. Desvios relativos dos resultados de H, E e Hp(10) por PKA entre os cenários I e II.

Órgãos/Tecidos	Cardiologista	Enfermeira
Medula vermelha	88%	30%
Cólon	62%	25%
Pulmão	63%	28%
Estômago	61%	26%
Mamas	63%	28%
Gônadas	54%	54%
Bexiga	55%	58%
Esôfago	63%	21%
Fígado	60%	35%
Tireoide	61%	17%
Superfície óssea	88%	29%
Cérebro	83%	28%
Glândulas salivares	85%	25%
Pele	90%	30%
Coração	65%	30%
Demais tecidos	66%	24%
E/PKA	77%	25%
Hp(10)/PKA- ICRP	79%	40%
Hp(10)/PKA-Brasil	75%	46%

Os diferenças apresentadas na tabela 4.4 reforçam, dessa forma, a importância do uso da cortina de chumbo e dos protetores suspensos de vidro plumbífero.

Por meio das projeções do feixe e espectros estudados, a maioria dos órgãos do paciente obteve maior CC de dose equivalente do que os do cardiologista e enfermeira. No entanto, por imperativo de sua profissão, os profissionais são mais frequentemente expostos e cuidados adicionais de proteção radiológica são recomendados.

Uma observação importante deve ser feita para a dose na pele. Os CCs para este órgão também são apresentados por este estudo. Aconselhamos utilizar estes coeficientes somente para estimativa de dose efetiva e de risco de câncer. Em situações reais, só uma pequena porção da pele é irradiada diretamente pelo feixe. Além disso, as áreas da pele podem ser irradiadas por campos de raios X sobrepostos podendo ocasionar lesões graves. Um indicador importante é a avaliação da DEP. Esta grandeza é medida próxima à superfície de entrada da pele. Como as lesões na pele de pacientes são comuns em procedimentos cardíacos de RI, neste estudo são apresentados resultados de CCs para DEP em termos do PKA que leva em consideração o tamanho da área irradiada desse indivíduo.

4.3 Avaliação dos CCs para dose efetiva (E) do paciente

Durante procedimento de RI, o cardiologista utiliza várias configurações de projeção do feixe, ajustando sempre na busca da melhor aquisição das imagens. Neste sentido,

calculamos e publicamos neste estudo CCs médios obtidos para 8 projeções e 7 tensões aplicadas ao tubo frequentemente utilizados em procedimentos de angiografia e angioplastia coronária. Uma vez que é impraticável ou clinicamente impossível medir as doses absorvidas *in vivo* durante um procedimento radiológico, diferentes estudos são geralmente comparados com base em medições experimentais ou cálculos computacionais de E/PKA. Os resultados de E/PKA calculados neste estudo em função da tensão de pico do tubo de raios X para o paciente estão apresentados na figura 4.2 e podem ser reproduzidos utilizando a equação 4.1 e os parâmetros apresentados na tabela 4.5.

$$CC(kVp) = B + Ae^{C \cdot kVp} \tag{4.1}$$

Tabela 4.5. Parâmetros da equação 4.1 utilizados para cálculo dos CC de dose efetiva para o paciente, ajustados para $R^2 = 0,99$.

Parâmetro	PACIENTE							
	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°
B	6,1E-01	6,9E-01	6,3E-01	8,0E-01	8,8E-01	8,1E-01	1,9E-01	9,0E+00
A	-6,7E-01	-7,9E-01	-7,8E-01	-1,1E+00	-1,2E+00	-1,0E+00	-2,2E-01	-9,1E+00
C	-1,2E-02	-3,4E-03	-8,9E-03	-1,1E-02	-1,1E-02	-9,5E-03	-3,8E-03	-7,2E-05

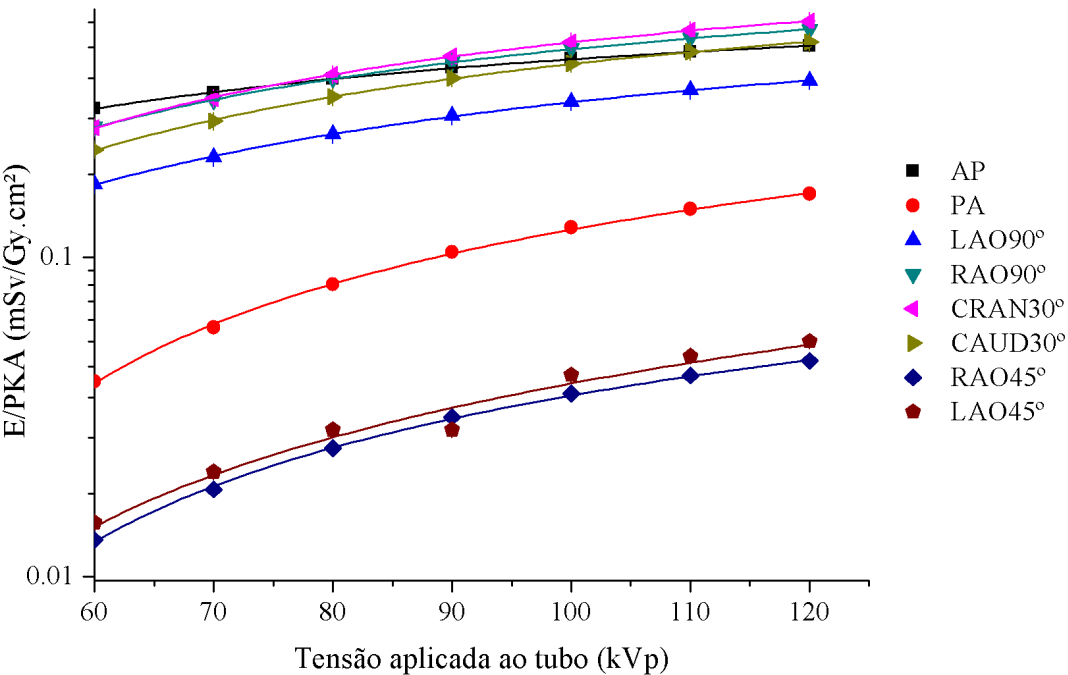


Figura 4.2. Média dos CCs para dose efetiva (E) normalizados pelo PKA em função da tensão aplicada ao tubo, calculados para o paciente.

O valor médio de E/PKA de todas as projeções em nosso estudo para o paciente foi de 0,25 mSv/Gy.cm². Este valor é consistente com os dados de medição na literatura como

mostrado na tabela 4.6. Na mesma tabela, são apresentados os desvios relativos ao valor de CC obtido neste estudo.

Tabela 4.6. Desvio relativo* entre os resultados de CCs de dose efetiva obtidos neste estudo (0,25 mSv/Gy.cm²) e os descritos na literatura.

Referências	E/PKA (mSv/Gy.cm ²)	Desvio relativo (%)
Betsou e col, (1998)	0,184	26
Broadhead e col, (1997)	0,186	26
Efstathopoulos e col, (2003)	0,180	28
Katritsis e col, (2000)	0,182	27
McParland e col, (1998)	0,180	28
Leung e col. (1996)	0,221	12
Bor e col. (2004)	0.240	4
Média	0,180	22

* $\left| \left(\frac{\text{Este estudo} - \text{Referência}}{\text{Este estudo}} \right) \times 100 \right|$

Os CCs para dose equivalente e efetiva calculados neste estudo para o paciente utilizando o MASH na projeção AP foram comparados com resultados obtidos por Park e col, (2007), utilizando simulador antropomórfico matemático adulto ORNL exposto a uma fonte de raios X com tensão de pico 60 kVp e filtração inerente de 3,5 mmAl. Na figura 4.3 estão apresentados os coeficientes de conversão para dose equivalente e efetiva por PKA para alguns dos órgãos localizados próximos das regiões torácicas e abdominais, calculados para o MASH e para o ORNL adulto.

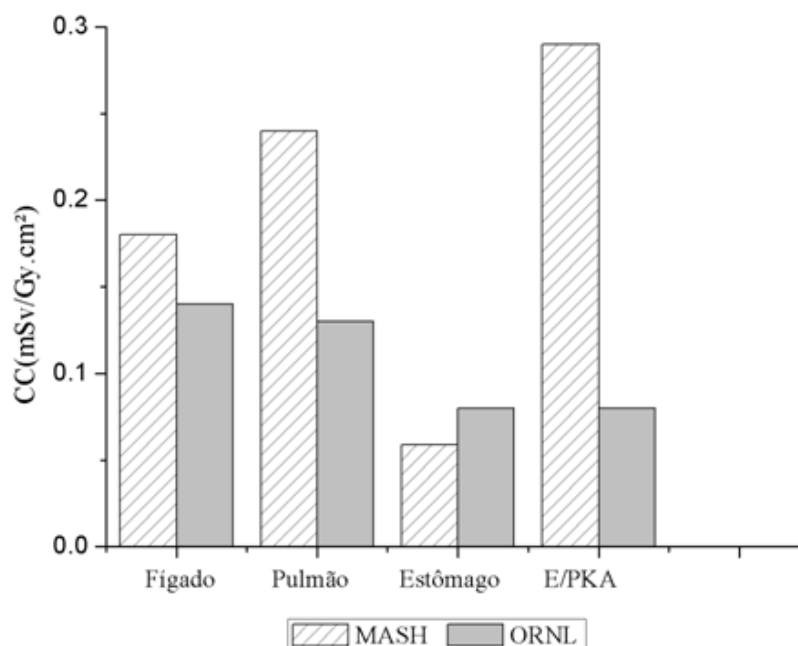


Figura 4.3. Comparação dos CCs para doses equivalentes e efetivas dos órgãos próximo do coração e da região abdominal, calculado para os simuladores antropomórficos adultos MASH e ORNL para a projeção AP.

Os CCs para dose efetiva calculada para o MASH foi cerca de 70% maior do que o simulador ORNL adulto para a projeção AP. Com exceção do estômago, todos os CCs para doses equivalentes avaliados para esta projeção foram maiores do que os calculados para o simulador ORNL adulto. Os principais desvios relativos entre os valores de CCs foram: pulmões (46%) e fígado (22%). As razões destas diferenças podem ser atribuídas às diferenças anatômicas entre os simuladores. No simulador MASH, o esôfago e os pulmões são relativamente mais próximos do coração do que aqueles do ORNL. Neste último, os órgãos são representados por expressões matemáticas e possuem muitas limitações, o que torna impossível representar a distância entre órgãos de forma mais realista. A posição supina do MASH provoca a compressão do tórax por órgãos abdominais. Portanto, as distâncias do coração em relação aos órgãos abdominais são menores de modo que estes órgãos recebem mais radiação espalhada do que aqueles do ORNL.

Os CCs para doses efetivas calculadas para o paciente utilizando o MASH foram comparados também com estudo que utilizou simulador matemático adulto incorporado no código PCXMC (TAPIOVARA e col., 1997). Os valores médios de E/PKA utilizando simulador matemático para uma tensão de pico de 100 kVp foi de 0,20 mSv/Gy.cm² para o MIRD5/PCXMC: (LAO45°: 0,26; PA: 0,19; CAUD30°: 0,19; RAO90°: 0,18). Para estas quatro projeções, o CC médio para dose efetiva deste estudo foi de 2,6E-01 mSv/Gy.cm², apresentando um aumento de 22% em relação ao simulador antropomórfico matemático. Ao contrário dos resultados do PCXMC, os resultados apresentados neste estudo foram calculados utilizando o paciente sobre uma mesa cirúrgica acompanhado do médico cardiologista e de uma enfermeira. Além destes, foi introduzida na sala de RI uma série de equipamentos típicos. Certamente o detalhamento do cenário introduz objetos atenuadores e espalhadores e as diferenças anatômicas e morfológicas entre os simuladores justificam as diferenças entre os estudos.

As doses nos órgãos normalizados por PKA para o paciente também foram fornecidas em outros estudos com simuladores tomográficos. Bozkurt e Bor (2007) utilizaram o simulador de voxel ViP-Man e calcularam CCs para procedimento de angiografia coronária, obtendo os seguintes valores em mSv/Gy.cm²: (LAO45°: 0.105; PA: 0.185; CAUD30°: 0.151; RAO90°: 0.139), cuja média foi de 0,14 mSv/Gy.cm². Para estas projeções, a diferença dos resultados deste estudo com resultados de Bozkurt e Bor é de 35% e pode ser atribuída às diferenças anatômicas, descrição da fonte e da distância foco-superfície. Um extenso estudo em procedimentos intervencionistas cardíacos foi realizado por Stern e col. (1995) e Schlattl e col. (2007). Os resultados de CCs para dose equivalente e efetiva foram calculados para os simuladores antropomórficos de voxel Regina e Rex, que foram posteriormente adotados pela

ICRP 110 como mulher e homem de referência. No entanto, as diferenças dos espectros utilizados por Stern e col. (1995) não permitem uma comparação significativa entre os resultados.

4.4 Avaliação dos CCs para dose de entrada na pele (DEP) do paciente

Apesar da dose média absorvida em um órgão ser baixa, a deposição de dose concentrada num local pode causar necrose do órgão ou tecido. Exemplo disto são as lesões agudas ocasionadas pela radiação na pele de pacientes a partir de procedimentos de RI (ICRP 120, 2013). Devido à possibilidade de sintomas agudos da radiação para a pele, neste estudo além dos CCs para dose equivalente da pele do paciente, apresentamos resultados de CC para DEP em termos do PKA, que levam em consideração as informações sobre o local e as dimensões de campo e possibilitam avaliar a distribuição de dose absorvida na pele irradiada do paciente. A média dos principais valores da DEP/PKA, para o paciente, para as oito projeções estudadas estão apresentados na figura 4.4.

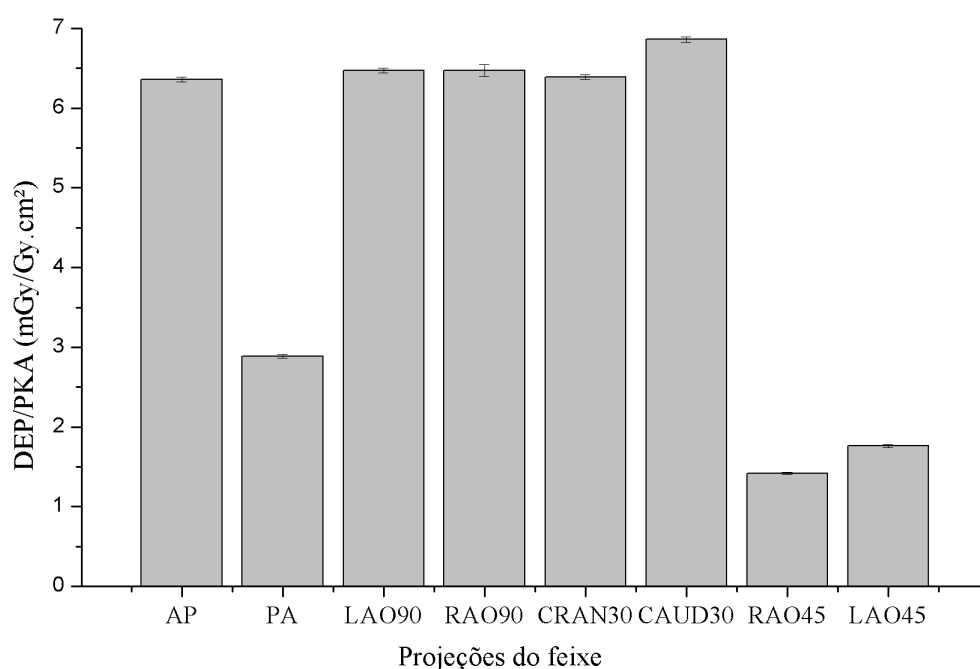


Figura 4.4. Média por energia dos CCs de DEP normalizados pelo PKA calculados para o paciente para as oito projeções de feixe estudadas.

Devem-se notar diferenças entre os CCs de DEP/PKA entre as projeções avaliadas. Quando o tubo está abaixo da mesa (PA, RAO45° e LAO45°), esta atenua o feixe consideravelmente e a principal consequência disso são CCs menores em relação às projeções oblíquas (CRAN30° e CAUD30°), lateral (LAO90° e RAO90°) e AP, onde o tubo de raios X está

acima da mesa e o feixe é projetado diretamente na pele do paciente. A média de DEP/PKA calculado neste estudo foi de $(4,8 \pm 2,4\%) \text{ mGy/Gy.cm}^2$. Na ausência de uma medição direta, estes CCs podem ser utilizados para determinar a DEP, pois mostram boa concordância com os resultados da literatura. Na tabela 4.7 são apresentados os desvios relativos entre os resultados deste estudo com os da literatura.

Tabela 4.7. Desvios relativos entre os resultados de CCs para DEP do paciente obtidos neste estudo ($4,8 \text{ mGy/Gy.cm}^2$) e os descritos na literatura*.

Referências	DEP/PKA (mGy/Gy.cm ²)	Desvio relativo (%)
Karambatsakidou e col. (2005)	3,9	19
Chida e col. (2006)	3,8	21
Quai e col. (2003)	4,3	10
Média	4,0	17
* $\left \left(\frac{\text{Este estudo} - \text{Referência}}{\text{Este estudo}} \right) \times 100 \right $		

Nos procedimentos em que é grande o tempo de fluoroscopia ou quando a projeção do feixe é utilizada numa única direção, é aumentado o perigo de grandes doses na pele. Para evitar lesões da pele causada pela radiação, é recomendado monitorar a DEP. Infelizmente, esta prática é difícil de fazer em tempo real.

4.5 Avaliação dos CCs para dose efetiva (E) do cardiologista e enfermeira

Os CCs calculados para dose efetiva do cardiologista e enfermeira para as oito projeções estudadas em função da tensão aplicada ao tubo nos cenários I e II estão apresentados na figura 4.5 e 4.6 e podem ser reproduzidos utilizando a equação 4.1 e os parâmetros apresentados na tabela 4.8. A média dos valores apresentados para o cardiologista foi de $(2,0\text{E-}01 \pm 0,2\%) \mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ (I) e $(4,7\text{E-}02 \pm 0,1\%) \mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ (II) (variação de 77% entre I e II) e para a enfermeira foi $(2,4\text{E-}02 \pm 0,1\%) \mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ (I) e $(1,8\text{E-}02 \pm 0,1\%) \mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ (II) (variação de 25% entre I e II). Grandes variações de CCs foram observadas entre o cardiologista e a enfermeira. Estas diferenças são provavelmente devido às diferentes distâncias destes profissionais ao centro do campo de radiação e de equipamentos de proteção adicionais utilizados pelo cardiologista, como, por exemplo, os protetores de vidro plumbífero suspensos. Os valores do cenário I concordam bem com os CCs divulgados em diversos estudos dosimétricos experimentais realizados com cardiologistas em RI, como pode ser observado na

tabela 4.9, na qual são apresentados também os desvios relativos entre os resultados deste estudo e da literatura.

Tabela 4.8. Parâmetros da equação 4.1 utilizados para cálculo dos CC para o cardiologista e enfermeira ajustados para $R^2 = 0,99$.

CARDIOLOGISTA – CENÁRIO I								
Parâmetro	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°
B	-5,1E-02	-2,0E-01	-3,6E-01	-1,2E-01	-2,5E-01	-2,0E-01	-2,6E-02	-3,7E-02
A	3,0E-02	1,1E-01	2,5E-01	6,2E-02	2,2E-01	9,2E-02	1,4E-02	2,1E-02
C	1,9E-02	1,3E-02	8,4E-03	2,1E-02	8,2E-03	1,9E-02	2,1E-02	1,8E-02
CARDIOLOGISTA – CENÁRIO II								
B	-8,0E-03	-6,9E-03	-7,6E-02	-4,9E-02	-1,4E-02	-3,5E-02	-6,6E-03	-5,1E-03
A	2,0E-03	1,1E-03	3,6E-02	8,2E-03	4,5E-03	5,0E-03	3,0E-03	2,5E-03
C	2,7E-02	3,2E-02	1,5E-02	3,3E-02	2,4E-02	3,3E-02	2,1E-02	1,8E-02
ENFERMEIRA – CENÁRIO I								
B	2,2E-02	-3,2E+00	7,4E-02	6,1E-02	7,7E-02	9,5E-02	1,3E-02	-7,5E-03
A	-4,8E-02	3,2E+00	-2,1E-01	-1,7E-01	-1,1E-01	-1,6E-01	-4,9E-02	7,4E-03
C	-1,7E-02	6,8E-05	-2,5E-02	-2,2E-02	-9,0E-03	-1,3E-02	-2,7E-02	9,4E-03
ENFERMEIRA – CENÁRIO II								
B	-1,5E+00	3,3E-01	6,4E-02	4,6E-02	3,8E-02	6,5E-02	1,1E-02	1,5E-02
A	1,5E+00	-3,3E-01	-2,0E-01	-1,1E-01	-1,1E-01	-1,5E-01	-2,8E-02	-3,5E-02
C	7,1E-05	-2,9E-04	-2,6E-02	-1,8E-02	-2,2E-02	-1,7E-02	-1,8E-02	-1,8E-02

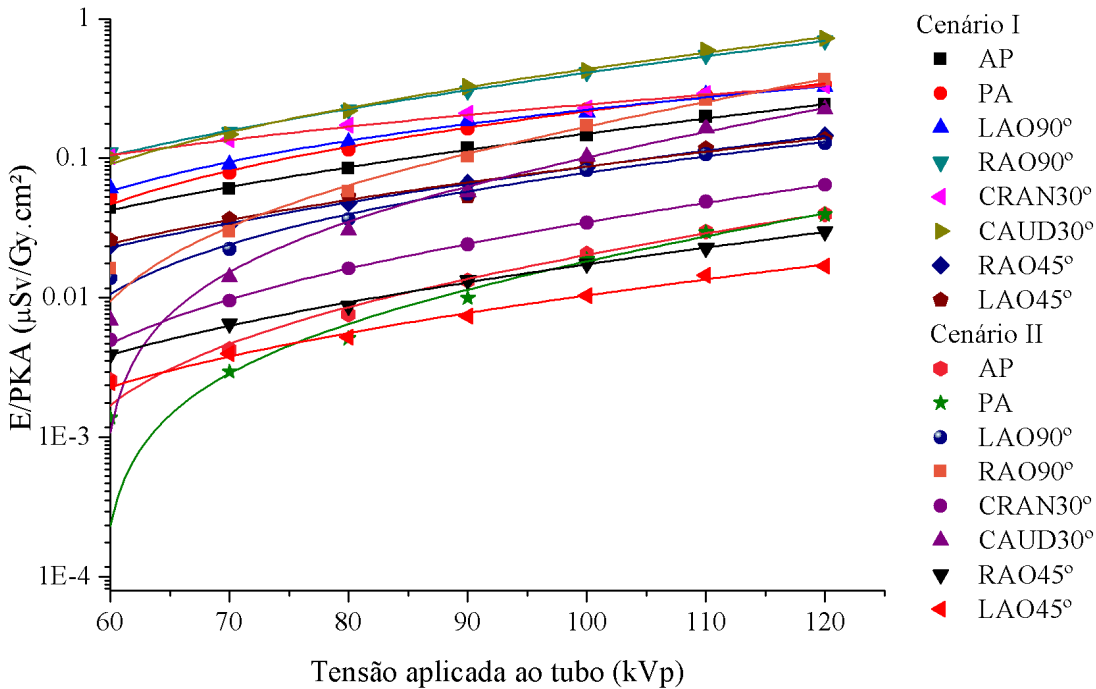


Figura 4.5. Média dos CCs para dose efetiva (E) normalizados pelo PKA em função da tensão aplicada ao tubo, calculados para o cardiologista nos cenários I e II.

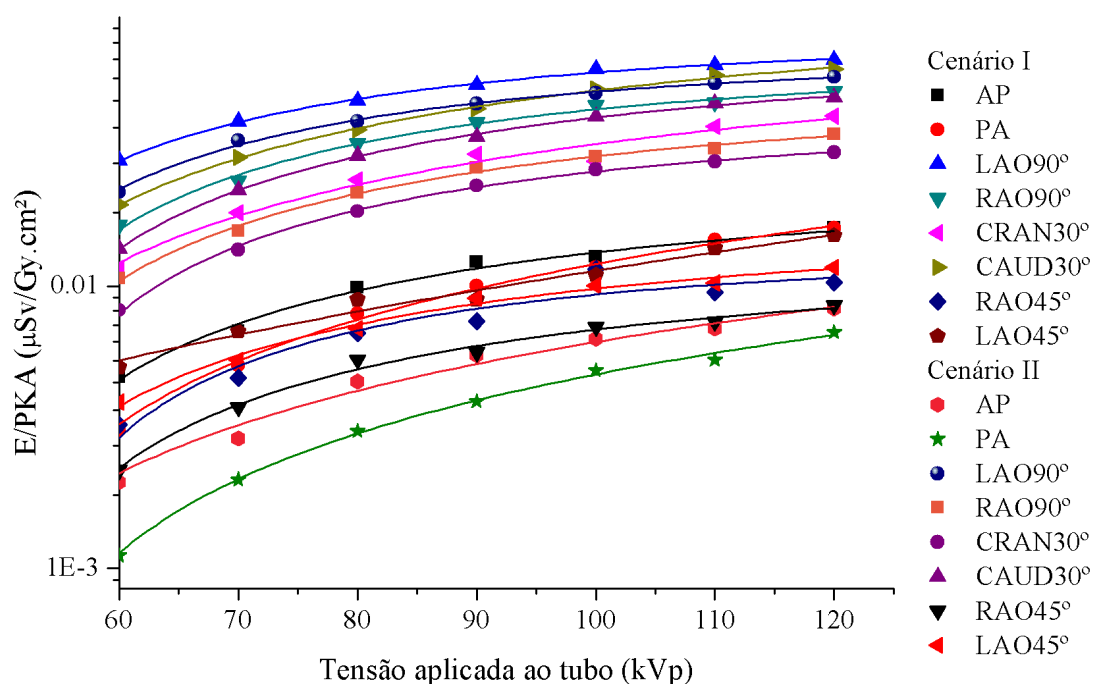


Figura 4.6. Média dos CCs para dose efetiva (E) normalizados pelo PKA em função da tensão aplicada ao tubo, calculados para a enfermeira nos cenários I e II.

Tabela 4.9. Desvios relativos* entre os resultados de CCs de dose efetiva em $\mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ para o cardiologista obtidos neste estudo (2,0E-01-Cenário I) e (4,7E-02 – Cenário II) e os descritos na literatura.

Referências	E/PKA $\mu\text{Sv/Gy.cm}^2$	Desvios relativos (%) Cardiologista	
		Cenário I	Cenário II
Padovani e col. (2001)	0,230	15	389
Tsapaki e col. (2004)	0,132	34	181
Bor e col. (2006)	0,140	30	198
Média	0,180	10	283

$$* \left| \left(\frac{\text{Este estudo} - \text{Referência}}{\text{Este estudo}} \right) * 100 \right|$$

As diferenças encontradas entre os vários estudos podem ter sido resultado da utilização de diferentes protocolos clínicos, equipamentos de raios X, parâmetros técnicos (tensão do tubo, geometria de feixe, tamanho de campo irradiado, distancia focal, etc.). Como pode ser conferido na tabela 4.9, os resultados calculados para o cenário II divergem bastante dos da literatura, o que sugere que o uso de cortina de chumbo na mesa cirúrgica e de dispositivos de proteção suspensos ainda é limitado ou negligenciado.

A comparação dos resultados deste estudo com os de Bozkurt e Bor (2007), que calcularam CCs para dose efetiva utilizando simulações computacionais, mostrou também boa

concordância. Por exemplo, o CC para dose efetiva por PKA para projeção PA neste estudo foi igual a $0,18 \mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ (I) e o valor correspondente do trabalho de Bozkurt e Bor foi $0,16 \mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$. Como já comentado anteriormente, essas diferenças podem ser atribuídas às diferenças no modelo físico e anatômico entre os simuladores antropomórficos e nos parâmetros radiográficos utilizados.

A utilização de proteção adicional da cortina de chumbo e do vidro plumbífero suspenso permitiram uma significativa redução da intensidade da radiação espalhada produzida pelo o paciente, mesa cirúrgica e outros objetos no interior da sala. O resultado disso foi CC médio para dose efetiva cerca 77% menor para o cardiologista e 25% para a enfermeira. Neste sentido, sempre que possível, a equipe médica deve adotar meios que garantam a menor exposição, sendo uma das principais o uso de barreiras móveis juntamente com a cortina de chumbo na mesa cirúrgica. A utilização dos óculos plumbíferos, a posição do cardiologista, projeção e angulação do feixe são fatores importantes que afetam a dose nos olhos dos profissionais médicos. Além de óculos plumbíferos, que melhora a proteção contra a catarata, recomenda-se a utilização de dispositivo de proteção suspenso, pois se usado corretamente eles protegem toda a cabeça e o pescoço da radiação espalhada. Desta forma, é aconselhável que cada equipamento deve ter pelo menos uma espessura equivalente em chumbo de 0,5 mm e, assim, uma completa proteção dos profissionais pode ser adquirida com a utilização de um avental de chumbo, que deve ser ajustado para o tamanho de cada profissional.

A radiação retroespalhada a partir da superfície de entrada do paciente é de alta intensidade. Assim, os CCs serão sempre significativamente maiores quando o cardiologista está perto do tubo de raios X, como na projeção CAUD30°, do que quando está no lado do intensificador de imagem. Neste sentido, blindagens adicionais devem sempre adotadas. Quando o tubo está abaixo da mesa, a exposição para as pernas e parte inferior do abdômen é mais elevada. Quando o tubo está acima da mesa, a exposição da face, pescoço e peito é mais alta.

4.6 Avaliação dos CCs para dose equivalente pessoal Hp(10) do cardiologista e enfermeira

Em dosimetria ocupacional, a dose nos profissionais durante um exame radiológico é estimada por meio de dosímetros pessoais colocados estrategicamente em locais de maior exposição do corpo dos profissionais. Existem relações práticas para a estimativa da dose efetiva, que consideram a dose equivalente depositada sobre estes dosímetros. A metodologia recomendada pela ICRP (ICRP 120, 2013) e por normas nacionais (BRASIL, 1998) foi seguida neste estudo para comparar as doses efetivas estimadas com os resultados de doses efetivas baseados em doses equivalentes dos órgãos. Neste sentido, este estudo apresenta também

resultado de CCs para Hp(10) normalizada por PKA obtidos utilizando simulação computacional. Os principais resultados de Hp(10)/PKA para o cardiologista e a enfermeira estão apresentados nas figuras 4.7 e 4.8 respectivamente.

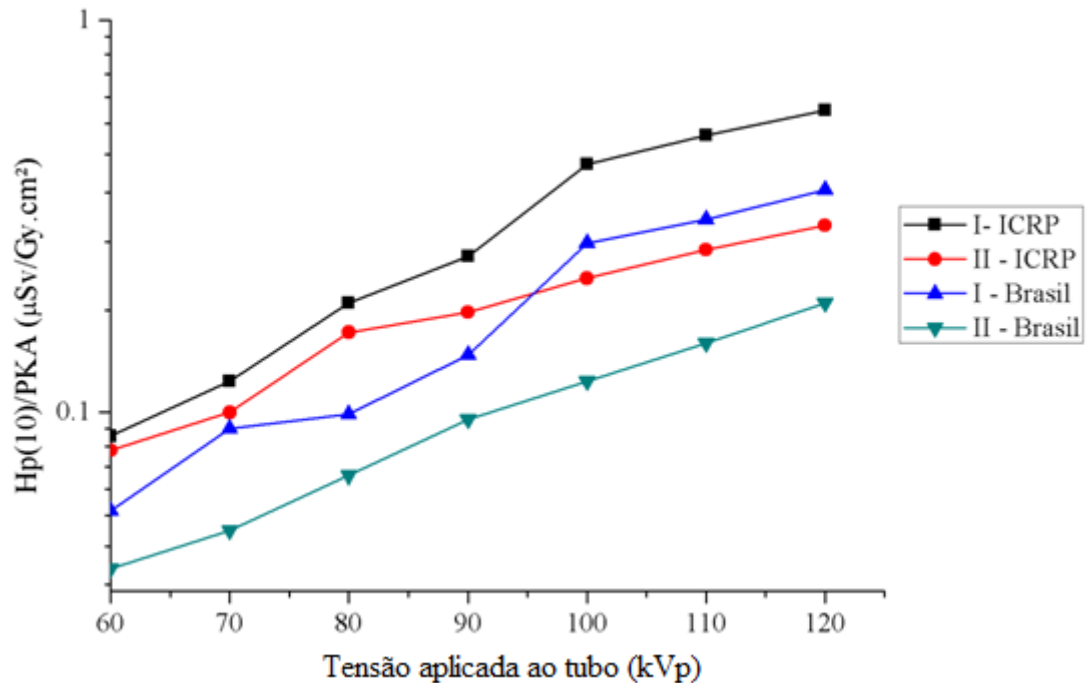


Figura 4.7. Média dos CCs para dose equivalente pessoal Hp(10) normalizados pelo PKA em função da tensão aplicada ao tubo, calculados para o cardiologista nos cenários I e II.

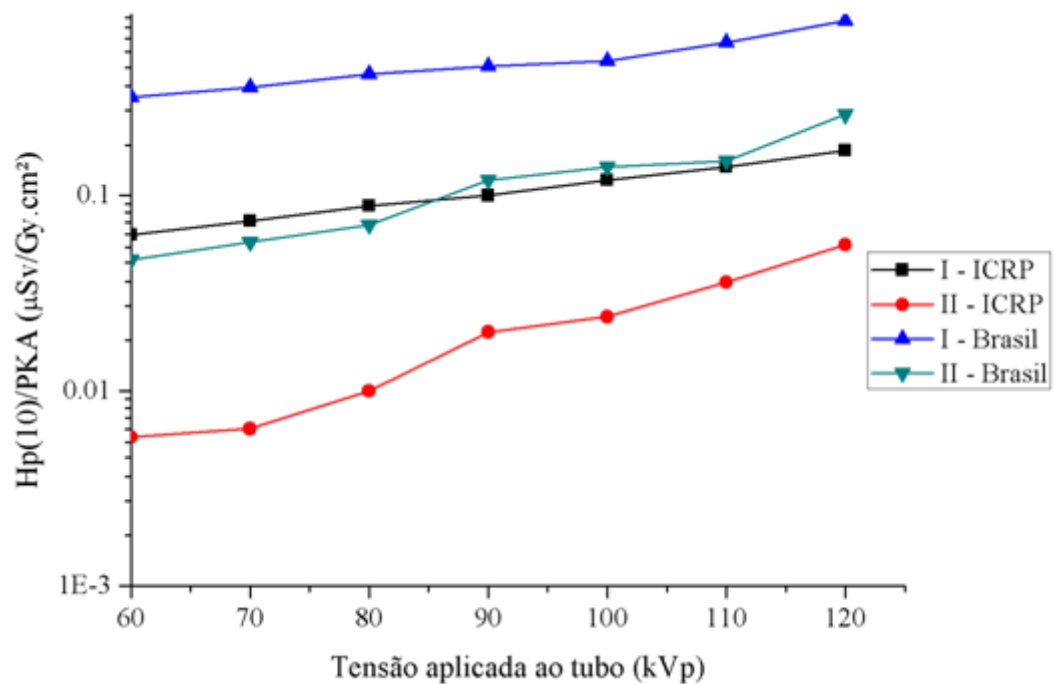


Figura 4.8. Média dos CCs para dose equivalente pessoal Hp(10) normalizados pelo PKA em função da tensão aplicada ao tubo, calculados para a enfermeira nos cenários I e II.

A média dos CCs para Hp(10) em $\mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ para o cardiologista e enfermeira, calculados a partir da equação (3.5 e 3.6), está apresentada na tabela 4.10.

Tabela 4.10. Média dos CCs para Hp(10) e E, calculados para o cardiologista e enfermeira nos cenários I e II.

	Cardiologista		Entre I e II	Enfermeira		Entre I e II
	Cenário I	Cenário II	(%)	Cenário I	Cenário II	(%)
Hp(10) - ICRP	1,1E-01	2,3E-02	79	3,1E-02	1,9E-02	39
Hp(10) - Brasil	4,9E-01	1,2E-01	75	1,9E-02	1,0E-02	47
E/PKA	2,0E-01	4,7E-02	77	2,4E-02	1,8E-02	25

Comparando com os valores de CCs para dose efetiva baseada em doses equivalentes dos órgãos, nos dois cenários avaliados para o cardiologista, o método de dupla dosimetria sugerido pela ICRP subestimou a dose efetiva por um fator de 2. Panorama diferente foi encontrado para a enfermeira. Para esta profissional, os resultados obtidos concordam dentro das incertezas com os da dose efetiva, apresentando desvio percentual mínimo de 5 e máximo de 22%. O método utilizado pelo Brasil subestimou a dose efetiva para a enfermeira. Entretanto, os resultados para o cardiologista foram superestimados. Neste sentido, o uso de um único dosímetro por fora do tórax deste profissional é adequado, quando se considera que essa região é a mais exposta.

4.7 CCs de risco de câncer estimados para o paciente, cardiologista e enfermeira

Os riscos para a saúde atribuíveis à exposição à radiação ionizante dependem da dose absorvida no órgão, do tipo de órgão irradiado, idade e sexo dos indivíduos expostos. Por meio do conhecimento dos CCs para dose equivalente de cada órgão/tecido estudado e de seus respectivos fatores de riscos apresentado pelo comitê BEIR VII, que leva em consideração a idade e o sexo dos indivíduos expostos, foi possível calcular os CCs para riscos de indução de câncer (R_{OT}) em termos do PKA para os principais órgãos do paciente, do cardiologista e da enfermeira. No anexo B são apresentados os principais valores destes coeficientes. A média dos CCs para risco R_{OT} , para todas as projeções para o paciente, enfermeira e cardiologista estão apresentados na figura 4.9, 4.10 e 4.11 respectivamente.

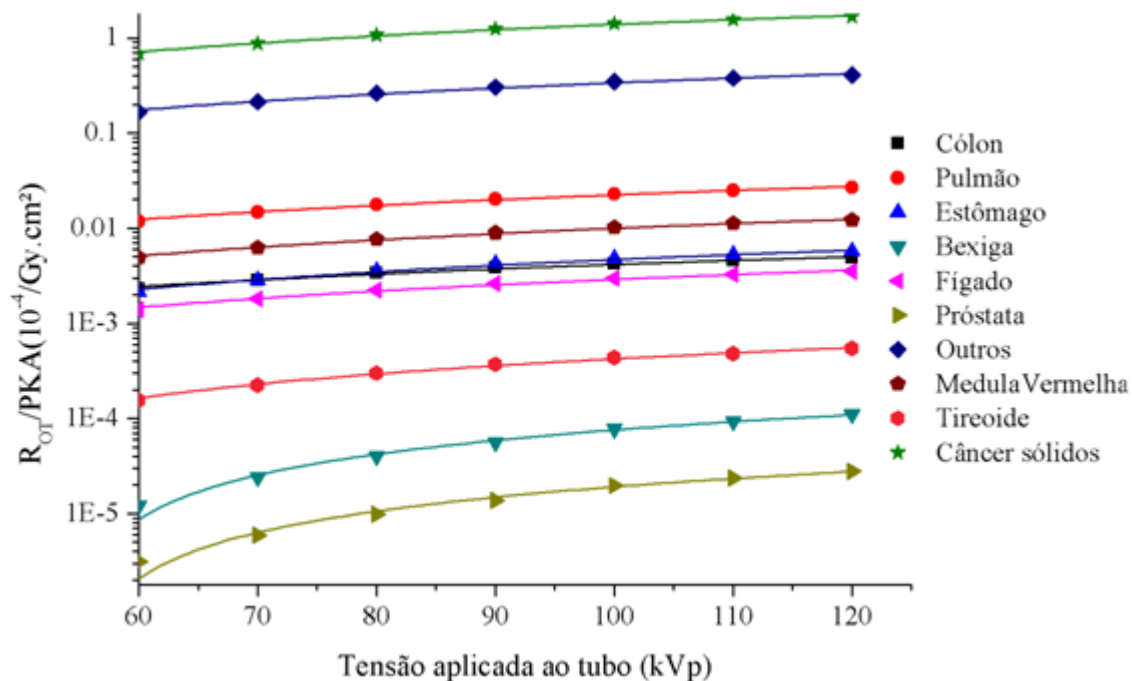


Figura 4.9. Média dos CCs de risco de câncer dos órgãos do paciente por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.

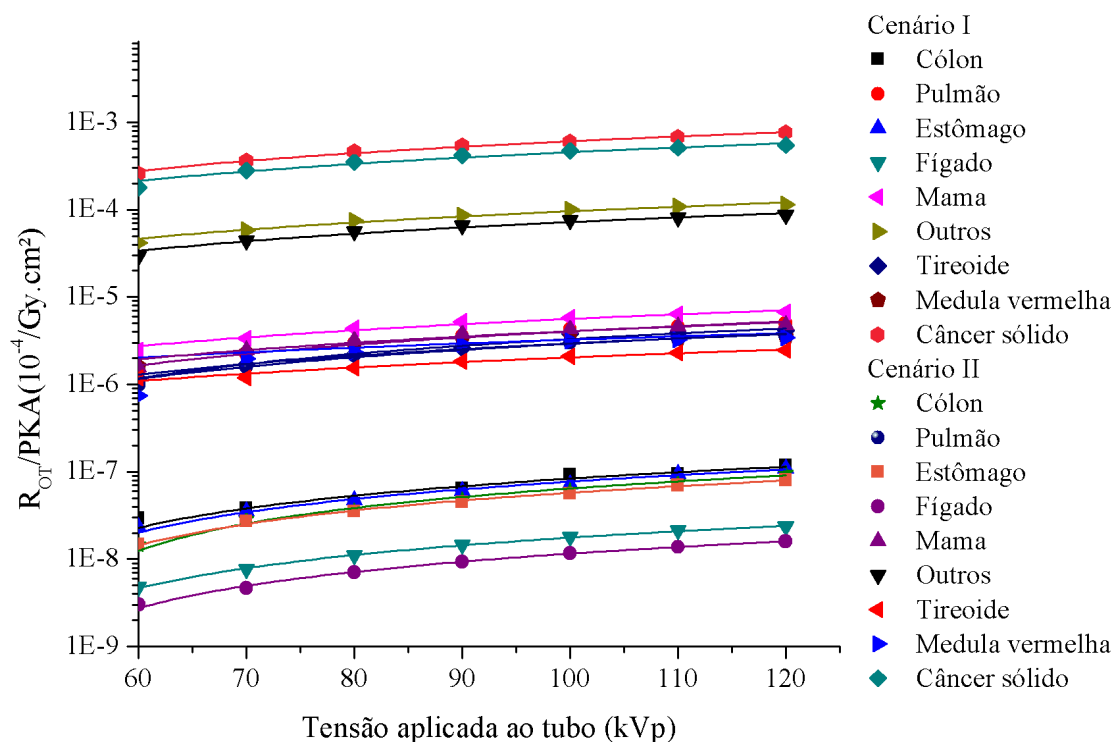


Figura 4.10. Média dos CCs de risco de câncer dos órgãos da enfermeira por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.

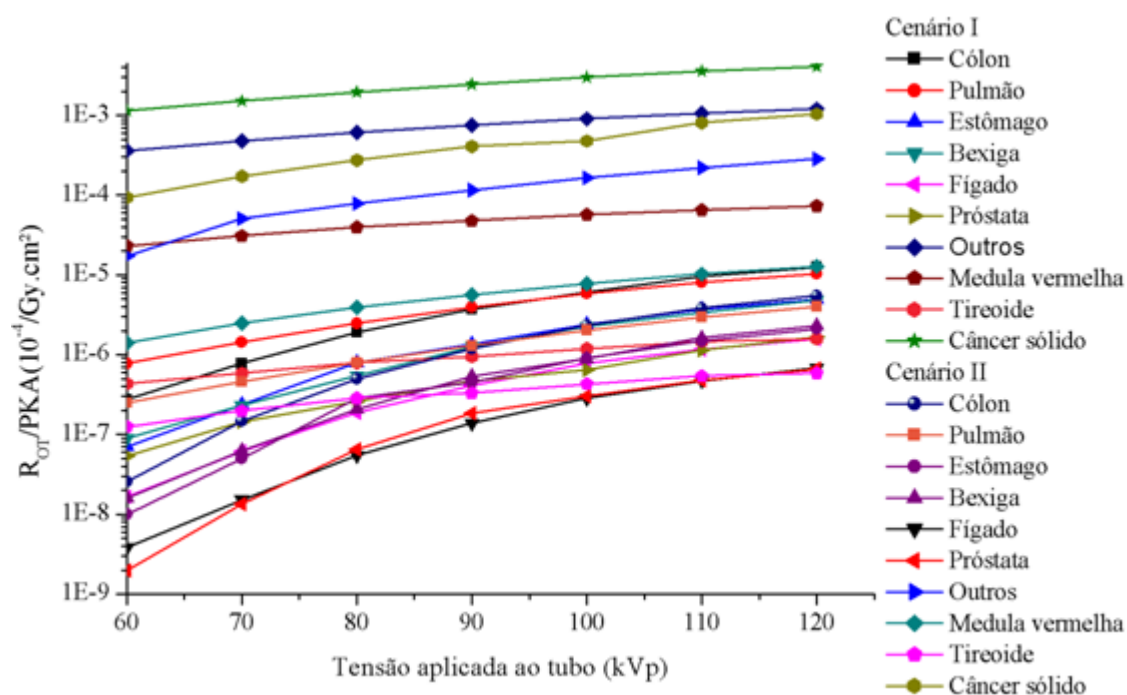


Figura 4.11. Média dos CCs de risco de câncer dos órgãos do cardiologista por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.

Como esperado, os maiores CCs de dose equivalente foram obtidos para o paciente, resultando em maiores chances desse indivíduo desenvolver câncer nos órgãos. Maior dose no paciente foi acompanhada também de um aumento de dose nos profissionais.

Dentre os órgãos avaliados do paciente, observa-se que os riscos de ocorrência de câncer na medula vermelha (leucemia), dos pulmões, em “outros” e “sólidos” foram os que obtiveram maiores valores de CCs, e o risco calculado para "outros" foi dominado pelo câncer do baço. A média dos CCs para procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária bem como os desvios relativos para os indivíduos estudados estão apresentada na tabela 4.11.

Tabela 4.11. Média dos CCs para risco de incidência de câncer de órgãos dos indivíduos estudados normalizados pelo PKA expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$.

Órgãos	Paciente				Cardiologista			Enfermeira		
			Cenário I	Cenário II	(%)			Cenário I	Cenário II	(%)
Cólon	3,7E-03		5,0E-05	1,2E-05	77			7,7E-07	5,2E-08	93
Pulmão	2,0E-02		4,7E-06	1,2E-06	75			3,9E-06	2,5E-06	36
Estômago	4,1E-03		1,9E-06	4,6E-07	76			7,0E-08	4,7E-08	33
Bexiga	5,9E-05		1,8E-06	4,9E-07	73		--	--	--	--
Fígado	2,5E-03		6,0E-07	1,4E-07	76			1,6E-08	9,4E-09	41
Próstata	1,5E-05		6,3E-07	1,5E-07	76		--	--	--	--
Mamas	--		--	--	--			5,4E-06	3,5E-06	35
Outros	3,0E-01		7,7E-04	1,0E-04	87			9,3E-05	6,3E-05	32
Tireoide	3,6E-04		1,0E-06	3,0E-07	70			3,0E-06	1,8E-06	40
Medula vermelha	8,7E-03		4,8E-05	4,8E-06	90			3,3E-06	2,5E-06	24
Câncer sólido	1,2E+00		2,6E-03	4,8E-04	81			5,3E-04	3,9E-04	25

Diferenças significativas foram observadas entre os órgãos dos indivíduos avaliados. Para maioria dos órgãos radiosensíveis localizados na região alvo do feixe primário de radiação, como os pulmões, foram obtidos CCs bem superiores do que os dos órgãos localizados longe do campo de visão, como a próstata, bexiga e tireoide. Além disso, as variações nos valores dos CCs de risco de câncer estão relacionadas com a dose absorvida e com o grau de radiosensibilidade dos órgãos e tecidos. Em geral, os CCs para risco de câncer podem ser reduzidos significativamente com a diminuição da tensão aplicada ao tubo. Para o paciente, o risco é menor quando as projeções PA, LAO45° e RAO45° são utilizadas. Para o cardiologista e a enfermeira, esse risco diminuirá se o uso da cortina de chumbo na mesa cirúrgica e barreira de proteção suspensas forem adotados.

Neste estudo, também foram estimados o risco efetivo (R) de câncer por PKA. O cálculo deste foi feito somando o CC para câncer sólido com o risco de ocorrência de leucemia (medula vermelha) em decorrência da exposição aos raios X. Os principais resultados estão apresentados nas tabelas do anexo B. A média destes CCs em função da tensão aplicada ao tubo para o paciente, cardiologista e enfermeira está apresentada nas figuras 4.12, 4.13 e 4.14 respectivamente e podem ser reproduzidos utilizando a equação 4.1 e os parâmetros apresentados na tabela 4.12.

Tabela 4.12. Parâmetros da equação 4.1 utilizados para cálculo dos CCs para risco de câncer em paciente, cardiologista e enfermeira, ajustados para $R^2 = 0,99$.

PACIENTE								
Parâmetro	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°
B	2,6E+00	3,4E+00	3,3E+00	4,4E+00	4,9E+00	4,1E+00	1,1E+00	3,4E+01
A	3,8E+00	-4,3E+00	-4,6E+00	-6,0E+00	-6,8E+00	-5,7E+00	-1,4E+00	-3,4E+01
C	-1,3E-02	-5,5E-03	-9,7E-03	-1,0E-02	-1,0E-02	-9,9E-03	-5,0E-03	-1,5E-04
CARDIOLOGISTA – CENÁRIO I								
B	-2,9E-03	-1,5E-03	2,7E-02	-3,7E-03	-3,3E-01	-5,1E-03	-6,9E-04	-2,4E-04
A	2,5E-03	1,0E-03	-3,0E-02	2,8E-03	3,3E-01	3,7E-03	4,9E-04	2,0E-04
C	7,1E-03	1,3E-02	-2,2E-03	1,1E-02	2,1E-04	9,9E-03	1,2E-02	1,7E-02
CARDIOLOGISTA – CENÁRIO II								
B	-9,9E-05	-7,0E-05	-3,1E-03	-4,7E-04	-3,3E-04	-3,6E-04	-2,1E-04	-1,4E-04
A	3,3E-05	1,5E-05	2,4E-03	1,4E-04	1,2E-04	8,0E-05	1,4E-04	9,9E-05
C	2,3E-02	2,8E-02	5,5E-03	2,6E-02	2,2E-02	2,7E-02	1,1E-02	9,6E-03
ENFERMEIRA – CENÁRIO I								
B	-2,6E-02	-2,1E-03	2,2E-03	1,8E-03	1,8E-03	3,2E-03	3,6E-04	5,5E-06
A	2,6E-02	1,9E-03	-3,4E-03	-2,6E-03	-2,6E-03	-3,9E-03	-6,7E-04	3,7E-05
C	1,5E-04	2,2E-03	-1,3E-02	-1,1E-02	-8,6E-03	-5,9E-03	-1,4E-02	1,8E-02
ENFERMEIRA – CENÁRIO II								
B	3,1E-04	5,5E-04	1,5E-03	9,7E-04	8,1E-04	1,3E-03	2,2E-04	3,8E-04
A	-5,3E-04	-6,9E-04	-4,4E-03	-2,4E-03	-2,3E-03	-3,4E-03	-6,9E-04	-6,8E-04
C	-1,1E-02	-4,6E-03	-2,5E-02	-2,1E-02	-2,2E-02	-2,1E-02	-2,3E-02	-1,4E-02

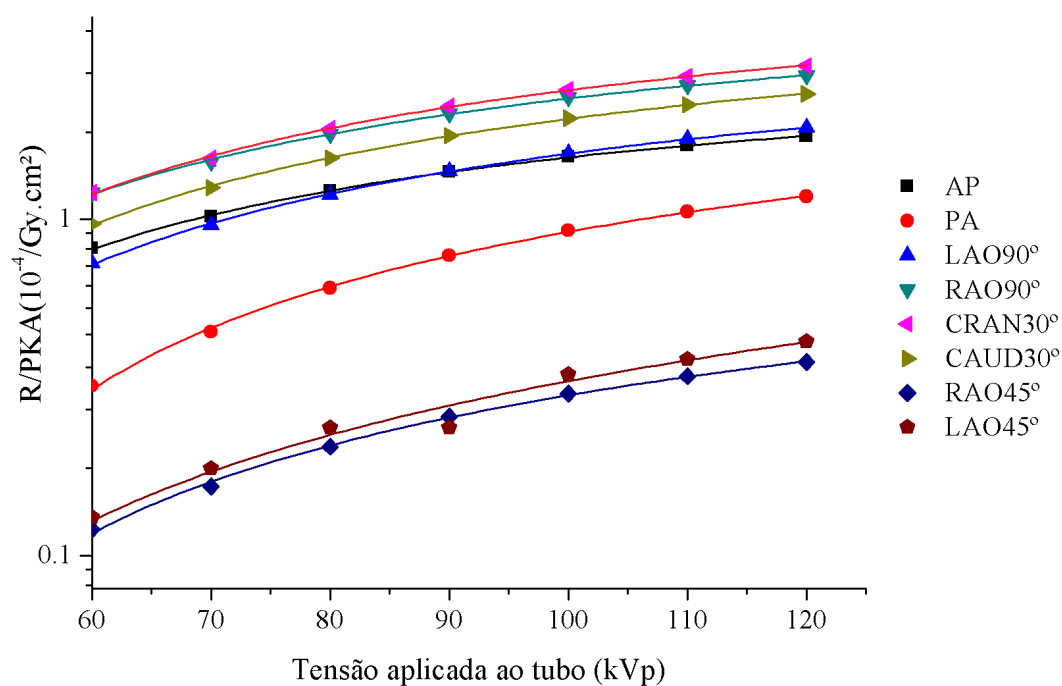


Figura 4.12. Média dos CCs de risco efetivo de câncer para o paciente por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.

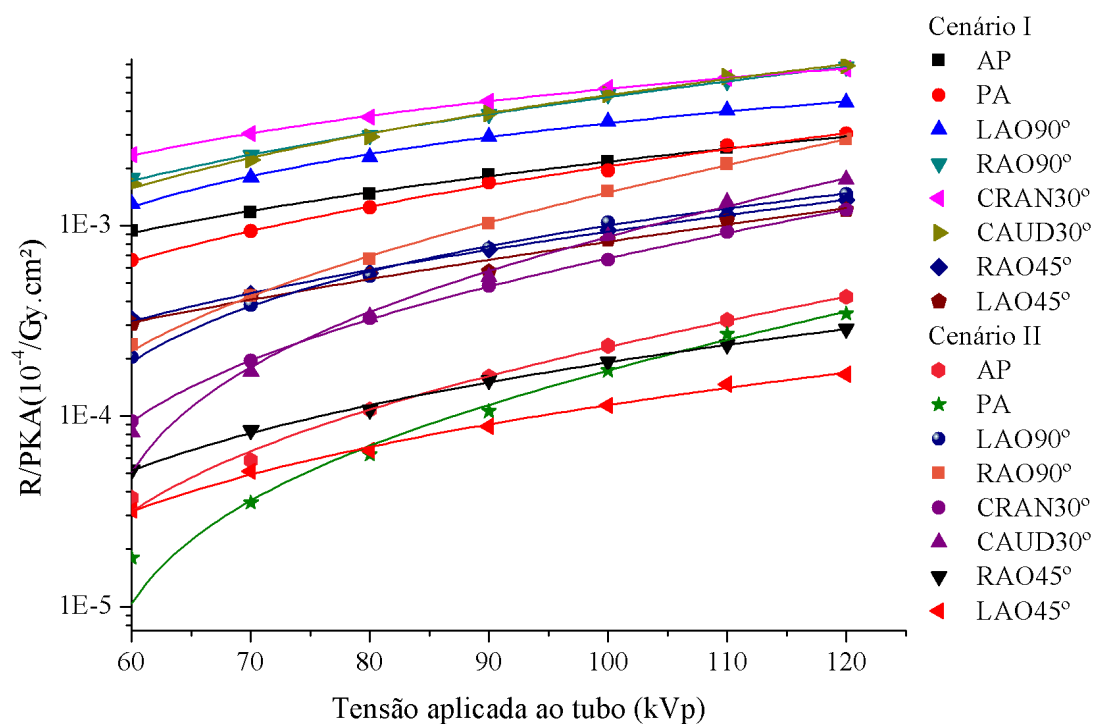


Figura 4.13. Média dos CCs de risco efetivo de câncer para o cardiologista por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.

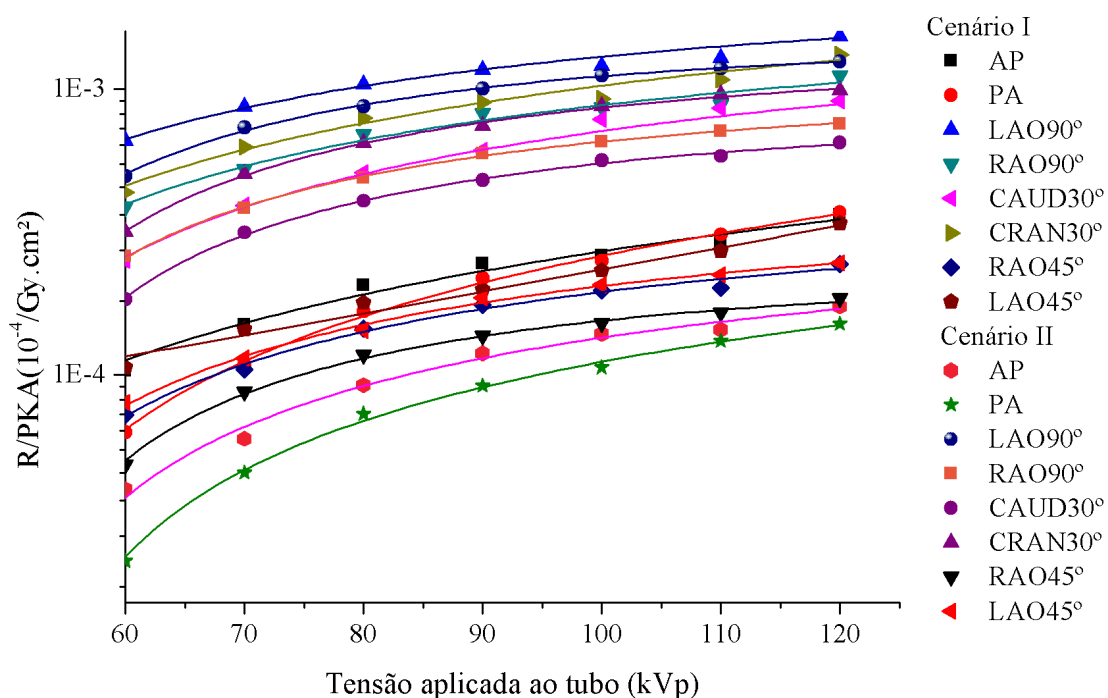


Figura 4.14. Média dos CCs de risco efetivo de câncer para a enfermeira por PKA atribuível a uma população de 100.000 pessoas com média de 30 anos de idade.

A média dos CCs de risco efetivo de câncer para procedimento cardíaco de RI do paciente em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ foi de 1,2 para o paciente, cardiologista $2,6\text{E-}03$ (I) e $4,9\text{E-}04$ (II) (variação de 81% entre I e II) e enfermeira $5,2\text{E-}04$ (I) e $4,0\text{E-}04$ (II) (variação de 24% entre I e II). Como mostrado neste estudo, os coeficientes de risco de câncer foram em todas as situações mais baixos para os profissionais. Entretanto, os riscos aumentam com o aumento do número de exames e, dessa forma, cuidados adicionais de segurança contra radiação devem ser seguidos por todos os profissionais que se expõem ocupacionalmente.

Nossos cálculos mostraram que para um típico procedimento cardíaco, a média do risco de incidência de câncer para o cardiologista calculada no cenário I é cinco vezes maior do que a da enfermeira. As razões disso é que, dentre os indivíduos estudados, a enfermeira é o indivíduo que se posiciona mais distante do centro do campo de radiação e, além disso, parte do seu corpo está parcialmente protegido pelo corpo do cardiologista. Entretanto, cabe ressaltar que as mulheres são mais sensíveis à radiação do que os homens (ICRP 103, 2007). Para as mesmas condições de exposição, em um procedimento típico de angiografia ou angioplastia coronária, o risco para a mulher é maior do que para um homem com a mesma idade. Esta diferença é principalmente devido ao risco de câncer de mama e do pulmão.

4.8 Comentário sobre relação entre dose efetiva e risco efetivo de câncer calculados neste estudo

De acordo com a ICRP 103, a dose efetiva para proteção dos trabalhadores e do público é utilizada para avaliar a exposição e demonstrar a conformidade com limites de dose ou servir de comparação com os níveis de referências de dose. A ICRP recomenda o uso de dose efetiva em procedimento médico a fim comparar o risco relativo: i) entre diferentes procedimentos, ii) para procedimentos semelhantes de diferentes instituições hospitalares ou iii) quando se utiliza diferentes tecnologias para o mesmo procedimento. No entanto, a sua utilização envolve uma série de pressupostos e limitações. Os fatores de ponderação tecidual utilizados no cálculo da dose efetiva são estatisticamente derivados de uma população grande e as propriedades individuais dos órgãos e tecidos podem não ser iguais desta população, como por exemplo, idade e sexo. Assim, a dose efetiva não leva em conta a idade e o sexo dos indivíduos expostos, ou seja, as diferenças entre as radios sensibilidades de pacientes pediátricos, jovens, adultos e entre mulheres e homens. A estimativa do risco efetivo de câncer devido à exposição à radiação parece ser mais adequada. A vantagem mais importante da utilização do risco efetivo é que leva em conta a idade dos indivíduos expostos e as diferentes sensibilidades dos órgãos e tecidos entre homem e mulher. Além disso, fornece uma resposta que pode ser mais facilmente compreendida e interpretada pelos cientistas e o público em geral. Desta forma, o risco efetivo de câncer parece ser atualmente o método mais preciso para avaliação dos riscos dos indivíduos expostos a radiação em procedimento cardíaco de RI.

4.9 Avaliação das incertezas estatísticas e método para cálculo de valor absoluto de H, E, DEP, Hp(10), R_{OT} e R

Neste estudo, em cada etapa, foram rodados oito cenários de irradiação simultaneamente. O tempo típico computacional utilizado para transportar 1,0E+09 histórias variou entre 8 dias (60 kVp/LAO45°) e 10 dias (120 kVp/RAO°/LAO90°) e dependeu fortemente do espectro da fonte e da geometria do problema. Foram simulados sete espectros de raios X, oito projeções de feixe, totalizando 112 casos e cerca de 130 dias de tempo computacional. Embora em cada simulação fossem utilizadas 1,0E+09 histórias para reduzir as incertezas estatísticas, ainda foram calculadas incertezas para certos órgãos acima de 50%, por exemplo, ovários, bexiga e útero da enfermeira. Esse fato já era esperado, pois os EPI's utilizados e a distância desta profissional em relação ao centro do campo de radiação favorecem a chegada de poucas partículas e consequentemente as incertezas são aumentadas. Devido às altas incertezas, preferimos não apresentar os resultados de CCs para tais órgãos. Em geral, a

precisão dos resultados foi satisfatória. Além da energia dos fótons, as incertezas associadas às doses nos órgãos/tecidos são altamente dependentes do volume e localização dos vários órgãos. Baixas tensões aplicadas ao tubo (60 kVp), pequenos órgãos ou órgãos mais profundos e protegidos parcial ou totalmente por outros órgãos e estruturas conduzem a incertezas mais elevadas. Entretanto, a maioria dos CCs calculados para os indivíduos estudados apresentaram incertezas abaixo de 0,1%.

Com o conhecimento dos valores de CCs tabelados, em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária semelhantes aos estudados, os profissionais médicos terão condições de saber os valores absolutos de dose equivalente (H) para os principais órgãos e tecidos radiosensíveis estudados, a dose efetiva (E), a dose equivalente pessoal (Hp(10)), a dose de entrada na pele do paciente (DEP), a probabilidade de ocorrência de câncer de órgão (R_{TO}) e o risco efetivo de câncer (R) que eles e o paciente estão expostos. O cálculo poderá ser feito utilizando a equação 4.2.

$$W = (CC)_{MCNPX} (PKA)_{Medido} \quad (4.2)$$

Em que W representa a grandeza desejada, (CC)_{MCNPX} é o coeficiente de conversão estimado com o código MCNPX2.7.0 e apresentado neste estudo e, o (PKA)_{Medido} é o valor exibido no console do equipamento de raios X.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES

Neste estudo foram estimadas as doses absorvidas em diferentes órgãos e tecidos de um paciente, um cardiologista e uma enfermeira para espectros energéticos e projeções mais frequentemente utilizadas em procedimentos de angiografia e angioplastia coronária. Com o conhecimento preciso das doses em cada órgão e tecido, foi possível estimar um conjunto de CCs que servirão para estimativa mais precisa de grandezas limitantes, como dose equivalente e dose efetiva e do risco de câncer associado à exposição aos raios X. Foi investigada a variação de CCs para sete valores de tensão de pico no tubo de 60 a 120 kVp e oito projeções de feixe. A partir da análise dos resultados, podemos comprovar e quantificar o aumento dos CCs em decorrência do aumento da dose absorvida nos órgãos e tecidos dos indivíduos estudados em consequência do aumento da tensão no tubo. Doses maiores em órgãos e tecidos implicam no aumento dos CCs de dose efetiva e do risco de desenvolver câncer.

Como consequência da exposição direta ao feixe primário de raios X, da distância órgão-fonte (tubo de raios X) e de fatores de peso relativamente altos, a maioria dos órgãos localizados na região torácica do paciente foram os que mais contribuíram para elevação dos CCs de dose efetiva. Isso é ainda mais grave quando a projeção CRAN30° foi utilizada, registrando um CC de dose efetiva de $4,1E-01 \text{ mSv/Gy.cm}^2$. Entretanto, a média por procedimento calculada neste estudo foi de $2,5E-01 \text{ mSv/Gy.cm}^2$, apresentando um desvio relativo médio de 17% em relação aos resultados experimentais publicados na literatura.

Com base em vários estudos sobre dosimetria do paciente em procedimento cardíaco de RI, torna-se evidente que existe uma grande necessidade da estimativa da DEP deste indivíduo, pois nesses tipos de procedimento há casos em que efeitos determinísticos da radiação são documentados. Neste sentido, este estudo apresenta uma estimativa da DEP em termos do PKA. A média dos resultados calculados neste estudo foi de $4,8 (2,4\%) \text{ mGy/Gy.cm}^2$. Este valor concorda com valores publicados na literatura, com desvio relativo médio de 17%, o que evidencia que o método utilizado para estimativa da DEP do paciente é adequado.

Devido à proximidade dos órgãos ao centro espalhador de radiação (tórax do paciente), os maiores CCs de dose equivalentes obtidos para o cardiologista foram para a projeção CAUD30°. Nesta projeção, os órgãos da região frontal, sobretudo aqueles localizados na altura do tórax e próximo da superfície e, conseqüentemente, do paciente, contribuíram para aumento do CC de dose efetiva. A média dos CCs para dose efetiva de um procedimento cardíaco completo calculada neste estudo foi de $2,0E-01 (0,2\%)$ e $4,7E-02 (0,1\%) \text{ μSv/Gy.cm}^2$ para os cenários I e II respectivamente. Estes resultados

apresentaram boa concordância com outros estudos experimentais, apresentando um desvio relativo médio de 10% para o cardiologista (cenário I).

Neste estudo também apresentamos resultados de CCs para dose equivalente e efetiva para uma enfermeira. Os CCs para doses equivalentes mais altos foram calculados para a projeção LAO90°. Nesta projeção, mais radiação espalhada entra nas porções média e superior do tronco, onde são localizados uma maior quantidade de órgãos radiossensíveis. A média dos CCs para os procedimentos cardíacos de RI foi de $4,9\text{E-}02$ e $4,2\text{E-}02 \mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ para os cenários I e II respectivamente.

Outros resultados importantes apresentados neste estudo foram os CCs de risco efetivo de câncer. A média para os procedimentos cardíacos de RI em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ foi de 1,2 para o paciente, $2,6\text{E-}03$ (cenário I) e $4,9\text{E-}04$ (cenário II) para o cardiologista e $5,2\text{E-}04$ (cenário I) e $4,0\text{E-}04$ (cenário II) para a enfermeira.

Os resultados mostram claramente a importância do uso da cortina de chumbo e dos protetores suspensos de vidros plumbífero. Estes dispositivos de proteção com espessura equivalente a 0,5 mm de Pb reduziram, em média, os CCs de dose efetiva e de risco de câncer em 77 e 81% para o cardiologista e 25 e 24% para a enfermeira, respectivamente. É importante destacar que a redução desses CCs, entre outros fatores, depende da projeção e da tensão aplicada ao tubo de raios X.

Neste estudo, também foi feita a avaliação das doses ocupacionais por meio de um conjunto de CCs para dose equivalente pessoal, $\text{Hp}(10)$ em termos do PKA. Para o caso em que foi utilizada dupla dosimetria, houve grandes variações entre os resultados. Em geral, subestimou, em média, os CCs para dose efetiva por um fator de dois para o cardiologista. Entretanto, os valores dos CCs obtidos para a enfermeira obtidos por esta metodologia concordam bem dentro das incertezas com os de dose efetiva. Os resultados apresentados mostram que a estimativa de dose efetiva seguindo as recomendações das normas brasileiras, ou seja, para os casos em que o dosímetro foi posicionado na altura do tórax dos profissionais, a média dos resultados calculada para o cardiologista, superestimou os CCs para dose efetiva nas duas situações estudadas, comprovando que o uso de único dosímetro em procedimentos cardíacos de RI é satisfatório para este profissional.

A avaliação das doses efetivas e de risco de câncer implica praticamente na medição de doses equivalentes de um conjunto de órgãos e tecidos distribuídos em quase todo o corpo humano. Esta tarefa poderá ser resolvida de forma mais eficiente por meio do modelo de exposição computacional apresentado neste estudo, que consiste numa representação virtual do corpo humano incorporado num código de transporte de radiação. Entretanto, é importante

destacar que as doses equivalentes, efetivas e os riscos de câncer resultantes dos CCs são válidos para procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária e para o simulador antropomórfico para o qual o CC foi calculado. No caso dos simuladores FASH e MASH, as suas características correspondem aos de uma mulher e de um homem com estatura e peso médios. Desta forma, se utilizado corretamente, os resultados apresentados por este estudo podem ser uma ferramenta útil para profissionais responsáveis em serviço de radioproteção e para os médicos, os quais estão diretamente expostos.

Todo esforço deve ser feito a fim de reduzir a exposição do paciente e dos profissionais, não somente para fins legais, mas simplesmente para a preservação da saúde destes indivíduos. Isso se aplica em especial nos procedimentos cardíacos da radiologia intervencionista, onde a exposição do pessoal é potencialmente muito elevada. Neste sentido, acreditamos que os resultados apresentados neste estudo possam ser úteis no monitoramento prévio das doses e dos riscos, e que a redução destes para equipe médica e paciente possa ser alcançada aplicando os CCs calculados para técnicas radiográficas e dispositivos de proteção avaliados.

ARTIGOS ORIGINADOS DURANTE O DOUTORADO

PUBLICADOS NA ÁREA DE ESTUDO

- 1- **Santos, W.S.**; Carvalho Jr., A.B.; Hunt, J.G and Maia, A.F. Using the Monte Carlo technique to calculate dose conversion coefficients for medical professionals in interventional radiology. Radiation Physics and Chemistry (1993), v. 95, p. 177-180, 2014.
- 2 - **Santos, W.S.**; Carvalho Jr, A,B and Maia, A,F, Evaluation of occupational and medical dose on interventional cardiology procedures by Monte Carlo method. Scientia Plena, v.8, p. 1 - 4, 2012.
- 3- **Santos, W.S.**; Carvalho Jr, A,B e Maia, A,F, Estimativa do risco de câncer em órgãos e tecidos e de efeito hereditário em uma paciente e em uma médica após procedimento de cateterismo cardíaco. Scientia Plena, v.8, p. 1 – 5, 2011.

OUTRAS CONTRIBUIÇÕES DURANTE O DOUTORADO

- 1- Henriques, L.M.S.; Cerqueira, R.A.D.; **Santos, W.S.**; Pereirta, A.J.S.; Rodrigues, T.M.A.; Carvalho Júnior, A.B and Maia, A.F. Characterisation of an anthropomorphic chest phantom for dose measurements in radiology beams. Radiation Physics and Chemistry (1993), v. 95, p. 296-298, 2014.
- 2 - **Santos, W. S.**; Carvalho, Jr, A.B.; Pereira, A.; Santos, M. S and Maia, A.F. Calculation of Conversion Coefficients (CCs) of Dose of a Sitting Computational Anthropomorphic Simulator Exposed to an Plane External Source. Radioproteção, v. III, p. 139-148, 2012.
- 3- Neves, L. P.; **Santos, W. S.**; Gorski, R.; Perini, A. P.; Maia, A.F.; Caldas, L. V. E and Orengo, G. Dosimetric study of a brachytherapy treatment of esophagus with Brazilian ^{192}Ir sources using an anthropomorphic phantom. Radiation Physics and Chemistry (1993), 2014.
- 4- Silva, R. M. V.; Belinato, W.; **Santos, W. S.**; Freire, L.; Junot, D. O and Souza, D. N. Adaptation and security validation of an irradiator suitable for use of cesium-137 sources. EPJ Web of Conferences, v.66, p.10016, 2014.
- 5- Belinato, W.; **Santos, W. S.**; Silva, R. M. V and Souza, D. N. Monte Carlo estimation of radiation dose in organs of female and male adult phantoms due to FDG-F18. EPJ Web of Conferences, v.66, p.10002, 2014.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINELLI, S. GEANT4 - a simulation toolkit Nucl. Inst. Meth. In Phy. Res. A 506, p. 250-303, 2003.
- ALDERSON, S.W., LANZL, L.H., ROLINS, M e SPIRA, J. An Instrumented Phantom System for Analog Computation of Treatment Plans. Am. J. Roentg. 87, p. 185-196, 1962.
- ANDERSON, H.V., SHAW, R.E e BRINDIS, R.G. A contemporary overview of percutaneous coronary interventions. The American College of Cardiology–National Cardiovascular Data Registry (ACC–NCDR). J. Am. Coll. Cardiol. 39, p. 1096–1103, 2002.
- ANDREO, P. Monte Carlo techniques in medical radiation physics. Phys. Med. Biol., 36, p. 861-920, 1991.
- ATTIX, F.H. Introduction on Radiological Physics and Radiation Dosimetry. Jonh Wiley & Sons, New York, 1986.
- BARÓ, J., SEMPÁU, J., FERNÁNDEZ-VAREA e SALVAT, F. PENELOPE: An algorithm for Monte Carlo simulation of the penetration and energy loss of electrons and positrons in matter Nucl. Ins. Meth. In Phy. Res., B 100, p. 31-46, 1995.
- BETSOU, S., EFSTATOPOULOS, E., KATRITSIS, D., FALKNER, K e PANAVIOTAKIS, C. Patient radiation doses during cardiac catheterization procedures. Brit. J. Radiol., 71, p. 634-639, 1998.
- BIELAJEV, A.F., ROGERS, D.W.O e NAHUM, A.E. Monte Carlo Simulation of ion chamber response to ^{60}Co – Resolution of anomalies associated with interface. Phys. Med. Biol., 30, p. 419-428, 1985.
- BOGAERT, E., BACHER, K e THIERENS, H. Interventional cardiovascular procedures in Belgium: Effective dose and conversion factors. Radiat. Prot. Dosim., 73, p. 1-6, 2008.
- BONNE, J. M e SEIBERT, J. A. An accurate method for computer generating tungsten anode X – ray spectra from 30 to 140 kV. Med. Phys., 24, p. 1661–1670, 1997.
- BOR, D., ONAL, E., OLGAR, T., CAGLAN, A e TOKLU, T. Measurment and estimation of cardiologist dose received in interventional examinations. AAPM 48th Annual Meeting. Orlando, USA, 2006.
- BOR, D., SANCAK, T., TOLGAR, Y., ELCIM, A., ADANALI, U., SANLIDELK e AKYAR, S. Comparasion of effective doses obtained from dose área product and air kerma measurements in interventional radiology. Brit. J. Radiol., 77, p. 315-322, 2004.
- BOZKURT, A e BOR, D. Simultaneous determination of equivalent dose to organs and tissues of the patient and of the physician in interventional radiology using the Monte Carlo method. Phys. Med. Biol., 52, p. 317 – 330, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Portaria nº 453. Brasília: Diário Oficial da União nº 100, 1/6/1998.

BRENNER, D e HUDA, W. Effective dose: A useful concept in diagnostic radiology? Radiat. Prot. Domim., 128, p. 503-508, 2008.

BRIESMEISTER, J.F. MCNP 4^a. Monte Carlo N-Particle Transport System. Los Alamos. New Mexico: Los Alamos National Laboratory, 1993.

BROADHEAD, D.A., CHAPPLE, C.L., FALKNER, K., DAVIES, M.L e MCCALLUM, H. The impact of cardiology on the collective effective dose in the North of England. Brit. J. Radiol., 70, p. 492-497, 1997.

BUSHBERG, J.T., SEIBERT, J.A., LEIDHOLDT, E.M e BOONE, J.M. The Essential Physics of Medical Imaging. 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins, USA, 2002.

CANEVARO, L. Aspectos físicos e técnicos da Radiologia Intervencionista. Rev. Bras. Fís. Méd., 3, p. 101-115, 2009.

CASSOLA, V.F., de LIMA, V.J., KRAMER, R e KHOURY, H.J. FASH and MASH: Female and male Adult human phantoms based on polygon meSH surfaces. Part II. Dosimetric calculations. Phys. Med. Biol., 55, p. 163-189, 2010.

CASSOLA, V.F., MILLIAN, F.M., KRAMER, R., LIRA, C.A.B e KHOURY, H.J. Standing adult human phantoms based on 10th, 50th and 90th mass and height percentiles of male and female Caucasian populations. Phy. Med. Biol., 56, p. 1-33, 2011.

CHAN, H.P e DOI, K. Physical characteristics of scattered radiation on diagnostic radiology: Monte Carlo simulation studies. Med. Phys., 12, p.152-165, 1985.

CHENG, T.O. The current state of cardiology in China. Int. J. Cardiol., 96, p. 425–439, 2004.

CHIDA, K., SAITO, H e OTANI, H. Relationship between fluoroscopic time, dose-area product, body weight, and maximum radiation skin dose in cardiac interventional procedures. AJR Am J. Roentgenol, 186, p. 774 – 778, 2006.

CLAIRAND, I. Développement de nouveaux modèles physiques dédiés à la dosimétrie interne par l'utilisation du code de Monte Carlo EGS. Mémoire de hèse, Université Paul Sabatier, Toulouse, 1999.

CRANLEY, K., GILMORE, B.J., FOGARTY, G.W.A e DESPONDS, L. Catalogue of diagnostic x-ray spectra and other data Institute of Physics and Engineering in Medicine Report 78. (York: IPEM), 1997. This CD-ROM can be ordered at <http://www.ipem.org.uk>.

CRISTY, M e ECKERMAN, K.F. Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal sources. Part VII: Adult Male. Report n. ORNL/TM-8381/V7. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge. Tenn, USA, 1987.

CRISTY, M. Mathematical phantoms representing children of various ages for use in estimates of internal dose. U.S. Nuclear Regulatory Commission Rep., NUREG/CR-1159, Also Oak Ridge National Laboratory Rep., ORNL/NUREG/TM-367, 1980.

DIMBYLOW, P.J. Development of the female voxel phantom, Naomi, and its application to calculations of induced current densities and electric fields from applied low frequency magnetic and electric fields. *Phys. Med. Biol.*, 50, p. 1047-1070, 2005.

DIMBYLOW, P.J. The development of realistic voxel phantoms for electromagnetic field dosimetry. *Proc. Int. Workshop on voxel phantom development*. Chilton, UK: National Radiological Protection Board, 1995.

ECKHARDT, R., STAN ULAN e NEUMANN, J.V. Monte Carlo Method. Los Alamos Science. Special Issue., p. 131-143, 1987.

EFSTATHOPOULOS, E.P e colaboradores. Medical personnel and patient dosimetry during coronary angiography and intervention. *Phys. Med. Biol.*, 48, p. 3059-3068, 2003.

FALKNER, K e VANO, E. Deterministic effects in interventional radiology. *Rad. Prot. Dosim.*, 94, p. 95–98, 2001.

FALKNER, K. Radiation protection in interventional radiology. *Brit. J. Radiol.*, 70, p. 325-326, 1997.

FAULKNER, K e WERDUCH, A. Analysis of the frequency of interventional cardiology in various European countries. *Rad. Prot. Dosim.*, 129, p. 74–76, 2008b.

FAULKNER, K e WERDUCH, A. An estimate of the collective dose to the European population from cardiac x-ray procedures. *Brit. J. Radiol.*, 81, p. 955–962, 2008a.

FERRARI, P., VENTURE, G., GUALDRINI, G., ROSSI, P.L., MARRISELI, M e ZANNOLI, R. Evaluation of the dose to the patient and medical staff in interventional cardiology employing computational models. *Radiat. Prot. Dosim.*, 141, p. 82 - 85, 2010.

FISHER, H.L e SNYDER, W.S. Distribution of dose in the body from a source of gamma rays distributed uniformly in one organ. Report n°, ORNL-4168. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge, Tenn., USA, 1967.

GALLARDO, S., RODENAS, J e VERDU, G. Monte Carlo simulation of the Compton scattering technique applied to characterize diagnostic x-ray spectra. *Med. Phys.*, 31, p. 2082-2090, 2004.

GIBBS, S.J., PUJOL, A., CHEN, T.S., MALCOLM, A.W e JAMES, A.E. Patient risk from Interproximal Radiography. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 58, p. 347-354, 1984.

HART, D., JONES, D.G e WALL, B.F. Estimation of effective dose in diagnostic radiology from entrance surface dose and dose-area product measurements. *NRPB, Report. R262*. 1994.

HUANG, K. *Statistical Mechanics*. 2^a ed. Wiley & sons. USA, 1987.

HUNT, J., SILVA, F e SANTOS, S. Visual Monte Carlo and its application to internal and external dosimetry. in: *Advanced Monte Carlo for Radiation Physics. Particle Transport Simulation and Applications*. Proceedings of the Monte Carlo 2000 Conference, Berlin, Germany: Springer., 25, p. 345-350, 2000.

IAEA. International Atomic Energy Agency, International Organization for Medical Physics. International Society of Radiology. Pan American Health Organization, World Health Organization. Applying radiation safety standards in diagnostic radiology and interventional procedures using X-rays. IAEA Safety Report Series No. 39, IAEA, Vienna, 2006.

ICRP 103. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the ICRP publication 103. Elsevier, 37, p. 61-62, 2007.

ICRP 110. International Commission on Radiological Protection Publication 110. Adult reference computational phantoms. Ann. ICRP 39, Oxford: Elsevier, 2009.

ICRP 116. Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures. Publication 116. Ann., 40, p. 2 – 5, 2010.

ICRP 120. International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection in Cardiology. ICRP Publication 120. Ann. ICRP 42, 2013.

ICRP 23. International Commission on Radiological Protection. Report of the Task Group on Reference Man. Pergamon Press. Oxford, 1975.

ICRP 30. International Commission on Radiological Protection Publication 30. Report of the Task Group on Reference Man. Oxford: Pergamon, 1975.

ICRP 85. International Commission on Radiological Protection. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. ICRP Publications 85. Annals of the ICRP 30, Oxford, UK: Pergamon Press, 2000.

ICRP 89. International Commission on Radiological Protection, Basic anatomical and physics data for use in radiological protection: reference values. Pergamon Press. Oxford, 2003.

JAMES, F.A. Review of pseudorandom number generators. Computer Phys., 60, p. 329-344, 1990.

JONES, D.G. A realistic anthropomorphic phantom for calculating organ doses arising from external photon irradiation. Radiat. Prot. Dosim., 72, p. 21–29, 1997.

KARAMBATSAKIDOU, A., TORNVALL, P e SALEH, N. Skin dose alarm levels in cardiac angiography procedures: is a single DAP value sufficient? Brit. J. Radiol., 78, p.803 – 809, 2005.

KATRITSIS, D. Radiation exposure of patients and coronary arteries in the stent era: A prospective study. Catheter. Cardiovasc. Interv., 51, p. 259-264, 2000.

KENNETH, A e R, VAN. Moritz: White Rock Science. Los Alamos, USA 2005.

KING, S.D e SPIRES, F.W. Photoelectron enhancement of the absorbed dose from X-rays to human-bone marrow - Experimental and theoretical-studies. Brit. J. Radiol., 58, p. 345-356, 1985.

KNOLL, G.F. Radiation detection and measurement. 3rd edition. John Wiley & Sons Inc., 2000.

KOSUNEN, A e ROGERES, D.W.O. Beam quality specification for photon beam dosimetry. *Med. Phys.*, 20, p. 1181-1188, 1993.

KRAMER, R., CASSOLA, V.F., KHOURY, H.J., VIEIRA, J.W., DE MELO LIMA, V.J e ROBSON BROWN, K. FASH and MASH: female and male adult human phantoms based on polygon mesh surfaces: II. Dosimetric calculations. *Phys. Med. Biol.*, 55, p. 1 - 27, 2010.

KRAMER, R., KHOURY, H e VIEIRA, J.W. All about FAX: a female adult voxel phantom for Monte Carlo calculation in radiation protection dosimetry. *Phy. Med. Biol.*, 49, p. 203-216, 2004.

KRAMER, R., VIEIRA, J.W., KHOURY, H.J., LIMA, F.R.A e FUELLE, D. All about MAX: a male adult voxel phantoms for Monte Carlo calculations in radiation protection dosimetry. *Phy. Med. Biol.*, 48, p. 1239-1262, 2003.

KRAMER, R., ZANKL, M., WILLIAMS, G e DREXLER, G.O. Calculation of dose from external photon exposure using reference human phantom and Monte Carlo methods. Part I: The Male (ADAM) and Female (EVA) Adult Mathematical phantoms. GSF-Bericht S-885, GSF-National Research for Environment and Health. Neuherberg, Germany, 1982.

LASKEY, W.K., KIMMEL, S e KRONE, R.J. Contemporary trends in coronary intervention: a report from the Registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions. *Cathet. Cardiovasc. Intervent.*, 49, p. 19 - 22, 2000.

LEE, C., LODWICK, D e BOLCH, W.E. NURBS-based 3-d anthropomorphic computational phantoms for radiation dosimetry applications. *Radiat. Prot. Dosim.*, 127, p. 227-232, 2007a.

LEE, C., LODWICK, D., LEE, C., HASENAUER, D., WILLIAMS, J.L., LEE, C e BOLCH, W.E. Hybrid computational phantoms of the male and female newborn patient: NURBS-based whole-body models. *Phys. Med. Biol.*, 52, p. 3309-3333, 2007b.

LEE, C., SHAH, A.P., LEE, C e BOLCH, W.E. An assessment of bone marrow and bone endosteum dosimetry methods for photon sources. *Phys. Med. Biol.*, 51, p. 5391-5407, 2006b.

LEMOSQUET, A., DE CARLAN, L e CLAIRAND, I. Voxel anthropomorphic phantoms: review of models used for ionising radiation dosimetry. *Radioprotection*, 38, p. 509-528, 2003.

LEMOSQUET, A., DE CARLAN, L., CLAIRAND, I e AUBINEAU-LANIÈRE, I. Fantômes numériques anthropomorphes appliqués à la dosimétrie des rayonnements ionisants : état de l'art. Rapport IRSN – SDOS., p. 2002-004, 2002.

LEUNG, K e MARTIN, C.J. Effective dose for coronary angiography. *Brit. J. Radiol.*, 16, p. 426-431, 1996.

MCCONN, R.J., GESG, C.J., PAGH, T.T., RUCKER, R.A e WILLIAMS, R.G. Compendium of material composition data for radiation transport modeling. Pacific Northwest National Laboratory, USA, 2011.

MCPARLAND, B.J. A study of patient radiation doses in interventional radiological procedures. *Brit. J. Radiol.*, 71, p. 175-185, 1998.

MILIAN, F. M., GARCIA, F., YORIYAS, H e SIQUEIRA, P. T. D. TOMO_MC programa para criação de INPUT FILES para o MCNPX a partir de modelos anatômicos 3D. XIII seminário de iniciação científica. UESC, 2007.

MORAN, A., GU, D e ZHAO, D. Future cardiovascular disease in China: Markov model and risk factor scenario projections from the coronary heart disease policy model – China. *Circ. Cardiovasc. Qual. Outcomes.*, 3, p. 243–252, 2010.

NCR. National Research Council. Health effects of exposure to low Levels of ionizing radiation (BEIR VII-Phase 2): DC: National Academy Press. Washington, 2007.

NCRP. Ionizing radiation exposure of the population of the United States. NCRP Report No. 160. National Council on Radiation Protection and Measurements. Bethesda, MD, 2009.

NCRP. National Council on Radiation Protection and Measurements. Limiting of exposure to ionizing radiation. Report No. 116. Bethesda, MD, 1993.

NOWOTNY, R e HYFER, A. Ein Programm fur die Berechnung von diagnostischen Roentgenspektren. *Fortschr. Rontg. Neuen.*, 142, p. 685, 1985.

PADOVANI, R e RODELLA, C.A. Staff dosimetry in interventional cardiology. *Radiat. Prot. Dosim.*, 94, p. 99-103, 2001.

PARK, S., LEE, J.K e LEE, C. Development of a korean adult male computational phantom for internal dosimetry calculation. *Radiat. Prot. Dosim.*, 121, p. 257-264, 2006.

PARK, S.H., LEE, J.K e LEE, C. Dose conversion coefficients calculated using tomographic phantom. KTMAN-2, for X-Ray examination of cardiac catheterization. *Radiat. Prot. Dosim.*, p. 1-8, 2007.

PELOWITZ, D.B. MCNPX User`s Manual, version 2.7.0. Report LA-CP-11-00438. Los Alamos National Laboratory, 2011.

PRETORIUS, P.H., XIA, W., KING, M.A., TSUI, B.M., PAN, T.S e VILLEGAS, B.J. Evaluation of right and left ventricular volume and ejection fraction using a mathematical cardiac torso phantom. *J. Nucl. Med.*, 38, p. 1528-1535, 1997.

PUTTE, S. Correlation of patient skin in cardiac interventional radiology with dose-area product. *B.J. Radiol.*, 73, p. 504-513, 2000.

QUAI, E., PADOVANI, R e PETERZOL, A. Maximum skin dose assessment in interventional cardiology: results in three different European hospitals. *Eur. Radiol.*, 13, p. 542- 546, 2003.

ROGERES, D.W. Low energy electron transport with EGS. *Nucl. Inst. Meth. In Phy. Res.*, 227, p. 535-548, 1984.

ROGERES, D.W.O., EWART, G.M., BIELAJEV, A.F e VAN DYK, G. Calculation of electron contamination in a ⁶⁰Co Therapy Beam., 1, p. 303-312, 1988.

SAITO, K., WITTMANN, A., KOGA, S., IDA, Y., KAMEI, T., FUNABIKI, J e ZANKL, M. Construction of a computed tomographic phantom for a japanese male adult and dose calculation system. *Radiat. Environ. Biophys.* 40, p. 69-76, 2001.

SANGREN, W.C. Digital computers and nuclear reactors calculations. John Wiley and Sons, 1960.

SATO, K., NOGUCHI, H., EMOTO, KOGA, Y e SAITO, K. Japanese adult male voxel phantom constructed on the basis of CT-images. *Radiat. Prot. Dosim.*, 123, p. 337-344, 2007.

SCHLATT, H., ZANKL, M., HAUSLEITER, J e HOESCHEN, C. Local organ dose conversion coefficients for angiographic examinations of coronary arteries. *Phys. Med. Biol.*, 52, p. 4393 – 4408, 2007.

SCHMIDT, P.W.E. Conversion factors for the estimation of effective dose in pediatric cardiac angiography. *Phys. Med. Biol.*, 45, p. 3095-3107, 2000.

SCHULTZ, F.W., GELEIJNS, J., SPOELSTRA, F.M e ZOETELIEF, J. Monte Carlo calculations for assessments of radiation dose to patients with congenital heart defects and to staff during cardiac catheterizations. *Brit. J. Radiol.*, 76, p. 638-647, 2003.

SEGARS, W.P., LALUSH, D.S e TSUI, B.M.W. Modeling respiratory mechanics in the MCAT and splinebased MCAT phantoms. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 48, p. 89-97, 2001.

SEMPAU, J. Simulacion Monte Carlo del transporte de la radiacion. Aplicaciones en el de la física médica Radioprotección., 31, p. 18-26, 2002.

SHOPE, T.B. Radiation induced skin injuries from fluoroscopy. *Radiographics.*, 16, p. 195–199, 1996.

SNYDER, W.S. Calculations for Maximum Permissible Exposure to Thermal Neutrons. *Nucleonic.*, 6, p. 46-50, 1950.

SPITZER, V.M e WHITLOCK, D.G. The visible human dataset: The anatomical platform for human simulation. *The Anatomical Record.*, 253, p. 49-57, 1998.

STABIN, M., WATSON, E., CRISTY, M., RYMAN, J., ECKERMAN, K., DAVIS, J., MARSHALL, D e GEHLEN, K. Mathematical models and specific absorbed fractions of photon energy in the nonpregnant adult female and at the end of each trimester of pregnancy. Report No ORNL/TM-12907 Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA, 1995.

STERN, S.H., ROSENSTEIN, M., RENAUD, L e ZANKL, M. Handbook of selected tissue doses for fluoroscopic and cineangiographic examination of the coronary arteries. Publication, FDA, Rockville, Maryland, USA, 1995.

STISOVA, V. Effective dose to patient during cardiac interventional procedures. *Radiat. Prot. Dosim.*, 111, p. 271-274, 2004.

STRUELENS, L., VANHAVERE, F., BOSMANS, H e VAN LOON, R. Effective doses in angiography and interventional radiology: calculation of conversion coefficients for angiography of the lower limbs. *Brit. J. Radiol.*, 78, p. 135-142, 2005.

STRULENS, L., BACHER, K., ZANKL, M e VANHAVERE, F. Dose-area-product to effective dose in interventional cardiology and radiology. Proceeding of Third European IRPA Congress. Finland, 2010.

TAPIOVARA, M, LAKKISTO, M e SERVOMAA, A. PCXMC-A PC-based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety (STUK) Helsinki, Finland, 1997.

TOGNI, M., BALMER, F e PFIFFNER, D. Group Interventional Cardiology and Coronary Pathophysiology of the European Society of Cardiology. Percutaneous coronary interventions in Europe 1992-2001. Eur. Heart. J., 25, p. 1208-1213, 2004.

TSAPAKI, V., KOTTOU, S., PATSILINAKOS, S., VOUDRIS, V e COKKINOS, D.V. Radiation dose measurements to the interventional cardiologist using an electronic personal dosimeter. Radiat. Prot. Dosim., 112, p. 245-249, 2004.

TUCKER, D.M., BARNES, G.T e HAKRABORTY, C.A. A semipirical model for generating tungsten target x-ray spectra. Med. Phys. Biol., 18, p. 211-218, 1991.

VANO, E., GONZALES, L., BENEYTEZ, F e MORENO, F. Lens injuries induced by occupational exposure in non-optimized interventional radiology laboratories. Brit. J. Radiol., 71, p.728-733, 1998.

VANO, V., GOICOLEA, J., GALVAN, C., GONZALEZ, L., MEIGGS, J.I e MACAYA, C. Skin radiation injures in patients following repeated coronary angioplasty procedures. Brit. J. Radiol., 74, p. 123-131, 2001.

VIEIRA, J. W e LIMA, F. R. A. Software to digital image processing to be used in the voxel phantom development. Cell. Mol. Biol., 55, p. 16-22, 2009.

WILLIAMS, G., ZANKL, M., ABMAYR, W., VEIT, R e GREXLER, G. Calculation of Dose from External Photon Exposures Using Reference and Realistic Human Phantoms and Monte Carlo Methods. Phys. Med. Biol., 31, p. 347-354, 1986.

WISE, K.N., SANDBORG, M., PERSLIDEN, J e ALM CARLSSON, G. Sensitivity of coefficients for converting entrance surface dose and kerma-area product to effective dose and energy imparted to the patient. Phys. Med. Biol., 44, p. 1937-1954, 1999.

XU, G., TARANENKO, V., ZHANG, J e SHI, C. A boundary-representation lethod for designing whole-body radiation dosimetry models: preganant females at the end of three gestational periods-RPI-P3, P6 and P9. Phys. Med, Biol., 52, p. 23-44, 2007.

XU, X.G e SHI, C. Preliminary development of a 4D anatomical model for Monte Carlo simulations, in Monte Carlo 2005 Topical Meeting. The Monte Carlo Method: Versatility Unbounded in a Dynamic Computing World. Chattanooga, TN, p. 17-21, 2005.

XU, X.G., CHAO, T. C e BOZKURT, A. VIP-MAN: an image-based whole- body adult male model constructed from color photographs of the visible human project for multi-particle Monte Carlo calculations. Health Phys., 78, p. 476-486, 2000.

XU, X.G., ZHANG, J.Y e NA, Y.H. Preliminary data for mesh-based deformable phantom development: is it possible to design person-specific phantoms on-demand? ICRS-11 and RPSD 2008. Callaway Gardens; Pine Mountain, GA, USA, 2008.

YORIYAZ, H. Método Monte Carlo: princípio e aplicações em Física Médica. Rev. Br. Física Médica., 3, p. 141-149, 2009.

ZAIDI, H. Relevance of accurate Monte Carlo modeling in nuclear medical imaging. Med. Phys., 26, p. 574-608, 1999.

ZAIDI, H e XU, X.G. Computational Anthropomorphic Models of the Human anatomy: The Path to Realistic Monte Carlo Modeling in Radiological Sciences. Annu. Rev. Biomed. Eng., 9, p. 471-500, 2007.

ZANKL, M e WITTMANN, A. The adult male voxel model 'Golem' segmented from whole-body CT patient data. Radiat. Environ. Biophys., 40, p.153-162, 2001.

ZANKL, M e colaboradores. Organ dose conversion coefficients for external photon irradiation of male and female voxel models. Phys. Med. Biol., 47, p. 2367-2385, 2002.

ZHANG, J., NA, Y.H., CARACAPPA, P.F e XU, X.G. RPI-AM and RPI-AF, a pair of mesh-based, sizeadjustable adult male and female computational phantoms using ICRP-89 parameters and their calculations for organ doses from monoenergetic photon beams. Phys. Med. Biol., 54, p. 5885-5908, 2009.

ZUBAL, I.G. The Zubal phantom data, voxel-based anthropomorphic pahantoms, 2001. (Download do ZUBAL pode ser feito em: <http://noodle.med.yale.edu/phantom>).

ZUBAL, I.G., HARRELL, C.R., SMITH, E.O., RATTNER, Z., GINDI, G e HOFFER, P.B. Computerized threedimensional segmented human anatomy. Med. Phys., 21, p. 299-302, 1994.

APÊNDICE A

Resultados dos coeficientes de conversão (CCs) para dose equivalente (H), dose efetiva (E), dose de entrada na pele (DEP - para o paciente) e dose equivalente pessoal Hp(10) (para o cardiologista e a enfermeira) normalizados pelo produto kerma-área (PKA) para os indivíduos estudados.

PACIENTE

Tabela A.1. CCs para H, E e DEP normalizados pelo PKA em mSv/Gy.cm² e incertezas estatísticas em % para o paciente com tensão aplicada ao tubo de 60 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	5,8E-02 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,0	7,5E-02 ± 0,0	7,6E-02 ± 0,0	7,2E-02 ± 0,0	9,7E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	5,9E-02 ± 0,0
Cólon	9,8E-04 ± 0,0	9,5E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0
Pulmão	2,4E-01 ± 0,0	7,5E-02 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0
Estômago	5,9E-02 ± 0,0	9,4E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	7,7E-02 ± 0,0
Mama	1,5E+00 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,0	6,4E-01 ± 0,1	6,5E-01 ± 0,1	6,2E-01 ± 0,1	6,5E-01 ± 0,1	2,0E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	5,1E-01 ± 0,0
Ovário/testículos	1,3E-04 ± 0,0	6,3E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	5,1E-05 ± 0,0	4,8E-05 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0
Bexiga	6,2E-05 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	7,6E-05 ± 0,0	8,4E-05 ± 0,0	5,7E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	6,1E-05 ± 0,0	8,2E-05 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0
Esôfago	9,8E-02 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	9,6E-02 ± 0,0	6,8E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,0
Fígado	1,8E-01 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	5,6E-02 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0
Tireoide	2,0E-02 ± 0,0	8,8E-03 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	3,3E-03 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0
Superfície óssea	7,8E-02 ± 0,0	9,5E-02 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0
Cérebro	1,7E-04 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	8,2E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0
G. Salivares	2,1E-02 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0
Pele	3,4E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0	8,5E-02 ± 0,0	8,4E-02 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	9,6E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	5,9E-02 ± 0,0
Coração	1,6E-01 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	8,5E-02 ± 0,0
Demais tecidos*	4,7E-01 ± 0,4	1,6E-01 ± 0,1	4,4E-01 ± 0,2	1,1E+00 ± 0,6	8,8E-01 ± 0,3	8,3E-01 ± 0,5	5,2E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	5,0E-01 ± 0,3
E/PKA	2,9E-01 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,1	2,6E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0
DEP/PKA	6,3E-01 ± 2,0	2,2E-02 ± 0,1	6,4E-01 ± 2,0	6,4E-01 ± 2,0	6,4E-01 ± 2,0	6,8E-01 ± 2,2	1,3E-02 ± 0,9	1,6E-02 ± 1,0	4,7E+00 ± 1,5

*Adrenais, região extratorácica, vesícula biliar, rins, nódulos linfáticos, músculos, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, tymus e útero,

Tabela A.2. CCs para H, E e DEP normalizados pelo PKA em mSv/Gy,cm² e incertezas estatísticas em % para o paciente com tensão aplicada ao tubo de 70 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	7,0E-02 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,0	9,5E-02 ± 0,0	9,6E-02 ± 0,0	9,1E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	7,5E-02 ± 0,0
Cólon	1,6E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	5,3E-03 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	6,4E-03 ± 0,0	6,9E-04 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0
Pulmão	2,8E-01 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0
Estômago	7,8E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	3,3E-01 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	5,1E-03 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0
Mama	1,6E+00 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,0	7,0E-01 ± 0,1	7,2E-01 ± 0,1	6,8E-01 ± 0,1	7,2E-01 ± 0,1	3,2E-03 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	5,6E-01 ± 0,0
Ovário/testículos	1,6E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	8,5E-05 ± 0,0	7,8E-05 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0
Bexiga	1,1E-04 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	2,4E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0
Esôfago	1,3E-01 ± 0,0	8,1E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	9,4E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0
Fígado	2,1E-01 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	7,7E-02 ± 0,0	6,8E-02 ± 0,0	4,8E-02 ± 0,0	4,5E-03 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,0	8,2E-02 ± 0,0
Tireoide	2,8E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	8,0E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,0	5,5E-03 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0
Superfície óssea	9,5E-02 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0
Cérebro	3,2E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	5,9E-04 ± 0,0	5,9E-04 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	5,5E-04 ± 0,0	7,3E-04 ± 0,0	7,4E-04 ± 0,0
G, Salivares	2,6E-02 ± 0,0	8,2E-03 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	4,6E-03 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0
Pele	3,7E-02 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0
Coração	2,0E-01 ± 0,0	9,6E-02 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0
Demais tecidos*	6,0E-01 ± 0,4	2,5E-01 ± 0,1	5,9E-01 ± 0,3	1,4E+00 ± 0,6	1,2E+00 ± 0,3	1,1E+00 ± 0,5	7,7E-02 ± 0,0	8,5E-02 ± 0,0	6,5E-01 ± 0,3
E/PKA	3,3E-01 ± 0,0	6,0E-02 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0
DEP/PKA	6,3E+00 ± 2,2	2,5E+00 ± 0,1	6,4E+00 ± 2,2	6,4E+00 ± 2,2	6,4E+00 ± 2,2	6,9E+00 ± 2,4	1,3E+00 ± 1,0	1,7E+00 ± 1,1	4,7E+00 ± 1,7

*Adrenais, região extratorácica, vesícula biliar, rins, nódulos linfáticos, músculos, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, tymus e útero.

Tabela A.3. CCs para H, E e DEP normalizados pelo PKA em mSv/Gy,cm² e incertezas estatísticas em % para o paciente com tensão aplicada ao tubo de 80 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	8,3E-02 ± 0,0	9,3E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	9,1E-02 ± 0,0
Cólon	2,3E-03 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	9,0E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0
Pulmão	3,2E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0
Estômago	9,8E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	4,0E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,0	5,6E-03 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0
Mama	1,7E+00 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,1	7,6E-01 ± 0,1	7,8E-01 ± 0,1	7,3E-01 ± 0,1	7,9E-01 ± 0,1	4,6E-03 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,0	6,0E-01 ± 0,1
Ovário/testículos	1,8E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0
Bexiga	1,8E-04 ± 0,0	6,4E-04 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0	5,1E-04 ± 0,0
Esôfago	1,6E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	7,4E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0
Fígado	2,4E-01 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	8,9E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0	6,6E-03 ± 0,0	9,6E-03 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0
Tireoide	3,6E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	7,2E-03 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0
Superfície óssea	1,1E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	6,3E-02 ± 0,0	6,6E-02 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0
Cérebro	5,2E-04 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	5,5E-04 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	8,2E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0
G, Salivares	3,2E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,0	5,6E-03 ± 0,0	6,4E-03 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0
Pele	3,9E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0	9,5E-02 ± 0,0	9,5E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	6,9E-02 ± 0,0
Coração	2,3E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0
Demais tecidos*	7,4E-01 ± 0,4	3,4E-01 ± 0,1	7,4E-01 ± 0,3	1,7E+00 ± 0,6	1,4E+00 ± 0,3	1,3E+00 ± 0,5	1,1E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	8,1E-01 ± 0,3
E/PKA	3,6E-01 ± 0,0	8,2E-02 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	3,6E-01 ± 0,1	3,7E-01 ± 0,0	3,2E-01 ± 0,1	2,5E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0
DEP/PKA	6,3E+00 ± 2,3	2,7E+00 ± 0,1	6,4E+00 ± 2,3	6,4E+00 ± 2,3	6,4E+00 ± 2,3	6,9E+00 ± 2,5	1,4E+00 ± 1,1	1,7E+00 ± 1,2	4,8E+00 ± 1,8

*Adrenais, região extratorácica, vesícula biliar, rins, nódulos linfáticos, músculos, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, tymus e útero.

Tabela A.4. CCs para H, E e DEP normalizados pelo PKA em mSv/Gy,cm² e incertezas estatísticas em % para o paciente com tensão aplicada ao tubo de 90 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	9,4E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0
Cólon	3,1E-03 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	9,4E-03 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0
Pulmão	3,5E-01 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0
Estômago	1,1E-01 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	5,4E-02 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	4,7E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	9,7E-03 ± 0,0	5,6E-03 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0
Mama	1,7E+00 ± 0,1	4,1E-02 ± 0,0	8,1E-01 ± 0,1	8,3E-01 ± 0,1	7,8E-01 ± 0,1	8,5E-01 ± 0,1	6,0E-03 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,1	6,3E-01 ± 0,1
Ovário/testículos	2,2E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0
Bexiga	2,6E-04 ± 0,0	9,3E-04 ± 0,0	4,5E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0
Esôfago	1,9E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	9,2E-02 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0
Fígado	2,7E-01 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0	3,2E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	7,9E-02 ± 0,0	8,8E-03 ± 0,0	9,6E-03 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0
Tireoide	4,3E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	9,5E-03 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0
Superfície óssea	1,2E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	2,9E-01 ± 0,0	7,2E-02 ± 0,0	6,6E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0
Cérebro	7,3E-04 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0
G, Salivares	3,8E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	4,6E-02 ± 0,0	4,6E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	7,4E-02 ± 0,0	7,1E-03 ± 0,0	6,4E-03 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0
Pele	4,1E-02 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	7,2E-02 ± 0,0
Coração	2,6E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0
Demais tecidos*	8,6E-01 ± 0,4	4,4E-01 ± 0,1	8,9E-01 ± 0,3	1,9E+00 ± 0,6	1,7E+00 ± 0,3	1,6E+00 ± 0,4	1,3E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,3	9,5E-01 ± 0,3
E/PKA	3,9E-01 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	2,8E-01 ± 0,0	4,1E-01 ± 0,1	4,3E-01 ± 0,0	3,6E-01 ± 0,1	3,2E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0
DEP/PKA	6,3E+00 ± 2,4	2,9E+00 ± 0,1	6,4E+00 ± 2,4	6,4E+00 ± 2,4	6,4E+00 ± 2,4	6,9E+00 ± 2,6	1,4E+00 ± 1,1	1,7E+00 ± 1,2	4,8E+00 ± 1,8

*Adrenais, região extratorácica, vesícula biliar, rins, nódulos linfáticos, músculos, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, tymus e útero,

Tabela A.5. CCs para H, E e DEP normalizados pelo PKA em mSv/Gy.cm² e incertezas estatísticas em % para o paciente com tensão aplicada ao tubo de 100 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	1,0E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,0	5,0E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0
Cólon	3,7E-03 ± 0,0	4,7E-03 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0
Pulmão	3,8E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	2,9E-01 ± 0,0	2,8E-01 ± 0,0	2,8E-01 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	6,2E-02 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0
Estômago	1,3E-01 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,0	3,0E-01 ± 0,1	5,2E-01 ± 0,1	3,0E-01 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,0	9,6E-03 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0
Mama	1,8E+00 ± 0,4	5,0E-02 ± 0,1	8,5E-01 ± 0,3	8,8E-01 ± 0,3	8,2E-01 ± 0,2	9,0E-01 ± 0,3	7,4E-03 ± 0,0	7,9E-03 ± 0,0	6,6E-01 ± 0,2
Ovário/testículos	2,7E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0	5,8E-04 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0
Bexiga	3,8E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	8,7E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	5,3E-04 ± 0,0	9,8E-04 ± 0,0
Esôfago	2,1E-01 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,1	2,5E-01 ± 0,1	2,3E-01 ± 0,1	1,7E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	5,9E-02 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,1
Fígado	2,9E-01 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,0	3,6E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	9,2E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0
Tireoide	4,9E-02 ± 0,1	3,5E-02 ± 0,0	4,8E-02 ± 0,1	4,6E-02 ± 0,1	1,4E-01 ± 0,1	4,3E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,1	4,8E-02 ± 0,0
Superfície óssea	1,3E-01 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,0	7,9E-02 ± 0,0	8,5E-02 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0
Cérebro	9,5E-04 ± 0,0	3,6E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0
G, Salivares	4,3E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	8,4E-02 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0
Pele	4,3E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	7,6E-02 ± 0,0
Coração	2,9E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	6,9E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0
Demais tecidos*	9,6E-01 ± 1,2	5,3E-01 ± 0,3	1,0E+00 ± 0,8	2,1E+00 ± 1,9	1,9E+00 ± 0,9	1,8E+00 ± 1,3	1,6E-01 ± 0,2	1,8E-01 ± 0,2	1,1E+00 ± 0,8
E/PKA	4,2E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,1	4,5E-01 ± 0,2	4,7E-01 ± 0,1	4,0E-01 ± 0,1	3,7E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	2,8E-01 ± 0,1
DEP/PKA	6,3E+00 ± 7,9	3,1E+00 ± 0,3	6,5E+00 ± 7,9	6,5E+00 ± 7,9	6,4E+00 ± 7,9	6,8E+00 ± 8,4	1,5E+00 ± 3,9	1,8E+00 ± 4,2	4,9E+00 ± 6,0

*Adrenais, região extratorácica, vesícula biliar, rins, nódulos linfáticos, músculos, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, tymus e útero,

Tabela A.6. CCs para H, E e DEP normalizados pelo PKA em mSv/Gy,cm² e incertezas estatísticas em % para o paciente com tensão aplicada ao tubo de 110 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	1,1E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	5,0E-02 ± 0,0	5,6E-02 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0
Cólon	4,4E-03 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0
Pulmão	4,0E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,0	3,0E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	6,2E-02 ± 0,0	7,0E-02 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0
Estômago	1,4E-01 ± 0,0	4,6E-02 ± 0,0	7,6E-02 ± 0,0	3,3E-01 ± 0,0	5,7E-01 ± 0,0	3,3E-01 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0
Mama	1,8E+00 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,0	9,0E-01 ± 0,0	9,1E-01 ± 0,0	8,6E-01 ± 0,0	9,5E-01 ± 0,0	8,8E-03 ± 0,0	9,5E-03 ± 0,0	6,9E-01 ± 0,0
Ovário/testículos	2,8E-04 ± 0,0	4,0E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0	4,2E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	3,7E-04 ± 0,0
Bexiga	4,5E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	7,6E-04 ± 0,0	7,7E-04 ± 0,0	3,6E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	5,1E-04 ± 0,0	6,9E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0
Esôfago	2,3E-01 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	6,8E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0
Fígado	3,1E-01 ± 0,0	5,0E-02 ± 0,0	3,9E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0
Tireoide	5,4E-02 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0
Superfície óssea	1,4E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	3,2E-01 ± 0,0	8,5E-02 ± 0,0	9,2E-02 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0
Cérebro	1,1E-03 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0
G, Salivares	4,7E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	5,9E-02 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0
Pele	4,4E-02 ± 0,0	6,8E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	7,9E-02 ± 0,0
Coração	3,1E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	2,9E-01 ± 0,0	3,0E-01 ± 0,0	2,9E-01 ± 0,0	7,8E-02 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0
Demais tecidos*	1,0E+00 ± 0,0	6,1E-01 ± 0,0	1,1E+00 ± 0,0	2,3E+00 ± 0,0	2,1E+00 ± 0,0	1,9E+00 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	1,2E+00 ± 0,0
E/PKA	4,4E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	3,3E-01 ± 0,0	4,9E-01 ± 0,0	5,1E-01 ± 0,0	4,4E-01 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,0
DEP/PKA	6,3E+00 ± 0,0	3,3E+00 ± 0,0	6,4E+00 ± 0,0	6,4E+00 ± 0,0	6,4E+00 ± 0,0	6,9E+00 ± 0,0	1,5E+00 ± 0,0	1,9E+00 ± 0,0	4,9E+00 ± 0,0

*Adrenais, região extratorácica, vesícula biliar, rins, nódulos linfáticos, músculos, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, tymus e útero,

Tabela A.7. CCs para H, E e DEP normalizados pelo PKA em mSv/Gy.cm² e incertezas estatísticas em % para o paciente com tensão aplicada ao tubo de 120 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	1,2E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	6,2E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0
Cólon	4,9E-03 ± 0,0	6,6E-03 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0
Pulmão	4,2E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	3,4E-01 ± 0,0	3,3E-01 ± 0,0	3,2E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	6,9E-02 ± 0,0	7,8E-02 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0
Estômago	1,5E-01 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0	8,5E-02 ± 0,0	3,5E-01 ± 0,0	6,1E-01 ± 0,0	3,6E-01 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0
Mama	1,8E+00 ± 0,1	6,7E-02 ± 0,0	9,3E-01 ± 0,1	9,5E-01 ± 0,1	8,9E-01 ± 0,1	1,0E+00 ± 0,1	9,9E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	7,1E-01 ± 0,0
Ovário/testículos	3,2E-04 ± 0,0	4,7E-04 ± 0,0	4,2E-04 ± 0,0	4,2E-04 ± 0,0	8,0E-04 ± 0,0	4,9E-04 ± 0,0	2,3E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0
Bexiga	5,2E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	9,1E-04 ± 0,0	9,5E-04 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	8,2E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0
Esôfago	2,5E-01 ± 0,0	2,3E-01 ± 0,0	3,0E-01 ± 0,0	2,8E-01 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	7,6E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0
Fígado	3,3E-01 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	4,2E-01 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0
Tireoide	5,9E-02 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,0	6,1E-02 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	6,1E-02 ± 0,0
Superfície óssea	1,5E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	3,3E-01 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0	9,8E-02 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0
Cérebro	1,3E-03 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0
G, Salivares	5,0E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0	6,3E-02 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,0	9,6E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,0
Pele	4,5E-02 ± 0,0	7,2E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0	8,1E-02 ± 0,0
Coração	3,3E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	3,2E-01 ± 0,0	3,2E-01 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,0	8,6E-02 ± 0,0	7,3E-02 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0
Demais tecidos*	1,1E+00 ± 0,4	6,8E-01 ± 0,1	1,2E+00 ± 0,3	2,5E+00 ± 0,6	2,3E+00 ± 0,3	2,1E+00 ± 0,4	2,1E-01 ± 0,1	2,4E-01 ± 0,1	1,3E+00 ± 0,1
E/PKA	4,6E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	3,6E-01 ± 0,0	5,2E-01 ± 0,1	5,5E-01 ± 0,0	4,7E-01 ± 0,1	4,7E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	3,3E-01 ± 0,0
DEP/PKA	6,3E+00 ± 2,6	3,4E+00 ± 0,1	6,4E+00 ± 2,6	6,4E+00 ± 2,6	6,4E+00 ± 2,6	6,9E+00 ± 2,8	1,5E+00 ± 1,3	1,9E+00 ± 1,4	4,9E+00 ± 2,0

*Adrenais, região extratorácica, vesícula biliar, rins, nódulos linfáticos, músculos, pâncreas, próstata, intestino delgado, baço, tymus e útero,

CARDIOLOGISTA

Tabela A.8. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy,cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para o cardiologista com tensão aplicada ao tubo de 60 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	1,2E-01 ± 0,0	2,9E-01 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	4,6E-01 ± 0,0	5,2E-01 ± 0,0	4,0E-01 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0
	5,8E-03 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	6,3E-03 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0
Cólon	5,6E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	4,7E-03 ± 0,0	4,5E-03 ± 0,0	4,5E-03 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	5,2E-04 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0
	--	--	1,5E-04 ± 0,0	8,1E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0	5,9E-05 ± 0,0	--	3,3E-04 ± 0,0
Pulmão	5,3E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,0
	1,4E-03 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0
Estômago	1,1E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	5,1E-03 ± 0,1	4,5E-03 ± 0,1	5,6E-03 ± 0,1	2,7E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0
	--	--	5,2E-04 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	--	9,8E-06 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0
Mama	4,8E-03 ± 0,2	2,6E-03 ± 0,1	7,4E-03 ± 0,2	1,5E-02 ± 0,3	9,2E-03 ± 0,2	1,3E-02 ± 0,3	8,8E-04 ± 0,1	2,2E-03 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,2
	8,8E-04 ± 0,1	7,6E-04 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,2	2,6E-03 ± 0,1	2,3E-03 ± 0,1	7,5E-03 ± 0,2	1,1E-04 ± 0,0	1,8E-23 ± 0,1	3,0E-03 ± 0,1
Gônadas	4,8E-04 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,1	4,5E-04 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,1	2,2E-03 ± 0,1	2,4E-03 ± 0,1	3,2E-03 ± 0,1	5,2E-03 ± 0,1	3,3E-03 ± 0,1
	--	2,3E-04 ± 0,0	--	1,5E-03 ± 0,1	--	6,3E-04 ± 0,0	7,0E-04 ± 0,0	--	7,8E-04 ± 0,0
Bexiga	4,1E-04 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,1	9,2E-15 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,1	1,6E-03 ± 0,1	1,7E-03 ± 0,1	7,0E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0
	--	5,1E-04 ± 0,0	--	4,2E-04 ± 0,0	2,9E-05 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	6,6E-05 ± 0,0	3,7E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0
Esôfago	6,8E-03 ± 0,1	1,5E-03 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,2	8,3E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,2	2,9E-03 ± 0,1	3,3E-03 ± 0,1	7,4E-03 ± 0,1
	1,4E-03 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,1	3,5E-03 ± 0,1	4,4E-03 ± 0,1	2,8E-03 ± 0,1	1,1E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,1	2,3E-03 ± 0,1
Fígado	4,8E-04 ± 0,0	5,3E-04 ± 0,0	9,3E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0
	6,8E-05 ± 0,0	7,9E-05 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	2,7E-05 ± 0,0	5,3E-05 ± 0,2	1,8E-04 ± 0,0
Tireoide	7,4E-02 ± 0,5	8,1E-03 ± 0,2	6,5E-02 ± 0,5	7,5E-02 ± 0,5	4,7E-02 ± 0,4	8,5E-02 ± 0,6	1,8E-02 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,1	4,8E-02 ± 0,4
	3,8E-03 ± 0,1	4,4E-03 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,3	4,3E-02 ± 0,4	1,7E-02 ± 0,3	9,6E-03 ± 0,2	1,2E-02 ± 0,2	3,3E-03 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,2
Superfície óssea	3,1E-01 ± 0,1	6,4E-01 ± 0,1	4,1E-01 ± 0,1	1,1E+00 ± 0,2	1,2E+00 ± 0,2	9,6E-01 ± 0,2	2,7E-01 ± 0,1	2,6E-01 ± 0,0	6,5E-01 ± 0,1
	1,5E-02 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,0	8,7E-02 ± 0,0	9,9E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	4,0E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,0
Cérebro	9,7E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,1	2,1E-01 ± 0,1	2,7E-01 ± 0,1	2,1E-01 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,1
	5,6E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	6,3E-03 ± 0,2	1,5E-02 ± 0,0
G, Salivares	8,7E-01 ± 0,1	5,0E-02 ± 0,2	1,2E+00 ± 0,1	8,5E-01 ± 0,9	1,6E+00 ± 1,2	8,8E-01 ± 1,0	4,4E-02 ± 0,1	5,1E-02 ± 0,0	6,9E-01 ± 0,6
	2,1E-02 ± 0,0	7,2E-03 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,1	4,7E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	6,3E-02 ± 0,0
Pele	6,8E-02 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,1	8,1E-02 ± 0,0	4,0E-01 ± 0,1	4,1E-01 ± 0,1	3,2E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	9,6E-02 ± 0,2	2,2E-01 ± 0,1
	4,0E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	4,7E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0
Coração	2,5E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	5,9E-03 ± 0,0	6,9E-03 ± 0,0	8,5E-03 ± 0,0	7,2E-03 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	4,3E-03 ± 0,0
	9,9E-04 ± 0,0	2,9E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0
Demais tecidos	1,0E-01 ± 1,0	5,7E-02 ± 0,5	1,5E-01 ± 1,4	2,0E-01 ± 2,2	2,9E-07 ± 0,0	2,0E-01 ± 1,5	3,9E-02 ± 0,4	3,6E-02 ± 0,4	9,9E-02 ± 0,9
	8,6E-03 ± 0,1	3,6E-03 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,3	4,7E-02 ± 0,6	2,2E-08 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,2	8,8E-03 ± 0,1	8,0E-03 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,2
E/PKA	4,4E-02 ± 0,1	5,3E-02 ± 0,1	6,1E-02 ± 0,2	1,1E-01 ± 0,2	1,0E-01 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,2	2,4E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,1
	2,6E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,1	5,0E-03 ± 0,0	6,9E-03 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,0
Hp(10)/PKA – ICRP	4,8E-02 ± 0,4	9,8E-03 ± 0,3	4,0E-02 ± 0,4	1,4E-01 ± 0,7	1,3E-01 ± 0,8	1,1E-01 ± 0,7	8,7E-03 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,3	6,3E-02 ± 0,5
	1,0E-03 ± 0,4	3,0E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,1	1,5E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,3	7,5E-04 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,3	5,8E-03 ± 0,2
Hp(10)/PKA – Brasil	2,3E-01 ± 0,9	8,4E-02 ± 0,6	1,3E-01 ± 0,7	8,8E-01 ± 1,8	4,4E-01 ± 0,0	6,6E-01 ± 1,3	1,0E-01 ± 0,6	1,3E-02 ± 0,2	3,2E-01 ± 0,8
	1,5E-03 ± 0,1	2,6E-03 ± 0,1	3,0E-03 ± 0,1	2,9E-01 ± 0,1	7,2E-02 ± 0,5	2,1E-03 ± 0,1	4,7E-03 ± 0,1	3,0E-04 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,3

Tabela A.9. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy,cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para o cardiologista com tensão aplicada ao tubo de 70 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	1,7E-01 ± 0,0	4,0E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	6,0E-01 ± 0,0	6,7E-01 ± 0,0	5,3E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	3,7E-01 ± 0,0
	1,0E-02 ± 0,0	6,4E-03 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,0	6,2E-02 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	9,7E-03 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0
Cólon	2,6E-03 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	1,9E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	6,2E-03 ± 0,0
	6,2E-06 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	6,8E-04 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,0	9,9E-04 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	3,5E-05 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0
Pulmão	9,7E-03 ± 0,1	4,4E-03 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0
	2,5E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	6,3E-03 ± 0,0	7,5E-03 ± 0,0	6,3E-03 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	4,4E-03 ± 0,0
Estômago	4,5E-03 ± 0,1	6,5E-03 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	1,8E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	8,5E-03 ± 0,1
	1,2E-04 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	8,5E-03 ± 0,1	1,2E-03 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	6,0E-05 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0
Mama	1,3E-02 ± 0,3	5,9E-03 ± 0,2	1,7E-02 ± 0,3	1,8E-02 ± 0,3	1,7E-02 ± 0,3	3,0E-02 ± 0,4	2,1E-03 ± 0,1	2,1E-03 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,3
	3,0E-03 ± 0,1	2,4E-03 ± 0,1	8,3E-03 ± 0,2	5,1E-03 ± 0,2	5,4E-03 ± 0,2	7,6E-03 ± 0,2	1,4E-03 ± 0,1	7,9E-05 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,1
Gônadas	2,3E-03 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,2	8,9E-04 ± 0,1	6,2E-03 ± 0,1	4,1E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,2	5,8E-03 ± 0,1	6,2E-03 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,1
	8,6E-24 ± 0,0	9,0E-04 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,1	3,9E-03 ± 0,1	1,1E-14 ± 0,0	7,3E-03 ± 0,2	9,8E-04 ± 0,0	4,2E-16 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,1
Bexiga	2,9E-04 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,1	4,8E-03 ± 0,1	2,4E-03 ± 0,1	6,0E-03 ± 0,1	1,8E-03 ± 0,1	1,6E-03 ± 0,1	2,9E-03 ± 0,1
	6,0E-24 ± 0,0	7,4E-04 ± 0,1	1,3E-04 ± 0,1	2,3E-03 ± 0,1	5,2E-04 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,1	3,5E-04 ± 0,0	4,2E-05 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0
Esôfago	9,0E-03 ± 0,1	3,5E-03 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,2	1,6E-02 ± 0,2	1,6E-02 ± 0,2	2,0E-02 ± 0,2	5,0E-03 ± 0,1	5,3E-03 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,2
	1,8E-03 ± 0,1	1,2E-03 ± 0,0	7,9E-03 ± 0,1	6,6E-03 ± 0,1	4,8E-03 ± 0,1	4,2E-03 ± 0,1	3,2E-03 ± 0,1	2,5E-03 ± 0,1	4,0E-03 ± 0,1
Fígado	1,8E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	4,5E-03 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	6,1E-03 ± 0,0	5,4E-04 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0
	2,1E-04 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,2	9,4E-04 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	9,4E-05 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	6,9E-04 ± 0,0
Tireoide	7,8E-02 ± 0,6	1,1E-02 ± 0,1	8,8E-02 ± 0,6	1,2E-01 ± 0,7	7,8E-02 ± 0,6	1,0E-01 ± 0,7	1,7E-02 ± 0,3	2,5E-02 ± 0,3	6,5E-02 ± 0,5
	8,7E-03 ± 0,2	4,4E-03 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,3	7,5E-02 ± 0,6	2,2E-02 ± 0,3	1,8E-02 ± 0,3	1,4E-02 ± 0,2	1,0E-02 ± 0,2	2,2E-02 ± 0,3
Superfície óssea	4,2E-01 ± 0,1	8,7E-01 ± 0,0	5,7E-01 ± 0,1	1,4E+00 ± 0,2	1,6E+00 ± 0,2	1,3E+00 ± 0,2	3,6E-01 ± 0,1	3,6E-01 ± 0,1	8,5E-01 ± 0,1
	2,5E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,1	1,4E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,1	8,4E-02 ± 0,0	7,7E-02 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	7,0E-02 ± 0,0
Cérebro	1,5E-01 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,1	3,3E-01 ± 0,2	4,2E-01 ± 0,2	3,2E-01 ± 0,2	1,8E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,1
	9,5E-03 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,2	6,3E-02 ± 0,1	6,6E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 1,1	5,5E-03 ± 0,0	9,8E-03 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0
G, Salivares	1,0E+00 ± 0,2	9,1E-02 ± 0,1	1,6E+00 ± 0,8	1,1E+00 ± 1,0	1,9E+00 ± 1,4	1,1E+00 ± 0,0	6,2E-02 ± 0,2	7,5E-02 ± 0,2	8,6E-01 ± 0,7
	2,9E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,1	2,9E-01 ± 0,3	2,4E-01 ± 0,4	9,9E-02 ± 0,2	6,7E-02 ± 0,3	3,2E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	9,7E-02 ± 0,2
Pele	8,5E-02 ± 0,0	3,3E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	4,6E-01 ± 0,1	4,8E-01 ± 0,1	3,8E-01 ± 0,1	1,6E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	2,7E-01 ± 0,1
	6,0E-03 ± 0,0	4,6E-03 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,1	3,3E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	6,6E-03 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0
Coração	5,1E-03 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	1,7E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,0
	1,5E-03 ± 1,4	5,6E-04 ± 0,1	4,2E-03 ± 0,0	4,5E-03 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	3,6E-03 ± 0,0	5,4E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0
Demais tecidos	1,4E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	2,4E-01 ± 2,0	3,2E-01 ± 1,8	4,4E-07 ± 0,0	3,4E-01 ± 1,8	6,1E-02 ± 0,7	5,4E-02 ± 0,4	1,6E-01 ± 1,1
	1,2E-02 ± 0,1	8,5E-03 ± 0,1	6,3E-02 ± 0,8	9,6E-02 ± 0,7	4,3E-08 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,5	1,6E-02 ± 0,2	1,3E-02 ± 0,2	3,1E-02 ± 0,3
E/PKA	6,0E-02 ± 0,2	7,8E-02 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,2	1,5E-01 ± 0,2	1,4E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,2	3,4E-02 ± 0,1	3,7E-02 ± 0,1	9,2E-02 ± 0,1
	4,3E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	9,5E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,1	6,5E-03 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0
Hp(10)/PKA - ICRP	5,7E-02 ± 0,4	1,6E-02 ± 0,4	4,7E-02 ± 0,4	1,6E-01 ± 0,7	1,3E-01 ± 0,7	1,4E-01 ± 0,9	1,2E-02 ± 0,4	2,3E-02 ± 0,3	7,4E-02 ± 0,5
	1,5E-03 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,1	3,0E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,3	2,4E-03 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,3	6,4E-03 ± 0,1
Hp(10)/PKA – Brasil	2,3E-01 ± 1,0	1,2E-01 ± 0,7	1,4E-01 ± 0,8	9,9E-01 ± 2,1	4,8E-01 ± 1,4	7,7E-01 ± 1,9	1,2E-01 ± 0,7	2,4E-02 ± 0,3	3,6E-01 ± 1,1
	9,6E-03 ± 0,0	5,2E-03 ± 0,0	8,2E-03 ± 0,0	3,5E-01 ± 0,0	7,3E-02 ± 0,0	7,1E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,0

Tabela A.10. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para o cardiologista com tensão aplicada ao tubo de 80 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	2,2E-01 ± 0,0	5,2E-01 ± 0,0	3,2E-01 ± 0,0	7,5E-01 ± 0,0	8,4E-01 ± 0,0	6,8E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	4,7E-01 ± 0,0
	1,6E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	8,2E-02 ± 0,0	9,1E-02 ± 0,0	6,0E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,0
Cólon	8,0E-03 ± 0,1	9,2E-03 ± 0,1	6,6E-03 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,1	5,0E-03 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,1
	2,3E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,1	2,9E-03 ± 0,0	7,2E-03 ± 0,1	3,8E-04 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0
Pulmão	1,6E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,1	3,8E-02 ± 0,1	4,0E-02 ± 0,1	6,4E-03 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0
	4,2E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	7,6E-03 ± 0,0
Estômago	1,5E-02 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	4,4E-02 ± 0,2	2,4E-02 ± 0,1	5,6E-02 ± 0,2	6,1E-03 ± 0,1	7,0E-03 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,1
	6,2E-04 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	6,4E-03 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,2	4,7E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	3,7E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,1
Mama	1,8E-02 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,3	4,3E-02 ± 0,6	4,4E-02 ± 0,6	2,6E-02 ± 0,4	5,0E-02 ± 0,6	6,2E-03 ± 0,2	6,7E-03 ± 0,2	2,6E-02 ± 0,4
	3,3E-03 ± 0,1	2,1E-03 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,3	1,7E-02 ± 0,3	7,4E-03 ± 0,2	1,2E-02 ± 0,3	6,7E-04 ± 0,1	2,2E-03 ± 0,1	7,3E-03 ± 0,2
Gônadas	5,1E-03 ± 0,1	3,2E-02 ± 0,3	2,6E-03 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,2	9,6E-03 ± 0,2	2,3E-02 ± 0,3	1,3E-02 ± 0,2	8,6E-03 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,2
	9,5E-24 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,1	1,7E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,2	7,9E-04 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,2	2,7E-03 ± 0,1	2,6E-04 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,1
Bexiga	3,0E-03 ± 0,1	7,4E-03 ± 0,1	2,5E-03 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,2	6,4E-03 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,2	4,0E-03 ± 0,1	4,2E-03 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,1
	--	1,2E-03 ± 0,1	1,8E-03 ± 0,1	9,9E-03 ± 0,2	1,2E-03 ± 0,0	6,3E-03 ± 0,1	3,9E-04 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,1
Esôfago	1,6E-02 ± 0,2	7,9E-03 ± 0,1	2,8E-02 ± 0,3	2,6E-02 ± 0,3	2,6E-02 ± 0,3	3,5E-02 ± 0,3	5,7E-03 ± 0,1	7,2E-03 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,2
	5,0E-03 ± 0,1	7,0E-04 ± 0,0	8,2E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,2	6,8E-03 ± 0,1	9,2E-03 ± 0,2	4,5E-03 ± 0,1	3,3E-03 ± 0,0	6,1E-03 ± 0,1
Fígado	5,7E-03 ± 0,0	8,9E-03 ± 0,0	9,8E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,1	2,6E-03 ± 0,1	8,6E-03 ± 0,0
	5,9E-04 ± 0,0	6,9E-04 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	9,6E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,1	2,2E-04 ± 0,1	2,5E-03 ± 0,0
Tireoide	1,0E-01 ± 0,7	2,3E-02 ± 0,3	1,3E-01 ± 0,8	1,4E-01 ± 0,8	1,0E-01 ± 0,7	1,5E-01 ± 0,9	2,5E-02 ± 0,4	3,0E-02 ± 0,4	8,8E-02 ± 0,6
	1,9E-02 ± 0,3	7,3E-03 ± 0,2	4,2E-02 ± 0,5	9,1E-02 ± 0,5	4,0E-02 ± 0,5	3,2E-02 ± 0,4	1,6E-02 ± 0,3	7,0E-03 ± 0,2	3,2E-02 ± 0,4
Superfície óssea	5,4E-01 ± 0,1	1,1E+00 ± 0,2	7,3E-01 ± 0,2	1,7E+00 ± 0,2	1,9E+00 ± 0,2	1,6E+00 ± 0,2	4,6E-01 ± 0,1	4,6E-01 ± 0,1	1,1E+00 ± 0,2
	3,7E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,1	2,1E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	6,1E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,1
Cérebro	2,1E-01 ± 0,1	6,0E-02 ± 0,1	3,3E-01 ± 0,2	4,6E-01 ± 0,2	5,8E-01 ± 0,2	4,6E-01 ± 0,2	2,8E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,1	2,7E-01 ± 0,1
	1,6E-02 ± 0,0	9,0E-03 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,1	9,5E-02 ± 0,1	5,2E-02 ± 0,1	4,4E-02 ± 0,1	7,9E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,1
G. Salivares	1,2E+00 ± 0,9	1,6E-01 ± 0,3	2,0E+00 ± 0,9	1,3E+00 ± 1,2	2,2E+00 ± 1,5	1,4E+00 ± 1,2	8,1E-02 ± 0,2	1,0E-01 ± 0,2	1,0E+00 ± 0,8
	6,0E-02 ± 0,2	2,8E-02 ± 0,2	3,7E-01 ± 0,4	3,0E-01 ± 0,4	1,6E-01 ± 0,3	1,3E-01 ± 0,3	3,3E-02 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,1	1,4E-01 ± 0,2
Pele	1,0E-01 ± 0,1	4,0E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	5,3E-01 ± 0,1	5,4E-01 ± 0,1	4,5E-01 ± 0,1	1,9E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,1	3,1E-01 ± 0,1
	8,5E-03 ± 0,0	7,0E-03 ± 0,0	4,0E-02 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	8,2E-03 ± 0,1	2,5E-02 ± 0,0
Coração	1,3E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	2,7E-02 ± 0,1	3,2E-02 ± 0,1	2,7E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,1	3,4E-03 ± 0,0	4,6E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,1
	3,1E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	9,3E-03 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	6,6E-03 ± 0,0	7,6E-03 ± 0,1	8,0E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	5,4E-03 ± 0,0
Demais tecidos	2,3E-01 ± 1,4	2,2E-01 ± 0,9	3,8E-01 ± 2,2	5,8E-01 ± 1,7	6,4E-07 ± 0,0	6,0E-01 ± 1,8	1,0E-01 ± 0,8	1,0E-01 ± 0,6	2,8E-01 ± 1,2
	2,3E-02 ± 0,3	1,7E-02 ± 0,2	1,2E-01 ± 1,0	2,3E-01 ± 0,9	8,1E-08 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,7	2,3E-02 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,2	6,7E-02 ± 0,4
E/PKA	8,5E-02 ± 0,2	1,2E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,3	2,2E-01 ± 0,2	1,7E-01 ± 0,1	2,2E-01 ± 0,2	4,8E-02 ± 0,1	5,3E-02 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1
	7,6E-03 ± 0,0	5,1E-03 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,1	5,8E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,1	8,8E-03 ± 0,0	5,2E-03 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,1
Hp(10)/PKA - ICRP	6,5E-02 ± 0,5	3,4E-02 ± 0,7	5,3E-02 ± 0,5	1,8E-01 ± 1,0	1,6E-01 ± 0,9	1,6E-01 ± 1,1	2,2E-02 ± 0,6	2,8E-02 ± 0,3	8,9E-02 ± 0,7
	5,5E-03 ± 0,3	8,0E-03 ± 0,0	4,4E-03 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,6	1,0E-02 ± 0,4	1,2E-02 ± 0,4	6,6E-03 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,3	1,0E-02 ± 0,3
Hp(10)/PKA - Brasil	2,8E-01 ± 1,2	1,8E-01 ± 1,0	2,0E-01 ± 1,0	1,1E+00 ± 2,3	5,3E-01 ± 1,6	8,4E-01 ± 2,1	1,6E-01 ± 0,9	2,6E-02 ± 0,3	4,2E-01 ± 1,3
	1,6E-02 ± 0,3	9,5E-03 ± 0,3	1,2E-02 ± 0,3	4,0E-01 ± 1,4	1,0E-01 ± 0,7	1,6E-02 ± 0,3	1,9E-02 ± 0,3	2,0E-03 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,4

Tabela A.11. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para o cardiologista com tensão aplicada ao tubo de 90 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	2,8E-01 ± 0,0	6,5E-01 ± 0,0	4,0E-01 ± 0,0	9,0E-01 ± 0,0	1,0E+00 ± 0,0	8,4E-01 ± 0,0	2,5E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	5,7E-01 ± 0,0
	2,4E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0	8,8E-02 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0
Cólon	1,6E-02 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	6,4E-02 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,1	7,3E-02 ± 0,2	9,5E-03 ± 0,1	4,8E-03 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,1
	1,2E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	5,1E-03 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,1	6,4E-03 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,1	9,1E-04 ± 0,0	7,0E-04 ± 0,0	9,5E-03 ± 0,0
Pulmão	2,6E-02 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,1	5,4E-02 ± 0,1	7,1E-02 ± 0,1	9,7E-03 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,1
	7,3E-03 ± 0,0	4,1E-03 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	4,3E-03 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0
Estômago	3,0E-02 ± 0,2	4,7E-02 ± 0,2	3,8E-02 ± 0,2	9,7E-02 ± 0,3	4,6E-02 ± 0,2	1,1E-01 ± 0,3	1,2E-02 ± 0,1	7,0E-03 ± 0,1	4,9E-02 ± 0,2
	3,1E-03 ± 0,1	3,1E-03 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	6,9E-02 ± 0,2	9,4E-03 ± 0,1	2,7E-02 ± 0,2	1,4E-03 ± 0,0	8,0E-04 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,1
Mama	3,0E-02 ± 0,5	3,2E-02 ± 0,5	6,5E-02 ± 0,5	7,1E-02 ± 0,7	3,2E-02 ± 0,5	1,0E-01 ± 0,9	1,2E-02 ± 0,3	6,7E-03 ± 0,2	4,4E-02 ± 0,5
	8,8E-03 ± 0,2	2,7E-03 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,1	2,7E-02 ± 0,4	1,2E-02 ± 0,3	2,8E-02 ± 0,5	4,7E-03 ± 0,2	1,4E-03 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,3
Gônadas	1,3E-02 ± 0,2	4,3E-02 ± 0,4	5,7E-03 ± 0,4	4,2E-02 ± 0,4	1,5E-02 ± 0,2	6,1E-02 ± 0,5	1,8E-02 ± 0,3	8,6E-03 ± 0,1	2,6E-02 ± 0,3
	1,8E-03 ± 0,1	3,8E-03 ± 0,1	4,2E-03 ± 0,1	3,2E-02 ± 0,4	4,3E-03 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,4	2,3E-03 ± 0,1	1,4E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,2
Bexiga	7,7E-03 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,2	6,3E-03 ± 0,2	3,8E-02 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,2	3,4E-02 ± 0,3	8,5E-03 ± 0,1	4,2E-03 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,2
	7,6E-04 ± 0,0	9,0E-04 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,3	3,6E-03 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,2	1,6E-03 ± 0,1	5,2E-04 ± 0,0	6,8E-03 ± 0,1
Esôfago	2,5E-02 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,2	4,4E-02 ± 0,4	5,0E-02 ± 0,4	3,7E-02 ± 0,3	5,8E-02 ± 0,4	9,0E-03 ± 0,2	7,2E-03 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,3
	3,8E-03 ± 0,1	2,0E-03 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,3	2,2E-02 ± 0,3	9,3E-03 ± 0,2	9,5E-03 ± 0,2	5,7E-03 ± 0,1	5,6E-03 ± 0,1	9,2E-03 ± 0,2
Fígado	1,2E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,1	4,4E-03 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0
	1,7E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	8,3E-03 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	3,6E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	6,2E-04 ± 0,0	6,2E-04 ± 0,4	6,3E-03 ± 0,0
Tireoide	1,1E-01 ± 0,8	2,6E-02 ± 0,4	1,7E-01 ± 0,4	1,7E-01 ± 0,9	1,2E-01 ± 0,8	2,0E-01 ± 1,1	3,6E-02 ± 0,4	3,0E-02 ± 0,2	1,1E-01 ± 0,7
	1,5E-02 ± 0,3	1,1E-02 ± 0,2	5,6E-02 ± 0,2	1,0E-01 ± 0,7	3,9E-02 ± 0,5	3,7E-02 ± 0,5	2,8E-02 ± 0,4	8,0E-03 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,4
Superfície óssea	6,4E-01 ± 0,1	1,3E+00 ± 0,2	8,8E-01 ± 0,2	2,0E+00 ± 0,3	2,2E+00 ± 0,3	1,9E+00 ± 0,3	5,5E-01 ± 0,1	4,6E-01 ± 0,1	1,2E+00 ± 0,2
	5,3E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,1	2,9E-01 ± 0,1	1,9E-01 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,1	7,6E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,1
Cérebro	2,7E-01 ± 0,2	8,9E-02 ± 0,1	4,3E-01 ± 0,1	5,8E-01 ± 0,2	7,3E-01 ± 0,3	5,8E-01 ± 0,3	3,8E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	3,4E-01 ± 0,2
	2,5E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,1	7,7E-02 ± 0,1	6,6E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,1
G, Salivares	1,3E+00 ± 1,0	2,1E-01 ± 0,3	2,3E+00 ± 0,2	1,5E+00 ± 1,2	2,5E+00 ± 1,6	1,6E+00 ± 1,3	1,2E-01 ± 0,2	1,0E-01 ± 0,2	1,2E+00 ± 0,9
	8,6E-02 ± 0,2	3,9E-02 ± 0,2	4,9E-01 ± 0,1	3,8E-01 ± 0,5	2,2E-01 ± 0,4	1,7E-01 ± 0,3	5,2E-02 ± 0,2	3,0E-02 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,3
Pele	1,2E-01 ± 0,1	4,6E-01 ± 0,1	1,6E-01 ± 0,1	5,9E-01 ± 0,1	6,0E-01 ± 0,1	5,1E-01 ± 0,1	2,2E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,1	3,5E-01 ± 0,1
	1,1E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,0	4,8E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0
Coração	2,4E-02 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,1	4,8E-02 ± 0,1	5,9E-02 ± 0,2	4,5E-02 ± 0,1	7,2E-02 ± 0,2	7,8E-03 ± 0,1	4,6E-03 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,1
	5,4E-03 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	1,8E-03 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1
Demais tecidos	3,8E-01 ± 1,5	3,9E-01 ± 1,1	6,2E-01 ± 1,1	9,2E-01 ± 2,2	8,7E-07 ± 0,0	1,1E+00 ± 2,2	1,7E-01 ± 0,8	1,0E-01 ± 0,6	4,6E-01 ± 1,3
	4,7E-02 ± 0,5	4,0E-02 ± 0,3	1,9E-01 ± 0,3	4,5E-01 ± 1,3	1,4E-07 ± 0,0	2,3E-01 ± 1,0	3,9E-02 ± 0,2	2,3E-02 ± 0,3	1,3E-01 ± 0,6
E/PKA	1,2E-01 ± 0,2	1,6E-01 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,3	3,1E-01 ± 0,3	2,1E-01 ± 0,1	3,3E-01 ± 0,3	6,6E-02 ± 0,1	5,3E-02 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,2
	1,3E-02 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,0	5,6E-02 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,2	2,4E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,2
Hp(10)/PKA - ICRP	8,6E-02 ± 0,9	5,6E-02 ± 1,0	6,9E-02 ± 0,8	2,0E-01 ± 1,1	1,6E-01 ± 0,9	1,9E-01 ± 1,5	3,1E-02 ± 0,9	3,7E-02 ± 1,0	1,0E-01 ± 1,0
	1,5E-02 ± 0,6	1,1E-02 ± 0,5	2,1E-02 ± 0,6	3,6E-02 ± 0,7	3,6E-02 ± 0,7	1,7E-02 ± 0,6	5,1E-03 ± 0,2	2,2E-02 ± 0,4	2,0E-02 ± 0,5
Hp(10)/PKA - Brasil	3,2E-01 ± 1,3	2,1E-01 ± 1,1	2,3E-01 ± 1,1	1,2E+00 ± 2,5	5,5E-01 ± 1,7	9,3E-01 ± 2,3	1,7E-01 ± 1,0	4,4E-02 ± 0,5	4,6E-01 ± 1,4
	2,6E-02 ± 0,4	9,6E-03 ± 0,2	2,8E-02 ± 0,4	4,5E-01 ± 1,5	4,5E-01 ± 1,5	2,1E-02 ± 0,3	1,2E-02 ± 0,2	2,5E-03 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,6

Tabela A 12. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy}\cdot\text{cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para o cardiologista com tensão aplicada ao tubo de 100 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	3,3E-01 ± 0,0	7,7E-01 ± 0,0	4,8E-01 ± 0,0	1,0E+00 ± 0,0	1,1E+00 ± 0,0	9,9E-01 ± 0,0	3,0E-01 ± 0,0	3,6E-01 ± 0,0	6,8E-01 ± 0,0
	3,3E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	8,9E-02 ± 0,0
Cólon	2,3E-02 ± 0,3	3,7E-02 ± 0,4	3,0E-02 ± 0,3	1,1E-01 ± 0,6	5,0E-02 ± 0,4	1,1E-01 ± 0,6	1,4E-02 ± 0,2	1,8E-02 ± 0,3	4,9E-02 ± 0,4
	3,3E-03 ± 0,0	4,3E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1	7,7E-02 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,1	2,3E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,1
Pulmão	4,4E-02 ± 0,2	3,4E-02 ± 0,2	7,4E-02 ± 0,3	8,8E-02 ± 0,3	7,4E-02 ± 0,3	1,1E-01 ± 0,4	1,4E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	5,6E-02 ± 0,2
	1,1E-02 ± 0,0	7,8E-03 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,1	4,0E-02 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,1	5,6E-03 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0
Estômago	5,3E-02 ± 0,7	8,5E-02 ± 0,9	5,9E-02 ± 0,7	1,7E-01 ± 1,2	7,0E-02 ± 0,7	2,0E-01 ± 1,3	1,8E-02 ± 0,4	2,6E-02 ± 0,5	8,5E-02 ± 0,8
	4,9E-03 ± 0,1	1,0E-02 ± 2,4	2,8E-02 ± 0,2	1,3E-01 ± 0,3	2,1E-02 ± 0,1	5,9E-02 ± 0,2	2,7E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,1
Mama	2,5E-02 ± 1,2	6,6E-02 ± 0,3	1,1E-01 ± 2,9	1,4E-01 ± 3,6	4,1E-02 ± 1,7	1,1E-01 ± 2,2	1,6E-02 ± 0,9	2,4E-03 ± 0,1	6,3E-02 ± 1,9
	1,6E-02 ± 0,4	8,9E-03 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,4	4,4E-02 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,3	4,3E-02 ± 0,6	4,0E-03 ± 0,2	1,0E-03 ± 0,2	2,1E-02 ± 0,3
Gônadas	3,2E-02 ± 1,1	6,5E-02 ± 1,5	8,9E-03 ± 0,5	8,9E-02 ± 1,8	3,3E-02 ± 1,1	1,2E-01 ± 2,4	1,9E-02 ± 0,8	2,0E-02 ± 0,9	4,9E-02 ± 1,3
	1,8E-03 ± 0,1	5,4E-03 ± 0,2	8,8E-03 ± 0,2	5,8E-02 ± 0,5	8,4E-03 ± 0,2	7,6E-02 ± 0,6	5,7E-03 ± 0,1	2,0E-03 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,2
Bexiga	1,3E-02 ± 0,5	1,1E-02 ± 0,5	1,2E-02 ± 0,6	5,3E-02 ± 1,1	4,4E-02 ± 1,2	6,2E-02 ± 1,3	8,3E-03 ± 0,4	2,4E-02 ± 0,8	2,8E-02 ± 0,8
	7,0E-04 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	7,9E-03 ± 0,1	4,1E-02 ± 0,3	7,7E-03 ± 0,1	2,6E-02 ± 0,3	2,2E-03 ± 0,1	1,6E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1
Esôfago	3,5E-02 ± 1,1	2,7E-02 ± 1,1	5,3E-02 ± 1,1	8,8E-02 ± 1,8	5,1E-02 ± 1,4	8,0E-02 ± 1,6	2,3E-02 ± 0,9	5,8E-03 ± 0,4	4,5E-02 ± 1,1
	6,1E-03 ± 0,1	6,0E-03 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,3	3,7E-02 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,2	1,9E-02 ± 0,2	1,0E-02 ± 0,2	5,0E-03 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,2
Fígado	2,4E-02 ± 0,1	3,8E-02 ± 0,1	3,5E-02 ± 0,2	6,4E-02 ± 0,2	2,5E-02 ± 0,1	7,8E-02 ± 0,3	9,5E-03 ± 0,1	9,5E-03 ± 0,1	3,5E-02 ± 0,2
	3,5E-03 ± 0,0	5,5E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,1	7,6E-03 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0
Tireoide	1,4E-01 ± 2,8	4,1E-02 ± 2,8	2,3E-01 ± 3,6	2,3E-01 ± 3,8	1,4E-01 ± 2,8	1,8E-01 ± 3,2	5,0E-02 ± 1,7	5,7E-02 ± 2,0	1,3E-01 ± 2,7
	2,9E-02 ± 0,4	1,3E-02 ± 0,4	9,4E-02 ± 0,8	1,2E-01 ± 0,8	4,5E-02 ± 0,5	4,6E-02 ± 0,6	2,7E-02 ± 0,4	8,2E-03 ± 0,2	4,8E-02 ± 0,5
Superfície óssea	7,4E-01 ± 0,5	1,5E+00 ± 0,5	1,0E+00 ± 0,6	2,3E+00 ± 0,9	2,5E+00 ± 0,9	2,1E+00 ± 0,9	6,3E-01 ± 0,5	6,3E-01 ± 0,5	1,4E+00 ± 0,7
	7,0E-02 ± 0,1	5,3E-02 ± 0,1	2,9E-01 ± 0,1	3,7E-01 ± 0,1	2,5E-01 ± 0,1	2,5E-01 ± 0,1	9,1E-02 ± 0,1	4,9E-02 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,1
Cérebro	3,4E-01 ± 0,6	1,2E-01 ± 0,6	5,0E-01 ± 0,7	6,9E-01 ± 0,8	8,8E-01 ± 0,9	7,0E-01 ± 0,9	4,8E-02 ± 0,2	4,8E-02 ± 0,2	4,1E-01 ± 0,6
	3,5E-02 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,1	1,6E-01 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,1	9,3E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	7,4E-02 ± 0,1
G, Salivares	3,3E-01 ± 0,8	7,7E-01 ± 0,8	4,8E-01 ± 0,6	1,0E+00 ± 2,2	1,1E+00 ± 2,1	9,9E-01 ± 2,1	3,0E-01 ± 3,0	3,6E-01 ± 2,0	6,8E-01 ± 2,0
	1,2E-01 ± 0,3	5,1E-02 ± 0,3	6,2E-01 ± 0,5	4,6E-01 ± 0,6	2,8E-01 ± 0,4	2,4E-01 ± 0,4	5,9E-02 ± 0,2	3,7E-02 ± 0,1	2,3E-01 ± 0,3
Pele	1,4E-01 ± 0,2	5,1E-01 ± 0,2	1,9E-01 ± 0,3	6,4E-01 ± 0,5	6,5E-01 ± 0,5	5,7E-01 ± 0,5	2,5E-01 ± 0,3	2,0E-01 ± 0,3	3,9E-01 ± 0,4
	1,5E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	6,1E-02 ± 0,0	8,6E-02 ± 0,1	6,2E-02 ± 0,0	6,8E-02 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,0
Coração	3,9E-02 ± 0,4	4,0E-02 ± 0,4	6,8E-02 ± 0,5	9,5E-02 ± 0,6	6,7E-02 ± 0,5	1,2E-01 ± 0,7	1,3E-02 ± 0,2	9,9E-03 ± 0,2	5,7E-02 ± 0,5
	8,9E-03 ± 0,1	8,5E-03 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	4,8E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	3,5E-02 ± 0,1	2,7E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,1
Demais tecidos	5,5E-01 ± 5,3	5,9E-01 ± 5,3	7,7E-01 ± 7,3	1,4E+00 ± 8,1	1,2E-06 ± 6,1	1,6E+00 ± 9,4	2,4E-01 ± 2,4	2,4E-01 ± 2,1	6,7E-01 ± 4,8
	7,7E-02 ± 0,6	7,9E-02 ± 0,6	3,2E-01 ± 1,3	8,1E-01 ± 1,6	2,2E-07 ± 1,2	4,5E-01 ± 1,3	5,7E-02 ± 0,5	3,7E-02 ± 0,4	2,3E-01 ± 0,8
E/PKA	1,4E-01 ± 0,6	2,2E-01 ± 0,6	2,1E-01 ± 0,9	4,1E-01 ± 1,0	2,3E-01 ± 0,3	4,3E-01 ± 1,1	8,7E-02 ± 0,3	9,5E-02 ± 0,3	2,3E-01 ± 0,6
	2,1E-02 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,1	8,2E-02 ± 0,2	1,7E-01 ± 0,2	3,5E-02 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,2	1,8E-02 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,1
Hp(10)/PKA – ICRP	9,3E-02 ± 1,1	6,4E-02 ± 1,0	1,0E-01 ± 1,2	2,4E-01 ± 1,0	2,0E-01 ± 0,7	2,1E-01 ± 1,2	3,6E-03 ± 0,1	4,2E-02 ± 0,4	1,2E-01 ± 0,8
	1,7E-02 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,2	2,4E-02 ± 0,2	7,4E-02 ± 1,3	3,9E-02 ± 0,7	1,7E-02 ± 0,4	5,7E-03 ± 0,1	1,2E-03 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,4
Hp(10)/PKA – Brasil	3,4E-01 ± 1,4	2,2E-01 ± 1,1	2,6E-01 ± 1,2	1,3E+00 ± 2,7	5,7E-01 ± 0,2	1,0E+00 ± 2,5	2,0E-01 ± 0,1	5,0E-02 ± 0,2	4,9E-01 ± 0,9
	3,2E-02 ± 0,4	1,6E-02 ± 0,3	3,3E-02 ± 0,4	5,1E-01 ± 1,7	4,7E-01 ± 0,8	4,8E-02 ± 0,6	1,2E-02 ± 0,2	3,0E-03 ± 0,2	1,4E-01 ± 0,6

Tabela A.13. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy,cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para o cardiologista com tensão aplicada ao tubo de 110 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	3,8E-01 ± 0,0	8,9E-01 ± 0,0	5,5E-01 ± 0,0	1,2E+00 ± 0,0	1,3E+00 ± 0,0	1,1E+00 ± 0,0	3,5E-01 ± 0,0	4,2E-01 ± 0,0	7,7E-01 ± 0,0
	4,5E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0
Cólon	4,0E-02 ± 0,1	5,8E-02 ± 0,1	3,2E-02 ± 0,1	1,7E-01 ± 0,2	8,2E-02 ± 0,2	1,8E-01 ± 0,3	2,9E-02 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,1	7,7E-02 ± 0,2
	3,4E-03 ± 0,0	7,0E-03 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	2,5E-02 ± 0,1	6,2E-02 ± 0,2	4,1E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,1
Pulmão	5,2E-02 ± 0,1	5,0E-02 ± 0,1	9,1E-02 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	7,7E-02 ± 0,1
	1,5E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,1	6,2E-02 ± 0,5	3,2E-02 ± 0,1	5,0E-02 ± 0,1	7,4E-03 ± 0,0	6,9E-03 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,1
Estômago	8,1E-02 ± 0,3	1,2E-01 ± 0,3	8,3E-02 ± 0,3	2,7E-01 ± 0,4	1,2E-01 ± 0,3	3,2E-01 ± 0,6	4,2E-02 ± 0,2	3,5E-02 ± 0,2	1,3E-01 ± 0,3
	1,0E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	3,7E-02 ± 0,2	2,1E-01 ± 1,2	3,9E-02 ± 0,2	1,0E-01 ± 0,3	6,7E-03 ± 0,1	3,5E-03 ± 0,1	5,3E-02 ± 0,2
Mama	6,3E-02 ± 0,7	8,1E-02 ± 0,8	1,3E-01 ± 1,0	1,7E-01 ± 0,8	9,0E-02 ± 0,9	2,0E-01 ± 1,3	2,7E-02 ± 0,5	1,1E-02 ± 0,2	9,7E-02 ± 0,8
	2,4E-02 ± 0,5	1,2E-02 ± 0,3	6,4E-02 ± 0,7	9,0E-02 ± 0,7	2,4E-02 ± 0,4	7,4E-02 ± 0,8	5,0E-03 ± 0,2	2,9E-03 ± 0,2	3,7E-02 ± 0,5
Gônadas	3,5E-02 ± 0,4	9,2E-02 ± 0,6	1,5E-02 ± 0,2	1,2E-01 ± 0,6	4,7E-02 ± 0,4	1,5E-01 ± 0,8	3,7E-02 ± 0,4	3,9E-02 ± 0,4	6,7E-02 ± 0,5
	4,8E-03 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,2	1,0E-01 ± 0,5	1,5E-02 ± 0,2	1,2E-01 ± 0,7	6,3E-03 ± 0,1	5,1E-03 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,3
Bexiga	2,3E-02 ± 0,3	4,0E-02 ± 0,3	1,4E-02 ± 0,2	8,7E-02 ± 0,4	4,1E-02 ± 0,3	9,7E-02 ± 0,5	2,2E-02 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,2	4,3E-02 ± 0,3
	3,6E-03 ± 0,1	7,4E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,2	7,1E-02 ± 0,5	1,4E-02 ± 0,2	5,1E-02 ± 0,4	3,5E-03 ± 0,1	2,6E-03 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,2
Esôfago	4,0E-02 ± 0,3	4,0E-02 ± 0,4	6,8E-02 ± 0,4	9,3E-02 ± 0,4	8,1E-02 ± 0,5	1,1E-01 ± 0,6	1,9E-02 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,2	5,9E-02 ± 0,4
	9,6E-03 ± 0,2	7,9E-03 ± 0,2	3,1E-02 ± 0,3	5,0E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,3	3,3E-02 ± 0,3	9,9E-03 ± 0,2	6,4E-03 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,2
Fígado	3,5E-02 ± 0,1	5,9E-02 ± 0,1	4,4E-02 ± 0,1	9,8E-02 ± 0,1	3,8E-02 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,1
	6,6E-03 ± 0,0	8,5E-03 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	7,7E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,1	2,5E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0
Tireoide	1,7E-01 ± 1,0	6,3E-02 ± 0,6	2,8E-01 ± 1,4	2,4E-01 ± 1,2	1,8E-01 ± 1,1	2,8E-01 ± 1,4	4,6E-02 ± 0,5	4,1E-02 ± 0,5	1,6E-01 ± 1,0
	4,0E-02 ± 0,5	2,1E-02 ± 0,4	1,1E-01 ± 0,9	1,4E-01 ± 0,9	6,1E-02 ± 0,6	7,2E-02 ± 0,7	2,9E-02 ± 0,4	1,5E-02 ± 0,3	6,0E-02 ± 0,6
Superfície óssea	8,2E-01 ± 0,2	1,7E+00 ± 0,3	1,1E+00 ± 0,2	2,5E+00 ± 0,3	2,7E+00 ± 0,3	2,4E+00 ± 0,3	7,1E-01 ± 0,2	7,0E-01 ± 0,2	1,6E+00 ± 0,2
	8,8E-02 ± 0,1	7,2E-02 ± 0,1	3,3E-01 ± 0,1	4,6E-01 ± 0,1	3,1E-01 ± 0,1	3,2E-01 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,1	5,7E-02 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,1
Cérebro	3,7E-01 ± 0,2	1,5E-01 ± 0,1	5,9E-01 ± 0,3	7,9E-01 ± 0,3	9,9E-01 ± 0,3	8,0E-01 ± 0,3	5,8E-02 ± 0,1	5,9E-02 ± 0,1	4,8E-01 ± 0,2
	4,5E-02 ± 0,1	2,8E-02 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,1	1,9E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	9,2E-02 ± 0,1
G, Salivares	1,6E+00 ± 1,1	3,8E-01 ± 0,5	3,0E+00 ± 1,2	1,9E+00 ± 1,3	3,1E+00 ± 1,7	2,1E+00 ± 1,4	1,9E-01 ± 0,3	1,7E-01 ± 0,3	1,5E+00 ± 1,0
	1,5E-01 ± 0,3	9,3E-02 ± 0,2	7,3E-01 ± 0,6	5,1E-01 ± 0,6	3,6E-01 ± 0,5	3,2E-01 ± 0,5	7,7E-02 ± 0,2	4,5E-02 ± 0,2	2,9E-01 ± 0,4
Pele	1,6E-01 ± 0,1	5,7E-01 ± 0,1	2,1E-01 ± 0,1	7,0E-01 ± 0,2	6,9E-01 ± 0,2	6,4E-01 ± 0,2	2,8E-01 ± 0,1	2,2E-01 ± 0,1	4,3E-01 ± 0,1
	1,8E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	7,9E-02 ± 0,1	9,2E-02 ± 0,1	3,5E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0
Coração	5,7E-02 ± 0,2	6,3E-02 ± 0,2	9,2E-02 ± 0,2	1,5E-01 ± 0,3	9,8E-02 ± 0,2	1,8E-01 ± 0,3	2,2E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	8,5E-02 ± 0,2
	1,5E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	4,4E-02 ± 0,1	7,5E-02 ± 0,2	2,9E-02 ± 0,1	5,7E-02 ± 0,2	5,3E-03 ± 0,0	4,1E-03 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,1
Demais tecidos	7,3E-01 ± 1,7	8,7E-01 ± 1,8	1,0E+00 ± 2,6	2,0E+00 ± 2,9	1,5E-06 ± 0,0	2,4E+00 ± 3,1	3,5E-01 ± 1,1	3,5E-01 ± 1,1	9,7E-01 ± 1,8
	1,1E-01 ± 0,7	1,3E-01 ± 0,6	4,2E-01 ± 1,6	1,3E+00 ± 2,0	3,7E-07 ± 0,0	7,4E-01 ± 1,6	7,8E-02 ± 0,5	5,2E-02 ± 0,5	3,5E-01 ± 0,9
E/PKA	2,0E-01 ± 0,2	2,8E-01 ± 0,2	2,8E-01 ± 0,3	5,5E-01 ± 0,4	2,9E-01 ± 0,1	6,0E-01 ± 0,4	1,1E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	3,0E-01 ± 0,2
	3,0E-02 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,2	2,6E-01 ± 0,3	4,9E-02 ± 0,1	1,6E-01 ± 0,2	2,3E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	8,5E-02 ± 0,1
Hp(10)/PKA - ICRP	9,7E-02 ± 1,1	6,7E-02 ± 1,0	1,5E-01 ± 1,2	2,7E-01 ± 1,0	2,5E-01 ± 0,7	2,5E-01 ± 1,2	3,9E-03 ± 0,1	4,6E-02 ± 0,4	1,4E-01 ± 1,1
	1,9E-02 ± 0,3	1,7E-02 ± 0,2	2,7E-02 ± 0,3	9,0E-02 ± 1,4	1,0E-01 ± 0,4	3,8E-02 ± 0,7	6,1E-03 ± 0,1	4,1E-03 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,3
Hp(10)/PKA - Brasil	3,7E-01 ± 1,4	2,6E-01 ± 1,1	2,8E-01 ± 1,2	1,7E+00 ± 2,7	5,9E-01 ± 0,2	1,4E+00 ± 2,5	2,4E-01 ± 0,1	5,4E-02 ± 0,2	6,1E-01 ± 1,4
	3,8E-02 ± 0,2	2,2E-02 ± 0,1	3,3E-02 ± 0,2	5,8E-01 ± 0,3	4,8E-01 ± 0,2	4,9E-02 ± 0,4	2,1E-02 ± 0,1	4,0E-03 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,2

Tabela A.14. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para o cardiologista com tensão aplicada ao tubo de 120 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	4,3E-01 ± 0,0	1,0E+00 ± 0,0	6,1E-01 ± 0,0	1,3E+00 ± 0,0	1,4E+00 ± 0,0	1,3E+00 ± 0,0	4,1E-01 ± 0,0	4,7E-01 ± 0,0	8,7E-01 ± 0,0
	5,7E-02 ± 0,0	5,9E-02 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	3,0E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	2,4E-01 ± 0,0	6,6E-02 ± 0,0	4,0E-02 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0
Cólon	5,2E-02 ± 0,1	7,1E-02 ± 0,2	4,0E-02 ± 0,1	2,3E-01 ± 0,3	1,1E-01 ± 0,2	2,3E-01 ± 0,3	3,6E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,2
	6,7E-03 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,3	3,8E-02 ± 0,1	8,7E-02 ± 0,2	6,8E-03 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,1
Pulmão	6,8E-02 ± 0,1	6,3E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	1,9E-01 ± 0,2	2,7E-02 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,0	9,8E-02 ± 0,1
	2,2E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,1	9,0E-02 ± 0,1	4,3E-02 ± 0,1	7,0E-02 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,0	7,5E-03 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,1
Estômago	1,0E-01 ± 0,3	1,6E-01 ± 0,4	9,9E-02 ± 0,3	3,8E-01 ± 0,6	1,7E-01 ± 0,4	4,0E-01 ± 0,6	5,8E-02 ± 0,2	4,8E-02 ± 0,2	1,8E-01 ± 0,4
	1,3E-02 ± 0,1	2,5E-02 ± 0,2	5,0E-02 ± 0,2	3,0E-01 ± 0,5	5,8E-02 ± 0,2	1,4E-01 ± 0,4	1,2E-02 ± 0,1	5,0E-03 ± 0,1	7,6E-02 ± 0,2
Mama	9,9E-02 ± 0,9	8,7E-02 ± 0,8	1,5E-01 ± 1,0	2,1E-01 ± 1,2	1,0E-01 ± 0,9	3,0E-01 ± 1,6	3,4E-02 ± 0,5	1,9E-02 ± 0,4	1,2E-01 ± 0,9
	2,3E-02 ± 0,4	1,6E-02 ± 0,3	7,5E-02 ± 0,8	1,1E-01 ± 0,9	3,4E-02 ± 0,5	1,1E-01 ± 1,0	6,7E-03 ± 0,2	5,2E-03 ± 0,2	4,8E-02 ± 0,5
Gônadas	4,3E-02 ± 0,4	1,0E-01 ± 0,6	2,3E-02 ± 0,3	1,7E-01 ± 0,8	7,1E-02 ± 0,5	1,9E-01 ± 0,9	6,8E-02 ± 0,5	5,5E-02 ± 0,5	9,1E-02 ± 0,6
	5,5E-03 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,2	1,7E-02 ± 0,3	1,5E-01 ± 0,8	2,6E-02 ± 0,3	1,5E-01 ± 0,8	1,2E-02 ± 0,2	9,5E-03 ± 0,2	4,8E-02 ± 0,4
Bexiga	3,4E-02 ± 0,3	5,9E-02 ± 0,4	2,0E-02 ± 0,2	1,3E-01 ± 0,6	6,0E-02 ± 0,4	1,4E-01 ± 0,6	2,5E-02 ± 0,3	2,1E-02 ± 0,2	6,1E-02 ± 0,4
	5,6E-03 ± 0,1	9,5E-03 ± 0,2	1,7E-02 ± 0,2	1,1E-01 ± 0,5	1,9E-02 ± 0,0	6,7E-02 ± 0,4	7,1E-03 ± 0,1	4,3E-03 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,2
Esôfago	5,6E-02 ± 0,4	4,6E-02 ± 0,4	8,5E-02 ± 0,5	1,4E-01 ± 0,7	1,0E-01 ± 0,2	1,5E-01 ± 0,7	2,4E-02 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,2	7,7E-02 ± 0,5
	1,2E-02 ± 0,2	1,5E-02 ± 0,2	3,8E-02 ± 0,3	7,5E-02 ± 0,5	2,9E-02 ± 0,6	4,8E-02 ± 0,4	1,1E-02 ± 0,1	7,2E-03 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,3
Fígado	4,7E-02 ± 0,1	7,4E-02 ± 0,1	5,4E-02 ± 0,1	1,4E-01 ± 0,1	5,4E-02 ± 0,3	1,6E-01 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,3	1,8E-02 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,1
	8,7E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,1	5,9E-02 ± 0,1	3,9E-03 ± 0,2	2,3E-03 ± 0,0	3,1E-02 ± 1,0
Tireoide	1,7E-01 ± 1,1	7,2E-02 ± 0,7	2,7E-01 ± 1,3	2,9E-01 ± 1,4	2,1E-01 ± 0,0	3,0E-01 ± 1,5	3,9E-02 ± 0,0	5,4E-02 ± 0,6	1,8E-01 ± 0,6
	4,7E-02 ± 0,6	2,4E-02 ± 0,4	1,1E-01 ± 0,9	1,6E-01 ± 1,0	7,5E-02 ± 1,2	7,6E-02 ± 0,7	2,4E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,2	6,5E-02 ± 0,3
Superfície óssea	8,9E-01 ± 0,2	1,8E+00 ± 0,3	1,2E+00 ± 0,2	2,7E+00 ± 0,3	2,9E+00 ± 0,0	2,5E+00 ± 0,3	8,0E-01 ± 0,5	7,6E-01 ± 0,2	1,7E+00 ± 0,1
	1,1E-01 ± 0,1	9,0E-02 ± 0,1	3,7E-01 ± 0,1	5,5E-01 ± 0,2	3,7E-01 ± 0,7	3,9E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,4	6,4E-02 ± 0,1	2,6E-01 ± 0,2
Cérebro	4,2E-01 ± 0,2	1,7E-01 ± 0,1	6,6E-01 ± 0,3	8,8E-01 ± 0,3	1,1E+00 ± 0,3	8,9E-01 ± 0,3	6,8E-02 ± 0,2	7,0E-02 ± 0,1	5,3E-01 ± 0,1
	5,7E-02 ± 0,1	3,5E-02 ± 0,1	2,0E-01 ± 0,2	2,2E-01 ± 0,2	1,7E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	2,6E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 1,0
G, Salivares	1,7E+00 ± 0,3	4,3E-01 ± 0,5	3,1E+00 ± 1,2	2,1E+00 ± 1,3	3,3E+00 ± 0,3	2,3E+00 ± 1,7	2,1E-01 ± 0,1	2,0E-01 ± 0,4	1,7E+00 ± 0,4
	2,1E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,2	8,4E-01 ± 0,6	6,1E-01 ± 0,6	4,4E-01 ± 0,1	4,0E-01 ± 0,5	8,4E-02 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,2	3,4E-01 ± 0,1
Pele	1,7E-01 ± 0,1	6,2E-01 ± 0,2	2,3E-01 ± 0,2	7,5E-01 ± 0,2	7,3E-01 ± 1,7	6,9E-01 ± 0,2	3,1E-01 ± 0,3	2,4E-01 ± 0,1	4,7E-01 ± 0,0
	2,2E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	8,0E-02 ± 0,1	1,4E-01 ± 0,1	9,6E-02 ± 0,5	1,1E-01 ± 0,1	4,0E-02 ± 0,2	1,8E-02 ± 0,0	6,6E-02 ± 0,2
Coração	7,2E-02 ± 0,1	7,9E-02 ± 0,2	1,1E-01 ± 0,1	2,1E-01 ± 0,3	1,3E-01 ± 0,2	2,3E-01 ± 0,2	2,9E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1
	2,0E-02 ± 2,0	1,6E-02 ± 0,1	5,2E-02 ± 0,2	1,2E-01 ± 0,2	4,2E-02 ± 0,1	7,7E-02 ± 0,1	8,2E-03 ± 0,0	4,3E-03 ± 0,0	4,2E-02 ± 2,0
Demais tecidos	9,4E-01 ± 0,8	1,1E+00 ± 1,9	1,2E+00 ± 2,7	2,8E+00 ± 3,4	1,9E-06 ± 0,0	3,0E+00 ± 3,5	4,9E-01 ± 1,4	4,0E-01 ± 1,1	1,2E+00 ± 2,0
	1,6E-01 ± 0,3	1,7E-01 ± 0,7	5,2E-01 ± 1,7	1,8E+00 ± 2,5	5,5E-07 ± 0,0	1,0E+00 ± 1,9	1,1E-01 ± 0,6	5,8E-02 ± 0,4	4,9E-01 ± 1,1
E/PKA	2,4E-01 ± 0,3	3,4E-01 ± 0,2	3,2E-01 ± 0,3	6,9E-01 ± 0,4	3,3E-01 ± 0,1	7,3E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,2	1,4E-01 ± 0,1	3,7E-01 ± 0,3
	4,0E-02 ± 0,1	3,9E-02 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,2	3,7E-01 ± 0,3	6,4E-02 ± 0,1	2,3E-01 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1
Hp(10)/PKA - ICRP	1,0E-01 ± 1,0	7,3E-02 ± 1,1	1,9E-01 ± 1,4	3,4E-01 ± 1,0	3,3E-01 ± 0,8	2,9E-01 ± 1,3	4,6E-02 ± 0,2	5,3E-02 ± 0,5	1,7E-01 ± 0,7
	3,8E-03 ± 0,2	2,3E-02 ± 0,1	3,9E-02 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,1	2,3E-01 ± 0,1	4,4E-02 ± 0,1	7,2E-03 ± 0,1	5,2E-03 ± 0,1	5,6E-02 ± 0,1
Hp(10)/PKA - Brasil	4,2E-01 ± 1,0	2,6E-01 ± 1,0	3,5E-01 ± 1,3	2,5E+00 ± 1,5	6,3E-01 ± 0,4	1,8E+00 ± 2,3	2,9E-01 ± 0,2	6,9E-02 ± 0,3	7,9E-01 ± 0,8
	6,4E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	4,1E-02 ± 0,1	1,3E+00 ± 0,1	5,6E-01 ± 0,1	6,9E-02 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,1	4,5E-03 ± 0,1	2,6E-01 ± 0,1

ENFERMEIRA

Tabela A.15. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para a enfermeira com tensão aplicada ao tubo de 60 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	7,3E-03 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	6,1E-03 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0
	2,8E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0
Cólon	7,3E-05 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	8,7E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	4,6E-04 ± 0,0	4,0E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	2,9E-04 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0
	6,8E-05 ± 0,0	4,9E-05 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	9,6E-05 ± 0,0	7,2E-05 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0
Pulmão	3,2E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	9,0E-03 ± 0,0	7,3E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0
	1,6E-03 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	8,9E-03 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0	7,7E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	4,1E-03 ± 0,0
Estômago	3,0E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	9,3E-04 ± 0,0	6,8E-04 ± 0,0	8,0E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	6,4E-04 ± 0,0
	1,2E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	4,5E-04 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0	8,6E-06 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0
Mama	4,2E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,1	9,4E-03 ± 0,0	8,4E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1	1,3E-03 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,1	9,7E-03 ± 0,0
	1,4E-03 ± 0,0	2,3E-04 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,1	5,0E-03 ± 0,1	4,4E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	5,1E-04 ± 0,0	6,3E-03 ± 0,0	6,2E-03 ± 0,0
Esôfago	3,3E-03 ± 0,1	1,2E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,2	1,2E-02 ± 0,2	5,9E-03 ± 0,1	9,6E-03 ± 0,2	2,7E-03 ± 0,1	4,2E-03 ± 0,1	6,6E-03 ± 0,1
	1,7E-03 ± 0,1	1,2E-03 ± 0,1	7,7E-03 ± 0,1	6,8E-03 ± 0,5	6,4E-03 ± 0,1	7,6E-04 ± 0,0	8,5E-04 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,1
Fígado	2,7E-04 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	7,2E-04 ± 0,6	6,3E-04 ± 0,0	5,9E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,1	4,7E-04 ± 0,0
	4,4E-05 ± 0,0	1,2E-05 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	9,8E-02 ± 0,0	3,3E-05 ± 0,3	1,5E-04 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0
Tireoide	9,5E-03 ± 0,2	5,8E-03 ± 0,2	6,7E-02 ± 0,6	7,7E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,4	7,3E-02 ± 0,7	1,3E-02 ± 0,2	1,1E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,4
	4,9E-03 ± 0,2	3,3E-03 ± 0,1	5,1E-02 ± 0,5	5,6E-02 ± 0,3	2,5E-02 ± 0,3	7,0E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,2	2,9E-02 ± 0,3
Superfície óssea	1,8E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,1	5,8E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0	4,6E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,0
	7,0E-03 ± 0,0	4,5E-03 ± 0,0	7,7E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	9,7E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0
Cérebro	6,2E-03 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	3,3E-03 ± 0,0	6,8E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0
	2,1E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,1	5,6E-03 ± 0,0	9,4E-02 ± 0,0
G, Salivares	3,5E-02 ± 0,2	1,5E-02 ± 0,1	2,7E-01 ± 0,4	1,3E-01 ± 0,3	7,3E-02 ± 0,3	9,7E-02 ± 0,3	2,1E-02 ± 0,1	2,7E-02 ± 0,0	8,6E-02 ± 0,2
	1,1E-02 ± 0,1	5,2E-03 ± 0,1	1,9E-01 ± 0,3	9,2E-02 ± 0,3	5,3E-02 ± 0,2	2,1E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,2	6,0E-02 ± 0,2
Pele	5,0E-03 ± 0,0	6,1E-03 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0	8,2E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0
	2,0E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	5,2E-03 ± 0,0	8,9E-02 ± 0,0
Coração	1,6E-03 ± 0,0	7,4E-04 ± 0,0	5,6E-03 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,0	4,1E-03 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	3,3E-03 ± 0,0
	5,9E-04 ± 0,0	4,2E-04 ± 0,0	4,7E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	6,4E-04 ± 0,0	9,7E-04 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0
Demais tecidos	1,6E-02 ± 0,2	8,7E-03 ± 0,1	8,8E-02 ± 1,1	4,9E-01 ± 0,6	3,3E-02 ± 0,4	4,2E-02 ± 0,7	8,5E-03 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,4
	7,4E-03 ± 0,1	4,0E-03 ± 0,0	7,1E-02 ± 1,0	3,3E-02 ± 0,5	2,5E-02 ± 0,4	1,3E-02 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,1	9,8E-03 ± 0,2	2,5E-02 ± 0,3
E/PKA	4,8E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,1	3,2E-03 ± 0,0	5,2E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0
	2,0E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	8,2E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,1	2,2E-03 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	7,9E-03 ± 0,0
Hp(10)/PKA - ICRP	1,5E-03 ± 0,1	3,0E-03 ± 0,2	3,6E-02 ± 0,7	5,3E-03 ± 0,3	6,3E-03 ± 0,3	7,1E-03 ± 0,2	2,5E-04 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,3	8,7E-03 ± 0,3
	4,4E-04 ± 0,1	1,9E-05 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,1	5,5E-03 ± 1,0	2,8E-03 ± 0,5	1,3E-02 ± 0,1	4,4E-04 ± 0,1	8,4E-03 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,3
Hp(10)/PKA - Brasil	4,3E-03 ± 0,1	4,0E-03 ± 0,1	7,1E-03 ± 0,2	8,0E-03 ± 0,2	3,3E-03 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,3	2,0E-03 ± 0,1	1,5E-03 ± 0,1	5,6E-03 ± 0,1
	1,3E-04 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,1	5,0E-03 ± 0,1	5,1E-03 ± 0,1	1,7E-03 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,2	2,2E-03 ± 0,1	8,9E-04 ± 0,1	4,0E-03 ± 0,1

Tabela A.16. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv}/\text{Gy}, \text{cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para a enfermeira com tensão aplicada ao tubo de 70 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	1,1E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	5,4E-02 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	9,2E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0
	4,7E-03 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	4,6E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	7,0E-03 ± 0,0	8,9E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0
Cólon	1,1E-04 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	7,8E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0	4,7E-04 ± 0,0
	5,5E-05 ± 0,0	5,2E-05 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	5,3E-04 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0
Pulmão	5,5E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	4,4E-03 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,0
	2,6E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,0	8,3E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	4,1E-03 ± 0,0	6,6E-03 ± 0,0
Estômago	4,6E-04 ± 0,0	8,5E-04 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0	9,8E-04 ± 0,0
	1,2E-04 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	8,3E-04 ± 0,0	7,4E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	7,6E-04 ± 0,0
Mama	5,6E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	2,3E-03 ± 0,0	9,6E-03 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,1
	2,4E-03 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,1	8,9E-03 ± 0,1	9,5E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	1,5E-03 ± 0,0	8,8E-03 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,1
Esôfago	2,9E-03 ± 0,1	2,6E-03 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,2	1,6E-02 ± 0,2	1,1E-02 ± 0,2	1,7E-02 ± 0,2	4,6E-03 ± 0,1	2,2E-03 ± 0,1	8,6E-03 ± 0,1
	1,3E-03 ± 0,1	1,7E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,2	1,2E-02 ± 0,2	7,5E-03 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,2	4,0E-03 ± 0,1	2,2E-03 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,1
Fígado	4,9E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	9,1E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	7,7E-04 ± 0,0
	1,8E-04 ± 0,0	4,9E-05 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	5,7E-04 ± 0,0	4,7E-04 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	7,4E-05 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	4,7E-04 ± 0,0
Tireoide	2,5E-02 ± 0,4	1,6E-02 ± 0,3	9,3E-02 ± 0,7	1,1E-01 ± 0,8	4,4E-02 ± 0,5	1,3E-01 ± 0,9	1,8E-02 ± 0,3	1,4E-02 ± 0,3	5,6E-02 ± 0,5
	1,2E-02 ± 0,3	1,1E-02 ± 0,2	7,8E-02 ± 0,6	9,3E-02 ± 0,7	3,6E-02 ± 0,4	1,3E-01 ± 0,9	1,7E-02 ± 0,3	1,2E-02 ± 0,2	4,8E-02 ± 0,5
Superfície óssea	2,7E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	8,5E-02 ± 0,1	8,0E-02 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0
	1,1E-02 ± 0,0	8,1E-03 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	5,6E-02 ± 0,0	6,2E-02 ± 0,0	7,4E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,3
Cérebro	9,4E-03 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,1	5,1E-02 ± 0,1	2,7E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,1	5,4E-03 ± 0,0	9,2E-03 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,1
	3,4E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,1	4,3E-02 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	7,9E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0
G, Salivares	4,3E-02 ± 0,2	2,4E-02 ± 0,5	3,3E-01 ± 0,5	1,5E-01 ± 0,4	1,1E-01 ± 0,3	1,8E-01 ± 0,4	2,9E-02 ± 0,1	4,0E-02 ± 0,2	1,1E-01 ± 0,3
	1,4E-02 ± 0,1	3,5E-03 ± 0,5	2,7E-01 ± 0,5	2,4E-02 ± 0,1	2,6E-02 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,1	7,0E-03 ± 0,0	8,9E-03 ± 0,1	4,8E-02 ± 0,1
Pele	7,4E-03 ± 0,0	9,9E-03 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	6,4E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0
	3,3E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	4,7E-03 ± 0,0	7,5E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,5
Coração	3,0E-03 ± 0,0	9,9E-04 ± 0,1	9,0E-03 ± 0,1	8,1E-03 ± 0,1	6,5E-03 ± 0,0	8,6E-03 ± 0,1	9,3E-04 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,0
	1,2E-03 ± 0,0	5,3E-04 ± 0,1	8,1E-03 ± 0,1	4,0E-03 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	6,6E-03 ± 0,1	9,4E-04 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0
Demais tecidos	2,0E-02 ± 0,2	1,3E-02 ± 0,1	1,3E-01 ± 1,2	6,8E-02 ± 0,5	5,6E-02 ± 0,6	8,9E-02 ± 0,9	1,2E-02 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,2	5,1E-02 ± 0,5
	7,5E-03 ± 0,1	6,6E-03 ± 0,1	1,1E-01 ± 1,0	4,8E-02 ± 0,3	4,5E-02 ± 0,5	7,1E-02 ± 0,9	1,1E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,2	4,0E-02 ± 0,4
E/PKA	6,9E-03 ± 0,2	5,2E-03 ± 0,1	3,8E-02 ± 0,2	2,4E-02 ± 0,2	1,8E-02 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,1	4,7E-03 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1
	2,9E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,1	3,7E-03 ± 0,0	5,5E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0
Hp(10)/PKA - ICRP	1,8E-03 ± 0,3	3,3E-03 ± 0,2	6,1E-02 ± 1,0	6,1E-03 ± 0,2	6,8E-03 ± 0,3	1,4E-02 ± 0,4	1,0E-03 ± 0,2	1,1E-02 ± 0,5	1,2E-02 ± 0,4
	7,7E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	4,8E-02 ± 1,0	5,5E-03 ± 0,2	3,5E-03 ± 0,2	1,3E-02 ± 0,4	9,7E-04 ± 0,1	8,7E-03 ± 0,4	1,0E-02 ± 0,3
Hp(10)/PKA - Brasil	5,9E-03 ± 0,3	4,4E-03 ± 0,3	9,7E-03 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,3	7,1E-03 ± 0,3	1,8E-02 ± 0,3	5,1E-03 ± 0,3	3,2E-03 ± 0,3	9,1E-03 ± 0,3
	1,0E-03 ± 0,3	2,7E-04 ± 0,3	5,3E-03 ± 0,3	1,1E-02 ± 0,3	3,5E-03 ± 0,3	1,4E-02 ± 0,3	2,5E-03 ± 0,3	2,3E-03 ± 0,3	5,0E-03 ± 0,3

Tabela A.17. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv}/\text{Gy}, \text{cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para a enfermeira com tensão aplicada ao tubo de 80 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	1,5E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	6,6E-02 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,0	5,6E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0
	6,5E-03 ± 0,0	5,4E-03 ± 0,0	5,6E-02 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	9,4E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0
Cólon	2,0E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	5,3E-04 ± 0,0
	1,4E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	4,9E-04 ± 0,0	5,8E-04 ± 0,0	7,0E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0
Pulmão	7,4E-03 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	4,3E-03 ± 0,0	5,6E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0
	3,7E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	8,9E-03 ± 0,0
Estômago	5,0E-04 ± 0,0	4,9E-04 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0
	1,0E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	9,9E-04 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0	9,8E-04 ± 0,0
Mama	6,4E-03 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,1	3,4E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1
	2,3E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	2,0E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,1
Esôfago	4,2E-03 ± 0,1	2,7E-03 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,2	1,9E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,2	2,5E-02 ± 0,3	5,1E-03 ± 0,1	5,2E-03 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,2
	2,7E-03 ± 0,1	2,1E-03 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,2	8,2E-03 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,3	4,8E-03 ± 0,1	5,0E-03 ± 0,1	9,8E-03 ± 0,2
Fígado	5,9E-04 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,2	1,5E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	2,4E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0
	2,3E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	8,4E-04 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	4,0E-04 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0
Tireoide	3,1E-02 ± 0,4	1,9E-02 ± 0,3	1,2E-01 ± 0,8	1,3E-01 ± 0,9	4,9E-02 ± 0,5	1,6E-01 ± 1,0	2,6E-02 ± 0,4	1,7E-02 ± 0,0	6,8E-02 ± 0,6
	1,7E-02 ± 0,3	1,2E-02 ± 0,3	8,8E-02 ± 0,7	1,1E-01 ± 0,8	4,1E-02 ± 0,5	1,5E-01 ± 1,0	2,4E-02 ± 0,4	1,6E-02 ± 0,3	5,7E-02 ± 0,5
Superfície óssea	3,6E-02 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,3	8,2E-02 ± 0,1
	1,6E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,1	7,4E-02 ± 0,1	8,2E-02 ± 0,1	9,6E-02 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,1
Cérebro	1,4E-02 ± 0,0	8,9E-03 ± 0,0	6,2E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,1	4,2E-02 ± 0,1	6,7E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0
	5,2E-03 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,1	4,9E-03 ± 0,0	9,5E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0
G. Salivares	5,7E-02 ± 0,3	4,4E-02 ± 0,2	3,8E-01 ± 0,6	2,0E-01 ± 0,4	1,5E-01 ± 0,4	2,3E-01 ± 0,5	3,9E-02 ± 0,2	4,4E-02 ± 0,2	1,4E-01 ± 0,3
	2,2E-02 ± 0,2	2,6E-02 ± 0,1	3,2E-01 ± 0,5	1,5E-01 ± 0,4	1,3E-01 ± 0,3	1,9E-01 ± 0,5	3,2E-02 ± 0,2	3,7E-02 ± 0,2	1,1E-01 ± 0,3
Pele	9,5E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	4,8E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	8,4E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0
	4,1E-03 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	6,2E-03 ± 0,0	9,0E-03 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0
Coração	4,4E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	8,9E-03 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	1,7E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	7,0E-03 ± 0,1
	2,0E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1	5,8E-03 ± 0,0	6,2E-03 ± 0,1	9,9E-03 ± 0,1	1,1E-03 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0
Demais tecidos	3,3E-02 ± 0,4	2,3E-02 ± 0,3	1,4E-01 ± 1,4	1,0E-01 ± 1,3	7,7E-02 ± 0,6	1,1E-01 ± 1,5	2,0E-02 ± 0,3	2,6E-02 ± 0,3	6,6E-02 ± 0,7
	1,6E-02 ± 0,2	9,0E-03 ± 0,1	1,2E-01 ± 1,2	6,3E-02 ± 0,9	6,0E-02 ± 0,6	8,8E-02 ± 1,2	1,7E-02 ± 0,3	1,9E-02 ± 0,3	4,9E-02 ± 0,6
E/PKA	9,9E-03 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,2	3,2E-02 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,2	6,8E-03 ± 0,0	9,0E-03 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,1
	4,6E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,1	5,5E-03 ± 0,0	7,1E-03 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,1
Hp(10)/PKA - ICRP	2,0E-03 ± 0,1	8,4E-03 ± 0,4	7,2E-02 ± 1,2	2,0E-02 ± 0,6	1,8E-02 ± 0,6	2,1E-02 ± 0,6	1,2E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,5	1,9E-02 ± 0,5
	8,4E-04 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	7,1E-02 ± 1,2	1,3E-02 ± 0,4	1,4E-02 ± 0,5	1,8E-02 ± 0,5	1,1E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,5	1,6E-02 ± 0,4
Hp(10)/PKA - Brasil	6,8E-03 ± 0,2	5,0E-03 ± 0,2	9,9E-03 ± 0,2	2,0E-02 ± 0,3	9,5E-03 ± 0,2	1,8E-02 ± 0,3	6,1E-03 ± 0,2	4,2E-03 ± 0,1	9,9E-03 ± 0,2
	1,4E-03 ± 0,1	3,3E-03 ± 0,1	8,0E-03 ± 0,2	1,7E-02 ± 0,3	3,6E-03 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,3	4,4E-03 ± 0,1	2,4E-03 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,2

Tabela A.18. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy,cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para a enfermeira com tensão aplicada ao tubo de 90 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	1,9E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	7,6E-02 ± 0,0	5,6E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	6,7E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0
	8,5E-03 ± 0,0	6,8E-03 ± 0,0	6,5E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0
Cólon	2,3E-04 ± 0,0	5,9E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	7,2E-04 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0
	1,5E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	5,9E-04 ± 0,0
Pulmão	9,2E-03 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,1	5,6E-03 ± 0,0	5,6E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0
	4,7E-03 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,1	4,4E-03 ± 0,0	6,1E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0
Estômago	9,6E-04 ± 0,0	7,8E-04 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,1	2,3E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,1	4,8E-04 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0
	4,1E-04 ± 0,0	4,5E-04 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0	7,6E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0
Mama	9,6E-03 ± 0,1	6,7E-03 ± 0,0	5,9E-02 ± 0,1	2,6E-02 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,1	2,7E-02 ± 0,1	3,8E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,1
	4,0E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,1	2,7E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1
Esôfago	9,8E-03 ± 0,2	3,0E-03 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,2	2,9E-02 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,2	3,1E-02 ± 0,3	7,8E-03 ± 0,2	5,2E-03 ± 0,1	1,6E-04 ± 0,2
	5,0E-03 ± 0,1	2,2E-03 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,2	2,1E-02 ± 0,3	1,2E-02 ± 0,2	2,8E-02 ± 0,3	6,4E-03 ± 0,1	6,1E-03 ± 0,1	9,1E-06 ± 0,2
Fígado	8,3E-04 ± 0,0	5,4E-04 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0
	2,5E-04 ± 0,0	2,3E-04 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0
Tireoide	3,8E-02 ± 0,5	1,7E-02 ± 0,3	1,4E-01 ± 1,0	1,7E-01 ± 1,0	6,8E-02 ± 0,7	1,8E-01 ± 1,1	2,5E-02 ± 0,4	1,7E-02 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,7
	2,4E-02 ± 0,4	1,3E-02 ± 0,3	1,2E-01 ± 0,9	1,4E-01 ± 0,9	5,5E-02 ± 0,6	1,6E-01 ± 1,0	2,3E-02 ± 0,4	2,4E-02 ± 0,4	1,2E-02 ± 0,6
Superfície óssea	4,4E-02 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,1	3,5E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,1
	2,0E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,1	8,7E-02 ± 0,1	1,0E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	2,6E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	9,4E-04 ± 0,0
Cérebro	1,7E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	7,1E-02 ± 0,1	4,5E-02 ± 0,1	4,5E-02 ± 0,1	5,1E-02 ± 0,1	9,4E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	8,2E-02 ± 0,1
	6,8E-03 ± 0,0	4,4E-03 ± 0,0	6,0E-02 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	7,0E-02 ± 0,0
G, Salivares	5,8E-02 ± 0,3	6,8E-02 ± 0,2	4,2E-01 ± 0,6	2,2E-01 ± 0,5	1,6E-01 ± 0,4	2,7E-01 ± 0,6	5,4E-02 ± 0,2	4,4E-02 ± 0,2	9,6E-02 ± 0,4
	2,9E-02 ± 0,1	3,3E-02 ± 0,1	3,6E-01 ± 0,6	1,7E-01 ± 0,4	1,4E-01 ± 0,4	2,1E-01 ± 0,5	4,3E-02 ± 0,2	5,2E-02 ± 0,2	6,9E-02 ± 0,3
Pele	1,2E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0
	5,2E-03 ± 0,0	4,3E-03 ± 0,0	4,8E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0	7,8E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0
Coração	6,2E-03 ± 0,1	3,0E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,1	2,5E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,1
	2,7E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,1	7,4E-03 ± 0,1	7,8E-03 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	1,6E-03 ± 0,0	3,6E-03 ± 0,0	1,3E-01 ± 0,0
Demais tecidos	3,8E-02 ± 0,4	2,9E-02 ± 0,3	1,6E-01 ± 2,1	1,1E-01 ± 1,5	9,2E-02 ± 0,9	1,3E-01 ± 1,7	1,8E-02 ± 0,3	2,6E-02 ± 0,3	2,8E-02 ± 0,9
	1,6E-02 ± 0,2	1,2E-02 ± 0,1	1,4E-01 ± 1,8	7,7E-02 ± 1,1	7,3E-02 ± 0,7	1,0E-01 ± 1,5	1,3E-02 ± 0,2	2,6E-02 ± 0,4	2,0E-02 ± 0,8
E/PKA	1,2E-02 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,2	3,8E-02 ± 0,2	2,9E-02 ± 0,1	4,2E-02 ± 0,1	7,5E-03 ± 0,0	9,0E-03 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,1
	5,7E-03 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,2	2,6E-02 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,2	5,8E-03 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,4
Hp(10)/PKA - ICRP	8,4E-03 ± 0,4	1,3E-02 ± 0,5	8,1E-02 ± 1,4	2,1E-02 ± 0,5	3,2E-02 ± 0,8	3,5E-02 ± 0,8	1,5E-03 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,4	2,5E-02 ± 0,6
	3,2E-03 ± 0,3	4,6E-03 ± 0,3	7,3E-02 ± 1,3	1,4E-02 ± 0,4	1,5E-02 ± 0,4	2,0E-02 ± 0,6	1,2E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,3	1,8E-02 ± 0,4
Hp(10)/PKA - Brasil	9,6E-03 ± 0,2	8,4E-03 ± 0,2	1,5E-02 ± 0,3	2,3E-02 ± 0,3	1,2E-02 ± 0,2	2,3E-02 ± 0,4	6,6E-03 ± 0,1	4,3E-03 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,2
	3,7E-03 ± 0,1	2,9E-03 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,2	1,8E-02 ± 0,3	1,8E-02 ± 0,3	1,9E-02 ± 0,3	5,0E-03 ± 0,1	2,4E-03 ± 0,1	9,6E-03 ± 0,2

Tabela A.19. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy.cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para a enfermeira com tensão aplicada ao tubo de 100 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	2,1E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	8,3E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0	6,1E-02 ± 0,0	7,8E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	4,7E-02 ± 0,0
	9,6E-03 ± 0,0	8,6E-03 ± 0,0	7,2E-02 ± 0,0	4,2E-02 ± 0,0	4,8E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0
Cólon	8,5E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	7,4E-04 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0
	8,3E-05 ± 0,0	2,3E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	8,8E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	3,7E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0
Pulmão	1,2E-02 ± 0,0	4,7E-03 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	7,9E-03 ± 0,0	9,6E-03 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0
	5,5E-03 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	6,4E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0
Estômago	2,7E-24 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,1	3,4E-03 ± 0,1	2,7E-03 ± 0,0	1,9E-14 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0
	3,1E-04 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,1	1,9E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,1	6,5E-04 ± 0,1	6,5E-04 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0
Mama	1,1E-02 ± 0,4	8,6E-03 ± 0,1	6,5E-02 ± 0,3	3,0E-02 ± 0,3	2,0E-02 ± 0,2	3,0E-02 ± 0,1	5,6E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,2
	3,7E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,2	3,5E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1
Esôfago	6,7E-03 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,1	5,6E-03 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,1
	3,3E-03 ± 0,1	3,3E-03 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,3	2,2E-02 ± 0,3	1,4E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	6,9E-03 ± 0,1	5,6E-03 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,2
Fígado	6,6E-04 ± 0,0	9,5E-04 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,1	4,5E-04 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0
	3,5E-04 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,1	1,4E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,6	3,8E-04 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0
Tireoide	3,0E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 1,0	2,0E-01 ± 0,1	4,8E-02 ± 0,1	1,9E-01 ± 0,1	5,2E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	9,2E-02 ± 0,1
	2,4E-02 ± 0,4	2,2E-02 ± 0,4	1,4E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 1,0	6,0E-02 ± 0,2	1,8E-01 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,4	2,7E-02 ± 0,4	7,7E-02 ± 0,7
Superfície óssea	5,2E-02 ± 0,0	6,3E-02 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	1,5E-01 ± 0,0	1,4E-01 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0
	2,3E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,1	9,9E-02 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,6	1,3E-01 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	7,8E-02 ± 0,1
Cérebro	1,9E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	7,9E-02 ± 0,0	5,3E-02 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,1	5,5E-02 ± 0,0	8,8E-03 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0
	8,0E-03 ± 0,0	5,4E-03 ± 0,0	6,7E-02 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,1	3,9E-02 ± 0,1	4,1E-02 ± 0,1	7,8E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0
G, Salivares	1,3E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,1	4,4E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	3,1E-01 ± 0,0	3,6E-02 ± 0,0	8,6E-02 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0
	4,0E-02 ± 0,2	2,5E-02 ± 0,0	4,1E-01 ± 0,6	2,0E-01 ± 0,5	1,7E-01 ± 0,5	2,5E-01 ± 0,5	4,1E-02 ± 0,2	5,7E-02 ± 0,3	1,5E-01 ± 0,4
Pele	1,4E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	5,9E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0
	6,0E-03 ± 0,0	5,2E-03 ± 0,0	5,1E-02 ± 0,0	2,8E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0	8,4E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0
Coração	7,4E-03 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0	4,1E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0
	3,2E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,1	7,9E-03 ± 0,1	9,0E-03 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	1,7E-03 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	7,2E-03 ± 0,1
Demais tecidos	3,3E-02 ± 1,2	2,6E-02 ± 0,3	1,9E-01 ± 0,6	1,3E-01 ± 1,3	7,1E-02 ± 0,9	1,6E-01 ± 0,9	3,5E-02 ± 0,2	1,7E-02 ± 0,2	8,3E-02 ± 0,8
	2,1E-02 ± 0,3	1,6E-02 ± 0,2	1,4E-01 ± 1,7	8,0E-02 ± 0,7	8,2E-02 ± 1,2	1,3E-01 ± 1,2	2,0E-02 ± 0,3	3,0E-02 ± 0,3	6,5E-02 ± 0,8
E/PKA	1,3E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	5,9E-02 ± 0,2	4,4E-02 ± 0,2	2,8E-02 ± 0,2	5,0E-02 ± 0,2	1,1E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	2,8E-02 ± 0,2
	6,5E-03 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	4,8E-02 ± 0,2	2,9E-02 ± 0,1	2,6E-02 ± 0,1	4,0E-02 ± 0,1	7,1E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,1
Hp(10)/PKA - ICRP	7,8E-02 ± 0,4	2,2E-02 ± 0,1	1,2E-01 ± 1,5	3,0E-02 ± 0,2	3,2E-02 ± 0,8	3,7E-02 ± 0,7	2,5E-03 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,4	4,3E-02 ± 0,4
	2,0E-02 ± 0,7	4,8E-03 ± 0,0	7,7E-02 ± 1,0	1,7E-02 ± 0,2	1,9E-02 ± 0,5	2,4E-02 ± 0,5	1,9E-03 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,5	2,2E-02 ± 0,4
Hp(10)/PKA - Brasil	9,9E-03 ± 0,2	8,8E-02 ± 0,2	1,7E-02 ± 0,3	2,7E-02 ± 0,4	3,2E-02 ± 0,2	3,1E-02 ± 0,7	8,6E-03 ± 0,1	5,3E-03 ± 0,2	2,7E-02 ± 0,2
	3,9E-03 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,3	2,0E-02 ± 0,3	1,0E-02 ± 0,2	2,5E-02 ± 0,4	7,0E-03 ± 0,1	4,1E-03 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,2

Tabela A.20. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy,cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para a enfermeira com tensão aplicada ao tubo de 110 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	2,4E-02 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0	7,0E-02 ± 0,0	7,0E-02 ± 0,0	8,4E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	5,2E-02 ± 0,0
	1,1E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	7,8E-02 ± 0,0	4,6E-02 ± 0,0	5,4E-02 ± 0,0	6,3E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0
Cólon	4,7E-04 ± 0,0	7,2E-04 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	6,2E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0
	2,2E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	8,6E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	9,3E-04 ± 0,0
Pulmão	1,2E-02 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,1	2,8E-02 ± 0,1	3,2E-02 ± 0,1	6,5E-03 ± 0,0	8,3E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0
	5,9E-03 ± 0,0	3,3E-03 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,1	5,1E-03 ± 0,0	7,3E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0
Estômago	1,1E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	5,1E-03 ± 0,1	2,9E-03 ± 0,0	3,6E-03 ± 0,1	4,7E-03 ± 0,1	6,3E-04 ± 0,0	6,2E-04 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,1
	5,5E-04 ± 0,0	9,4E-04 ± 0,0	5,2E-03 ± 0,1	2,2E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,1	4,6E-04 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,1
Mama	1,2E-02 ± 0,1	9,0E-03 ± 0,1	6,4E-02 ± 0,2	3,3E-02 ± 0,1	2,8E-02 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,1	5,7E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,1	2,5E-02 ± 0,1
	5,2E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	5,8E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,1	3,6E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,0
Esôfago	9,5E-03 ± 0,2	5,8E-03 ± 0,2	3,0E-02 ± 0,3	3,6E-02 ± 0,3	2,3E-02 ± 0,3	3,6E-02 ± 0,4	5,8E-03 ± 0,1	6,7E-03 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,2
	5,7E-03 ± 0,1	3,1E-03 ± 0,1	2,4E-02 ± 0,3	2,6E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,2	3,3E-02 ± 0,3	4,9E-03 ± 0,1	6,7E-03 ± 0,1	1,5E-02 ± 0,2
Fígado	1,3E-03 ± 0,0	9,6E-04 ± 0,0	3,3E-03 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	5,7E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0
	4,3E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	4,0E-04 ± 0,0	5,7E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,8
Tireoide	2,9E-02 ± 0,4	3,4E-02 ± 0,5	1,7E-01 ± 1,1	1,8E-01 ± 1,1	6,8E-02 ± 0,7	2,1E-01 ± 1,3	2,6E-02 ± 0,4	4,0E-02 ± 0,5	9,4E-02 ± 0,7
	2,1E-02 ± 0,4	2,2E-02 ± 0,4	1,4E-01 ± 1,0	1,5E-01 ± 1,0	5,1E-02 ± 0,6	1,9E-01 ± 1,2	2,4E-02 ± 0,4	3,7E-02 ± 0,5	7,9E-02 ± 0,1
Superfície óssea	5,5E-02 ± 0,0	7,2E-02 ± 0,1	2,1E-01 ± 0,1	1,6E-01 ± 0,1	1,6E-01 ± 0,1	1,9E-01 ± 0,1	4,4E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,1
	2,5E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	1,8E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	1,4E-01 ± 0,1	3,2E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0	8,5E-02 ± 0,1
Cérebro	2,2E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	8,4E-02 ± 0,1	5,6E-02 ± 0,1	5,7E-02 ± 0,1	6,3E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,1
	9,3E-03 ± 0,0	6,3E-03 ± 0,0	7,2E-02 ± 0,1	3,7E-02 ± 0,1	4,3E-02 ± 0,1	4,6E-02 ± 0,1	8,9E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,4
G. Salivares	8,2E-02 ± 0,3	9,1E-02 ± 0,3	4,8E-01 ± 0,7	2,9E-01 ± 0,6	2,0E-01 ± 0,5	3,6E-01 ± 0,6	6,0E-02 ± 0,2	7,5E-02 ± 0,3	2,0E-01 ± 0,4
	3,7E-02 ± 0,2	4,5E-02 ± 0,2	4,3E-01 ± 0,7	2,2E-01 ± 0,5	1,7E-01 ± 0,5	2,8E-01 ± 0,5	4,9E-02 ± 0,2	6,2E-02 ± 0,2	1,6E-01 ± 0,0
Pele	1,5E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	6,2E-02 ± 0,1	4,6E-02 ± 0,1	4,5E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0
	6,8E-03 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,0	5,4E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	4,0E-02 ± 0,0	9,0E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,1
Coração	7,6E-03 ± 0,1	4,0E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	3,3E-03 ± 0,0	4,6E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,1
	3,6E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,1	9,0E-03 ± 0,1	1,6E-02 ± 1,4	2,0E-03 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0	7,9E-03 ± 0,1
Demais tecidos	4,2E-02 ± 0,3	4,2E-02 ± 0,4	1,9E-01 ± 2,4	1,3E-01 ± 1,8	1,1E-01 ± 1,5	1,8E-01 ± 1,5	2,6E-02 ± 0,3	3,6E-02 ± 0,4	9,5E-02 ± 0,7
	2,2E-02 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	1,6E-01 ± 1,8	8,3E-02 ± 0,9	8,7E-02 ± 0,6	1,5E-01 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,2	2,4E-02 ± 0,3	7,0E-02 ± 0,2
E/PKA	1,4E-02 ± 0,2	1,5E-02 ± 0,2	6,1E-02 ± 0,3	4,5E-02 ± 0,4	3,7E-02 ± 0,1	5,6E-02 ± 0,4	9,5E-03 ± 0,1	1,4E-02 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,2
	7,1E-03 ± 0,1	5,5E-03 ± 0,1	5,2E-02 ± 0,2	3,1E-02 ± 0,3	2,8E-02 ± 0,1	4,5E-02 ± 0,2	7,5E-03 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,1
Hp(10)/PKA - ICRP	7,9E-02 ± 0,2	2,7E-02 ± 0,1	1,6E-01 ± 0,8	3,5E-02 ± 0,2	3,6E-02 ± 0,7	4,0E-02 ± 0,8	3,5E-03 ± 0,2	2,7E-02 ± 0,5	5,1E-02 ± 0,4
	2,5E-02 ± 0,2	5,8E-03 ± 0,1	8,2E-02 ± 1,1	2,3E-02 ± 0,2	2,5E-02 ± 0,5	2,9E-02 ± 0,6	2,4E-03 ± 0,3	1,8E-02 ± 0,5	2,6E-02 ± 0,4
Hp(10)/PKA – Brasil	1,0E-02 ± 0,3	9,8E-02 ± 0,3	2,0E-02 ± 0,4	2,9E-02 ± 0,5	3,7E-02 ± 0,3	3,7E-02 ± 0,4	8,9E-03 ± 0,1	5,8E-03 ± 0,3	3,1E-02 ± 0,3
	4,9E-03 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,2	1,7E-02 ± 0,4	2,5E-02 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,4	7,3E-03 ± 0,1	4,6E-03 ± 0,2	1,5E-02 ± 0,2

Tabela A.21. CCs para H, E e Hp(10) normalizados pelo PKA em $\mu\text{Sv/Gy,cm}^2$ e incertezas estatísticas em % para a enfermeira com tensão aplicada ao tubo de 120 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Medula vermelha	2,6E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0	9,4E-02 ± 0,0	7,5E-02 ± 0,0	7,4E-02 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,0
	1,2E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	8,2E-02 ± 0,0	5,0E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,0	6,7E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	3,9E-02 ± 0,0
Cólon	4,8E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	5,9E-04 ± 0,0	5,2E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0
	3,3E-04 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0
Pulmão	1,2E-02 ± 0,0	8,5E-03 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,1	3,2E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	3,6E-02 ± 0,1	7,0E-03 ± 0,0	8,7E-03 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,1
	6,3E-03 ± 0,0	4,4E-03 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,1	2,9E-02 ± 0,1	5,3E-03 ± 0,0	7,6E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0
Estômago	1,3E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,1	6,9E-03 ± 0,1	3,7E-03 ± 0,1	2,7E-03 ± 0,0	5,2E-03 ± 0,1	7,1E-04 ± 0,0	9,0E-04 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,1
	5,3E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	7,3E-03 ± 0,1	2,5E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	3,2E-03 ± 0,1	6,8E-04 ± 0,0	7,3E-04 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0
Mama	1,3E-02 ± 0,1	1,0E-02 ± 0,1	6,8E-02 ± 0,2	3,4E-02 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,1	3,3E-02 ± 0,1	6,5E-03 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,1	2,7E-02 ± 0,1
	5,7E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	6,1E-02 ± 0,2	2,0E-02 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,1	2,3E-02 ± 0,1	4,6E-03 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,1
Esôfago	9,5E-03 ± 0,2	5,8E-03 ± 0,1	2,2E-02 ± 0,3	3,3E-02 ± 0,3	2,0E-02 ± 0,3	3,8E-02 ± 0,4	8,3E-03 ± 0,2	1,4E-02 ± 0,2	1,9E-02 ± 0,2
	6,2E-03 ± 0,1	3,1E-03 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,3	2,5E-02 ± 0,3	1,5E-02 ± 0,2	3,1E-02 ± 0,3	6,6E-03 ± 0,2	1,3E-02 ± 0,2	1,5E-02 ± 0,2
Fígado	1,5E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	4,7E-03 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	7,6E-04 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0
	5,1E-04 ± 0,0	6,7E-04 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0
Tireoide	4,9E-02 ± 0,6	4,0E-02 ± 0,5	1,9E-01 ± 1,2	1,7E-01 ± 1,1	8,7E-02 ± 0,8	2,1E-01 ± 1,3	3,0E-02 ± 0,5	3,7E-02 ± 0,5	1,0E-01 ± 0,8
	3,5E-02 ± 0,5	2,6E-02 ± 0,4	1,5E-01 ± 1,0	1,5E-01 ± 1,1	6,9E-02 ± 0,7	1,8E-01 ± 1,2	2,6E-02 ± 0,4	3,4E-02 ± 0,5	8,4E-02 ± 0,7
Superfície óssea	5,9E-02 ± 0,1	7,9E-02 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,1	1,7E-01 ± 0,1	1,7E-01 ± 0,1	2,0E-01 ± 0,1	4,5E-02 ± 0,0	6,1E-02 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1
	2,8E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	1,9E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	1,5E-01 ± 0,1	3,4E-02 ± 0,0	4,1E-02 ± 0,0	9,0E-02 ± 0,1
Cérebro	2,3E-02 ± 0,1	1,9E-02 ± 0,0	8,7E-02 ± 0,1	6,1E-02 ± 0,1	6,1E-02 ± 0,1	6,9E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0	4,4E-02 ± 0,1
	9,7E-03 ± 0,0	7,7E-03 ± 0,0	7,5E-02 ± 0,1	4,0E-02 ± 0,1	4,6E-02 ± 0,1	5,0E-02 ± 0,1	9,6E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,1
G, Salivares	9,1E-02 ± 0,3	8,8E-02 ± 0,3	5,1E-01 ± 0,7	2,9E-01 ± 0,6	2,3E-01 ± 0,5	3,4E-01 ± 0,6	6,5E-02 ± 0,2	8,1E-02 ± 0,3	2,1E-01 ± 0,5
	4,4E-02 ± 0,0	4,5E-02 ± 0,2	4,6E-01 ± 0,7	2,2E-01 ± 0,5	2,0E-01 ± 0,5	2,8E-01 ± 0,6	5,7E-02 ± 0,2	6,6E-02 ± 0,3	1,7E-01 ± 0,4
Pele	1,7E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,1	4,8E-02 ± 0,0	4,8E-02 ± 0,0	5,7E-02 ± 0,1	1,3E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	3,7E-02 ± 0,0
	7,6E-03 ± 0,1	7,4E-03 ± 0,0	5,6E-02 ± 0,1	3,1E-02 ± 0,0	3,8E-02 ± 0,0	4,3E-02 ± 0,0	9,4E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0
Coração	8,2E-03 ± 0,1	4,8E-03 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,1	2,0E-02 ± 0,1	1,8E-02 ± 0,1	2,1E-02 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,1
	3,9E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,1	1,1E-02 ± 0,1	1,2E-02 ± 0,1	1,7E-02 ± 0,1	2,2E-03 ± 0,0	4,7E-03 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,1
Demais tecidos	4,8E-02 ± 0,7	4,4E-02 ± 0,3	1,9E-01 ± 1,5	1,6E-01 ± 1,4	1,2E-01 ± 1,5	2,0E-01 ± 2,1	2,8E-02 ± 0,3	4,4E-02 ± 0,3	1,0E-01 ± 1,0
	2,5E-02 ± 0,4	2,1E-02 ± 0,2	1,7E-01 ± 1,5	1,1E-01 ± 1,0	9,0E-02 ± 1,3	1,6E-01 ± 1,9	2,6E-02 ± 0,3	3,3E-02 ± 0,3	7,9E-02 ± 0,8
E/PKA	1,6E-02 ± 0,1	1,6E-02 ± 0,0	6,3E-02 ± 0,2	4,9E-02 ± 0,2	4,0E-02 ± 0,2	5,9E-02 ± 0,2	1,0E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,1
	8,3E-03 ± 0,0	6,9E-03 ± 0,0	5,5E-02 ± 0,2	3,5E-02 ± 0,1	3,0E-02 ± 0,1	4,7E-02 ± 0,1	8,6E-03 ± 0,2	1,2E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,1
Hp(10)/PKA - ICRP	8,4E-02 ± 0,3	3,5E-02 ± 0,2	1,9E-01 ± 0,9	3,9E-02 ± 0,3	3,9E-02 ± 0,8	4,5E-02 ± 0,9	4,3E-03 ± 0,3	3,2E-02 ± 0,6	5,9E-02 ± 0,4
	2,8E-02 ± 0,4	6,8E-03 ± 0,4	9,2E-02 ± 1,0	2,7E-02 ± 0,3	2,9E-02 ± 0,4	3,2E-02 ± 0,5	2,8E-03 ± 0,5	2,5E-02 ± 0,6	3,0E-02 ± 0,4
Hp(10)/PKA - Brasil	1,5E-02 ± 0,2	1,2E-01 ± 0,3	3,0E-02 ± 0,4	3,2E-02 ± 0,3	4,1E-02 ± 0,3	4,1E-02 ± 0,4	9,9E-03 ± 0,3	6,3E-03 ± 0,4	3,7E-02 ± 0,3
	5,3E-03 ± 0,5	2,3E-02 ± 0,4	2,5E-02 ± 0,3	2,9E-02 ± 0,4	1,9E-02 ± 0,2	3,6E-02 ± 0,4	8,2E-03 ± 0,4	4,9E-03 ± 0,4	1,9E-02 ± 0,4

APÊNDICE B

Resultados dos coeficientes de conversão (CCs) para risco de câncer de órgãos (R_{OT}) e risco efetivo (R) normalizados pelo produto kerma-área (PKA) para o paciente, cardiologista e enfermeira.

PACIENTE

Tabela B.1. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o paciente expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensões aplicadas ao tubo de 60 e 70 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
60 keV									
Cólon	1,2E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	5,2E-04 ± 0,0	5,1E-05 ± 0,0	4,7E-05 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0
Pulmão	2,5E-02 ± 0,0	7,9E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0
Estômago	1,7E-03 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	5,3E-04 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	7,2E-03 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	8,8E-05 ± 0,0	5,6E-05 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0
Bexiga	4,9E-06 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	6,0E-06 ± 0,0	6,6E-06 ± 0,0	4,5E-05 ± 0,0	9,3E-06 ± 0,0	4,8E-06 ± 0,0	6,5E-06 ± 0,0	1,2E-05 ± 0,0
Fígado	3,9E-03 ± 0,0	2,3E-04 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	5,9E-05 ± 0,0	8,8E-05 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0
Próstata	1,1E-06 ± 0,0	6,0E-06 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	7,1E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0	3,1E-06 ± 0,0
Outros	1,7E-01 ± 0,0	8,2E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0	3,2E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	1,7E-01 ± 0,0
Leucemia	4,9E-03 ± 0,0	4,3E-03 ± 0,0	6,3E-03 ± 0,0	6,4E-03 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0	8,2E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,0
Tireoide	1,8E-04 ± 0,0	8,0E-05 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	5,3E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	2,8E-05 ± 0,0	3,0E-05 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0
Cânceres sólidos	8,1E-01 ± 0,1	3,1E-01 ± 0,1	7,3E-01 ± 0,1	1,2E+00 ± 0,2	1,1E+00 ± 0,1	9,5E-01 ± 0,1	1,1E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	6,7E-01 ± 0,1
R/PKA	8,2E-01 ± 0,1	3,2E-01 ± 0,1	7,4E+00 ± 0,1	1,2E+00 ± 0,2	1,2E+00 ± 0,1	9,7E-01 ± 0,1	1,2E-01 ± 0,1	1,3E-01 ± 0,1	7,4E-01 ± 0,1
70 keV									
Cólon	2,0E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	2,3E-04 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,0	2,1E-02 ± 0,0	8,0E-04 ± 0,0	8,7E-05 ± 0,0	8,1E-05 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0
Pulmão	2,9E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0
Estômago	2,2E-03 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	8,3E-04 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	9,2E-03 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	9,9E-05 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0
Bexiga	8,8E-06 ± 0,0	3,0E-05 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	8,3E-05 ± 0,0	1,9E-05 ± 0,0	9,9E-06 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0
Fígado	4,7E-03 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	9,8E-05 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0
Próstata	1,9E-06 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	3,7E-06 ± 0,0	3,7E-06 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0	4,4E-06 ± 0,0	6,0E-06 ± 0,0
Outros	2,2E-01 ± 0,0	1,2E-01 ± 0,0	2,2E-01 ± 0,0	3,9E-01 ± 0,1	3,3E-01 ± 0,1	3,3E-01 ± 0,1	4,3E-02 ± 0,0	4,9E-02 ± 0,0	2,1E-01 ± 0,0
Leucemia	5,9E-03 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,0	8,0E-03 ± 0,0	7,6E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	6,3E-03 ± 0,0
Tireoide	2,5E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	7,2E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	4,5E-05 ± 0,0	4,9E-05 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,0E+00 ± 0,1	4,5E-01 ± 0,1	9,4E-01 ± 0,1	1,5E+00 ± 0,2	1,5E+00 ± 0,2	1,2E+00 ± 0,2	1,6E-01 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,1	8,6E-01 ± 0,1
R/PKA	1,0E+00 ± 0,1	4,6E-01 ± 0,1	9,5E-01 ± 0,1	1,5E+00 ± 0,2	1,5E+00 ± 0,2	1,2E+00 ± 0,2	1,6E-01 ± 0,1	1,8E-01 ± 0,1	9,4E-01 ± 0,1

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007),

Tabela B.2. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o paciente expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensões aplicadas ao tubo de 80 e 90 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
80 keV									
Cólon	2,9E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0
Pulmão	3,3E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	4,6E-03 ± 0,0	1,8E-02 ± 0,0
Estômago	2,7E-03 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	6,2E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0	3,6E-03 ± 0,0
Bexiga	1,4E-05 ± 0,0	5,0E-05 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	3,4E-05 ± 0,0	1,7E-05 ± 0,0	2,2E-05 ± 0,0	4,0E-05 ± 0,0
Fígado	5,3E-03 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0
Próstata	3,4E-06 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	6,3E-06 ± 0,0	6,3E-06 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	7,7E-06 ± 0,0	5,4E-06 ± 0,0	7,9E-06 ± 0,0	9,9E-06 ± 0,0
Outros	2,6E-01 ± 0,0	1,6E-01 ± 0,0	2,7E-01 ± 0,0	4,7E-01 ± 0,0	4,1E-01 ± 0,0	4,0E-01 ± 0,0	5,6E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0	2,6E-01 ± 0,0
Leucemia	7,0E-03 ± 0,0	7,8E-03 ± 0,0	9,6E-03 ± 0,0	9,7E-03 ± 0,0	9,3E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	7,7E-03 ± 0,0
Tireoide	3,2E-04 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	2,9E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	6,5E-05 ± 0,0	7,2E-05 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,2E+00 ± 0,1	6,0E-01 ± 0,1	1,2E+00 ± 0,1	1,8E+00 ± 0,2	1,8E+00 ± 0,2	1,5E+00 ± 0,2	2,0E-01 ± 0,1	2,3E-01 ± 0,1	1,1E+00 ± 0,1
R/PKA	1,2E+00 ± 0,1	6,3E-01 ± 0,1	1,2E+00 ± 0,1	1,8E+00 ± 0,2	1,9E+00 ± 0,2	1,5E+00 ± 0,2	2,1E-01 ± 0,1	2,4E-01 ± 0,1	1,2E+00 ± 0,1
90 keV									
Cólon	3,8E-04 ± 0,0	4,7E-04 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0
Pulmão	3,7E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	5,0E-03 ± 0,0	4,6E-03 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0
Estômago	3,2E-03 ± 0,0	8,9E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	7,2E-03 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0
Bexiga	2,1E-05 ± 0,0	7,3E-05 ± 0,0	3,5E-05 ± 0,0	3,4E-05 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	5,1E-05 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	2,2E-05 ± 0,0	5,6E-05 ± 0,0
Fígado	5,9E-03 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	7,0E-03 ± 0,0	2,7E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0
Próstata	5,0E-06 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	9,4E-06 ± 0,0	9,0E-06 ± 0,0	3,5E-05 ± 0,0	1,2E-05 ± 0,0	8,7E-06 ± 0,0	7,9E-06 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0
Outros	3,0E-01 ± 0,0	2,0E-01 ± 0,0	3,2E-01 ± 0,0	5,4E-01 ± 0,1	4,8E-01 ± 0,1	4,7E-01 ± 0,1	6,9E-02 ± 0,0	6,4E-02 ± 0,0	3,0E-01 ± 0,0
Leucemia	7,9E-03 ± 0,0	9,6E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	3,3E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	8,9E-03 ± 0,0
Tireoide	3,9E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	3,7E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	8,6E-05 ± 0,0	7,2E-05 ± 0,0	3,7E-04 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,4E+00 ± 0,1	7,6E-01 ± 0,1	1,4E+00 ± 0,1	2,0E+00 ± 0,2	2,1E+00 ± 0,2	1,7E+00 ± 0,2	2,5E-01 ± 0,1	2,3E-01 ± 0,1	1,2E+00 ± 0,1
R/PKA	1,4E+00 ± 0,1	7,8E-01 ± 0,1	1,4E+00 ± 0,1	2,1E+00 ± 0,2	2,2E+00 ± 0,2	1,8E+00 ± 0,2	2,6E-01 ± 0,1	2,4E-01 ± 0,1	1,4E+00 ± 0,1

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.3. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o paciente expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensões aplicadas ao tubo de 100 e 110 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
100 keV									
Cólon	4,6E-04 ± 0,0	5,9E-04 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0
Pulmão	4,0E-02 ± 0,0	2,0E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	3,0E-02 ± 0,0	2,9E-02 ± 0,0	2,2E-02 ± 0,0	5,8E-03 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0
Estômago	3,6E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	8,3E-03 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	8,3E-03 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	4,8E-03 ± 0,0
Bexiga	3,0E-05 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	4,8E-05 ± 0,0	4,8E-05 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	6,8E-05 ± 0,0	3,0E-05 ± 0,0	4,2E-05 ± 0,0	7,7E-05 ± 0,0
Fígado	6,4E-03 ± 0,0	9,3E-04 ± 0,0	7,9E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	2,4E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0
Próstata	6,8E-06 ± 0,0	3,2E-05 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0	1,2E-05 ± 0,0	4,4E-05 ± 0,0	2,1E-05 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0	1,6E-05 ± 0,0	2,0E-05 ± 0,0
Outros	3,3E-01 ± 0,2	2,4E-01 ± 0,1	3,6E-01 ± 0,1	6,0E-01 ± 0,3	5,4E-01 ± 0,2	5,2E-01 ± 0,2	8,0E-02 ± 0,1	9,2E-02 ± 0,1	3,5E-01 ± 0,2
Leucemia	8,8E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0
Tireoide	4,4E-04 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,5E+00 ± 0,5	8,9E-01 ± 0,4	1,5E+00 ± 0,5	2,3E+00 ± 0,8	2,3E+00 ± 0,6	2,0E+00 ± 0,6	2,9E-01 ± 0,2	3,3E-01 ± 0,3	1,4E+00 ± 0,5
R/PKA	1,5E+00 ± 0,5	9,3E-01 ± 0,4	1,6E+00 ± 0,5	2,3E+00 ± 0,8	2,4E+00 ± 0,6	2,0E+00 ± 0,6	3,0E-01 ± 0,2	3,5E-01 ± 0,3	1,5E+00 ± 0,5
110 keV									
Cólon	5,4E-04 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	3,1E-02 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	4,6E-03 ± 0,0
Pulmão	4,2E-02 ± 0,0	2,3E-02 ± 0,0	3,3E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	2,4E-02 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,0	7,4E-03 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0
Estômago	4,0E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	9,1E-03 ± 0,0	1,6E-02 ± 0,0	9,2E-03 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	5,3E-03 ± 0,0
Bexiga	3,5E-05 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	6,0E-05 ± 0,0	6,1E-05 ± 0,0	2,9E-04 ± 0,0	8,7E-05 ± 0,0	4,0E-05 ± 0,0	5,4E-05 ± 0,0	9,3E-05 ± 0,0
Fígado	6,8E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	8,6E-03 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	3,1E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0	4,0E-04 ± 0,0	3,3E-03 ± 0,0
Próstata	8,4E-06 ± 0,0	4,1E-05 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	1,6E-05 ± 0,0	5,7E-05 ± 0,0	2,0E-05 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0
Outros	3,6E-01 ± 0,1	2,7E-01 ± 0,0	4,0E-01 ± 0,1	6,5E-01 ± 0,1	5,9E-01 ± 0,1	5,7E-01 ± 0,1	9,0E-02 ± 0,0	1,0E-01 ± 0,0	3,8E-01 ± 0,1
Leucemia	9,6E-03 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,3E-02 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	4,2E-03 ± 0,0	4,7E-03 ± 0,0	1,1E-02 ± 0,0
Tireoide	4,9E-04 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	4,9E-04 ± 0,0	4,7E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,6E+00 ± 0,2	1,0E+00 ± 0,1	1,7E+00 ± 0,2	2,5E+00 ± 0,3	2,6E+00 ± 0,2	2,1E+00 ± 0,2	3,3E-01 ± 0,1	3,8E-01 ± 0,1	1,5E+00 ± 0,2
R/PKA	1,7E+00 ± 0,2	1,1E+00 ± 0,1	1,7E+00 ± 0,2	2,5E+00 ± 0,3	2,7E+00 ± 0,2	2,2E+00 ± 0,2	3,4E-01 ± 0,1	3,8E-01 ± 0,1	1,7E+00 ± 0,2

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.4. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o paciente expresso em 10⁻⁴/Gy.cm² para tensão aplicada ao tubo de 120 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
120 keV									
Cólon	6,1E-04 ± 0,0	8,2E-04 ± 0,0	8,2E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	3,2E-02 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,0
Pulmão	4,4E-02 ± 0,0	2,5E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	3,5E-02 ± 0,0	3,4E-02 ± 0,0	2,6E-02 ± 0,0	7,2E-03 ± 0,0	8,1E-03 ± 0,0	2,7E-02 ± 0,0
Estômago	4,3E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	9,9E-03 ± 0,0	1,7E-02 ± 0,0	1,0E-02 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	3,7E-04 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,0
Bexiga	4,1E-05 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	7,2E-05 ± 0,0	7,5E-05 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	5,2E-05 ± 0,0	6,5E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0
Fígado	7,2E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	9,3E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	4,5E-04 ± 0,0	3,5E-03 ± 0,0
Próstata	9,3E-06 ± 0,0	4,9E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	6,6E-05 ± 0,0	2,5E-05 ± 0,0	1,7E-05 ± 0,0	2,1E-05 ± 0,0	2,8E-05 ± 0,0
Outros	3,9E-01 ± 0,1	3,0E-01 ± 0,1	4,3E-01 ± 0,1	6,9E-01 ± 0,1	6,4E-01 ± 0,1	6,1E-01 ± 0,1	9,9E-02 ± 0,0	1,1E-01 ± 0,0	4,1E-01 ± 0,1
Leucemia	1,0E-02 ± 0,0	1,4E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,5E-02 ± 0,0	1,9E-02 ± 0,0	4,6E-03 ± 0,0	5,2E-03 ± 0,0	1,2E-02 ± 0,0
Tireoide	5,3E-04 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	5,5E-04 ± 0,0	5,2E-04 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	5,3E-04 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,7E+00 ± 0,2	1,1E+00 ± 0,2	1,8E+00 ± 0,2	2,6E+00 ± 0,3	2,7E+00 ± 0,2	2,3E+00 ± 0,2	3,6E-01 ± 0,1	4,2E-01 ± 0,1	1,6E+00 ± 0,2
R/PKA	1,8E+00 ± 0,2	1,2E+00 ± 0,2	1,9E+00 ± 0,2	2,7E+00 ± 0,2	2,9E+00 ± 0,2	2,4E+00 ± 0,2	3,8E-01 ± 0,1	4,3E-01 ± 0,1	1,8E+00 ± 0,2

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

CARDIOLOGISTA

Tabela B.5. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o cardiologista expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensão aplicada ao tubo de 60 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	6,9E-08 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0	5,7E-07 ± 0,0	5,6E-07 ± 0,0	7,0E-08 ± 0,0	6,4E-08 ± 0,0	2,7E-07 ± 0,0
	--	--	1,8E-08 ± 0,0	1,0E-07 ± 0,0	3,4E-08 ± 0,0	4,5E-08 ± 0,0	7,4E-09 ± 0,0	--	4,1E-08 ± 0,0
Pulmão	5,5E-07 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	2,5E-07 ± 0,0	3,6E-07 ± 0,0	7,8E-07 ± 0,0
	1,4E-07 ± 0,0	6,5E-08 ± 0,0	3,3E-07 ± 0,0	4,1E-07 ± 0,0	4,0E-07 ± 0,0	2,9E-07 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	2,5E-07 ± 0,0
Estômago	3,0E-08 ± 0,0	3,9E-08 ± 0,0	5,3E-08 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	1,6E-07 ± 0,0	7,6E-09 ± 0,0	1,2E-08 ± 0,0	7,1E-08 ± 0,0
	--	--	1,5E-08 ± 0,0	5,3E-08 ± 0,0	8,6E-09 ± 0,0	3,5E-09 ± 0,0	--	--	2,0E-08 ± 0,0
Bexiga	3,3E-08 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0		1,1E-07 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	5,5E-08 ± 0,0	7,9E-08 ± 0,0	1,0E-07 ± 0,0
	--	4,0E-08 ± 0,0	--	3,3E-08 ± 0,0	--	5,0E-08 ± 0,0	5,2E-09 ± 0,0	--	3,2E-08 ± 0,0
Fígado	1,0E-08 ± 0,0	1,2E-08 ± 0,0	2,0E-08 ± 0,0	2,6E-08 ± 0,0	2,2E-08 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0	2,8E-09 ± 0,0	4,0E-09 ± 0,0	1,7E-08 ± 0,0
	1,5E-09 ± 0,0	1,7E-09 ± 0,0	7,2E-09 ± 0,0	9,6E-09 ± 0,0	4,3E-09 ± 0,0	4,7E-09 ± 0,0	5,9E-10 ± 0,0	1,2E-09 ± 0,0	3,9E-09 ± 0,0
Próstata	1,0E-09 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	2,0E-08 ± 0,0	4,6E-09 ± 0,0	3,4E-08 ± 0,0	3,1E-08 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	5,4E-08 ± 0,0
	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Outros	2,9E-04 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	5,5E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	5,1E-04 ± 0,0	9,9E-05 ± 0,0	9,2E-05 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0
	1,1E-05 ± 0,0	4,7E-06 ± 0,0	6,2E-05 ± 0,0	6,7E-05 ± 0,0	2,6E-05 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	9,3E-06 ± 0,0	2,7E-05 ± 0,0
Tireoide	1,0E-05 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	3,8E-05 ± 0,0	4,3E-05 ± 0,0	3,3E-05 ± 0,0	9,2E-06 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	2,3E-05 ± 0,0
	4,8E-07 ± 0,0	2,7E-07 ± 0,0	2,9E-06 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	5,3E-07 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0
Leucemia	6,7E-07 ± 0,0	7,3E-08 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0	6,7E-07 ± 0,0	4,3E-07 ± 0,0	7,6E-07 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	4,4E-07 ± 0,0
	3,4E-08 ± 0,0	4,0E-08 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0	3,9E-07 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0	8,6E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	3,0E-08 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0
Cânceres sólidos	9,3E-04 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	2,9E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0
	3,7E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	2,3E-04 ± 0,0	9,2E-05 ± 0,0	8,1E-05 ± 0,0	5,1E-05 ± 0,0	3,1E-05 ± 0,0	9,3E-05 ± 0,0
R/PKA	9,4E-04 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0
	3,7E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	2,4E-04 ± 0,0	9,4E-05 ± 0,0	8,2E-05 ± 0,0	5,2E-05 ± 0,0	3,2E-05 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.6. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o cardiologista expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensão aplicada ao tubo de 70 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	3,3E-07 ± 0,0	4,7E-07 ± 0,0	3,6E-07 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	2,4E-07 ± 0,0	2,4E-07 ± 0,0	7,8E-07 ± 0,0
	7,7E-10 ± 0,0	1,8E-08 ± 0,0	8,5E-08 ± 0,0	7,1E-07 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	2,2E-07 ± 0,0	1,8E-08 ± 0,0	4,4E-09 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0
Pulmão	1,0E-06 ± 0,0	4,6E-07 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0	4,2E-07 ± 0,0	5,3E-07 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0
	2,6E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	6,7E-07 ± 0,0	7,9E-07 ± 0,0	6,6E-07 ± 0,0	6,0E-07 ± 0,0	2,7E-07 ± 0,0	2,9E-07 ± 0,0	4,6E-07 ± 0,0
Estômago	1,3E-07 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	4,2E-07 ± 0,0	3,1E-07 ± 0,0	5,5E-07 ± 0,0	4,9E-08 ± 0,0	6,3E-08 ± 0,0	2,4E-07 ± 0,0
	3,3E-09 ± 0,0	1,0E-08 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0	2,4E-07 ± 0,0	3,4E-08 ± 0,0	7,4E-08 ± 0,0	3,8E-09 ± 0,0	5,6E-29 ± 0,0	5,0E-08 ± 0,0
Bexiga	2,3E-08 ± 0,0	3,9E-07 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	3,8E-07 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	4,8E-07 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	2,3E-07 ± 0,0
	--	5,8E-08 ± 0,0	1,0E-08 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	4,1E-08 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	2,7E-08 ± 0,0	3,3E-09 ± 0,0	7,1E-08 ± 0,0
Fígado	3,9E-08 ± 0,0	5,4E-08 ± 0,0	7,6E-08 ± 0,0	1,0E-07 ± 0,0	5,7E-08 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	1,2E-08 ± 0,0	1,7E-08 ± 0,0	6,1E-08 ± 0,0
	4,7E-09 ± 0,0	2,3E-09 ± 0,0	2,1E-08 ± 0,0	5,8E-08 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	2,0E-08 ± 0,0	2,1E-09 ± 0,0	2,6E-09 ± 0,0	1,5E-08 ± 0,0
Próstata	5,1E-09 ± 0,0	3,5E-07 ± 0,0	2,3E-09 ± 0,0	1,6E-07 ± 0,0	2,2E-07 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	9,4E-08 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0
	--	--	--	5,9E-08 ± 0,0	--	2,9E-08 ± 0,0	2,0E-08 ± 0,0	--	3,6E-08 ± 0,0
Outros	3,6E-04 ± 0,0	2,9E-04 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	7,2E-04 ± 0,0	9,5E-04 ± 0,0	6,8E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0
	1,7E-05 ± 0,0	1,0E-05 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	5,7E-05 ± 0,0	4,9E-05 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	5,1E-05 ± 0,0
Tireoide	7,0E-07 ± 0,0	1,0E-07 ± 0,0	8,0E-07 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	7,1E-07 ± 0,0	9,2E-07 ± 0,0	1,6E-07 ± 0,0	2,2E-07 ± 0,0	5,8E-07 ± 0,0
	7,8E-08 ± 0,0	3,9E-08 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	6,7E-07 ± 0,0	2,0E-07 ± 0,0	1,6E-07 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	9,4E-08 ± 0,0	2,0E-07 ± 0,0
Leucemia	1,4E-05 ± 0,0	3,3E-05 ± 0,0	2,0E-05 ± 0,0	5,0E-05 ± 0,0	5,7E-05 ± 0,0	4,4E-05 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	3,1E-05 ± 0,0
	8,4E-07 ± 0,0	5,4E-07 ± 0,0	4,8E-06 ± 0,0	5,2E-06 ± 0,0	3,0E-06 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	8,1E-07 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,2E-03 ± 0,0	9,0E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0
	5,8E-05 ± 0,0	3,5E-05 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	4,2E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	8,2E-05 ± 0,0	5,0E-05 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0
R/PKA	1,2E-03 ± 0,0	9,3E-04 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	2,2E-03 ± 0,0	4,4E-04 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0
	5,8E-05 ± 0,0	3,5E-05 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	8,4E-05 ± 0,0	5,1E-05 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.7. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o cardiologista expresso em 10⁻⁴/Gy.cm² para tensão aplicada ao tubo de 80 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	1,0E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	8,2E-07 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0	4,6E-06 ± 0,0	6,3E-07 ± 0,0	6,0E-07 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0
	2,8E-08 ± 0,0	5,1E-08 ± 0,0	2,4E-07 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	3,6E-07 ± 0,0	9,0E-07 ± 0,0	4,7E-08 ± 0,0	4,5E-08 ± 0,0	5,0E-07 ± 0,0
Pulmão	1,7E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	6,7E-07 ± 0,0	7,8E-07 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0
	4,4E-07 ± 0,0	2,5E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	3,6E-07 ± 0,0	3,9E-07 ± 0,0	8,0E-07 ± 0,0
Estômago	4,3E-07 ± 0,0	6,2E-07 ± 0,0	4,8E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	6,7E-07 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	6,7E-07 ± 0,0
	1,7E-08 ± 0,0	1,7E-08 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	8,0E-07 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	3,0E-07 ± 0,0	1,0E-08 ± 0,0	9,5E-09 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0
Bexiga	2,4E-07 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0	2,0E-07 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	5,1E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	3,2E-07 ± 0,0	3,3E-07 ± 0,0	5,4E-07 ± 0,0
	--	9,4E-08 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	7,8E-07 ± 0,0	9,7E-08 ± 0,0	4,9E-07 ± 0,0	3,1E-08 ± 0,0	3,4E-08 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0
Fígado	1,3E-07 ± 0,0	2,0E-07 ± 0,0	2,2E-07 ± 0,0	3,1E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	4,2E-07 ± 0,0	4,2E-08 ± 0,0	5,6E-08 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0
	1,3E-08 ± 0,0	1,5E-08 ± 0,0	7,0E-08 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	3,7E-08 ± 0,0	8,2E-08 ± 0,0	5,5E-09 ± 0,0	4,9E-09 ± 0,0	5,5E-08 ± 0,0
Próstata	9,5E-08 ± 0,0	4,5E-07 ± 0,0	7,0E-08 ± 0,0	3,4E-07 ± 0,0	3,4E-07 ± 0,0	4,4E-07 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	2,6E-07 ± 0,0
	1,2E-09 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0	7,1E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	4,3E-08 ± 0,0	2,5E-07 ± 0,0	4,9E-19 ± 0,0	7,5E-09 ± 0,0	6,5E-08 ± 0,0
Outros	4,5E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	9,0E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0
	3,0E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	9,3E-05 ± 0,0	9,2E-05 ± 0,0	3,0E-05 ± 0,0	1,9E-05 ± 0,0	7,8E-05 ± 0,0
Tireoide	9,2E-07 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	9,4E-07 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	2,3E-07 ± 0,0	2,7E-07 ± 0,0	7,9E-07 ± 0,0
	1,7E-07 ± 0,0	6,6E-08 ± 0,0	3,8E-07 ± 0,0	8,2E-07 ± 0,0	3,6E-07 ± 0,0	2,9E-07 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0	6,3E-08 ± 0,0	2,9E-07 ± 0,0
Leucemia	1,9E-05 ± 0,0	4,4E-05 ± 0,0	2,6E-05 ± 0,0	6,3E-05 ± 0,0	7,1E-05 ± 0,0	5,7E-05 ± 0,0	1,7E-05 ± 0,0	2,0E-05 ± 0,0	4,0E-05 ± 0,0
	1,3E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	7,1E-06 ± 0,0	7,9E-06 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	5,1E-06 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	3,9E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,5E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	5,5E-04 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0
	1,1E-04 ± 0,0	6,2E-05 ± 0,0	5,4E-04 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	6,5E-05 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0
R/PKA	1,5E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	5,5E-04 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0
	1,1E-04 ± 0,0	6,3E-05 ± 0,0	5,4E-04 ± 0,0	6,7E-04 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	6,6E-05 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.8. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o cardiologista expresso em 10⁻⁴/Gy.cm² para tensão aplicada ao tubo de 90 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	2,0E-06 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	8,0E-06 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	9,1E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	6,0E-07 ± 0,0	3,7E-06 ± 0,0
	1,4E-07 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	6,4E-07 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	8,0E-07 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	8,8E-08 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0
Pulmão	2,8E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	5,6E-06 ± 0,0	6,1E-06 ± 0,0	5,7E-06 ± 0,0	7,4E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	7,8E-07 ± 0,0	3,9E-06 ± 0,0
	7,6E-07 ± 0,0	4,3E-07 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	4,5E-07 ± 0,0	5,0E-07 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0
Estômago	8,5E-07 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0	3,4E-07 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0
	8,8E-08 ± 0,0	8,6E-08 ± 0,0	4,4E-07 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	2,6E-07 ± 0,0	7,5E-07 ± 0,0	3,9E-08 ± 0,0	2,2E-08 ± 0,0	4,5E-07 ± 0,0
Bexiga	6,1E-07 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	5,0E-07 ± 0,0	3,0E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	6,7E-07 ± 0,0	3,3E-07 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0
	6,0E-08 ± 0,0	7,1E-08 ± 0,0	2,7E-07 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	2,9E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	4,1E-08 ± 0,0	5,4E-07 ± 0,0
Fígado	2,7E-07 ± 0,0	4,6E-07 ± 0,0	4,5E-07 ± 0,0	7,0E-07 ± 0,0	2,8E-07 ± 0,0	9,4E-07 ± 0,0	9,7E-08 ± 0,0	5,6E-08 ± 0,0	4,1E-07 ± 0,0
	3,7E-08 ± 0,0	4,1E-08 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	5,1E-07 ± 0,0	7,9E-08 ± 0,0	2,3E-07 ± 0,0	1,4E-08 ± 0,0	1,4E-08 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0
Próstata	2,3E-07 ± 0,0	8,8E-07 ± 0,0	2,3E-07 ± 0,0	6,0E-07 ± 0,0	3,6E-07 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	2,8E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	4,7E-07 ± 0,0
	9,5E-09 ± 0,0	7,2E-08 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	5,4E-07 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0	4,6E-07 ± 0,0	6,9E-08 ± 0,0	3,9E-08 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0
Outros	5,6E-04 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	8,9E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0
	4,6E-05 ± 0,0	2,9E-05 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	4,2E-05 ± 0,0	2,5E-05 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0
Tireoide	9,5E-07 ± 0,0	2,4E-07 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	1,8E-06 ± 0,0	3,2E-07 ± 0,0	2,7E-07 ± 0,0	9,5E-07 ± 0,0
	1,4E-07 ± 0,0	9,9E-08 ± 0,0	5,0E-07 ± 0,0	9,0E-07 ± 0,0	3,6E-07 ± 0,0	3,3E-07 ± 0,0	2,5E-07 ± 0,0	7,2E-08 ± 0,0	3,3E-07 ± 0,0
Leucemia	2,3E-05 ± 0,0	5,4E-05 ± 0,0	3,3E-05 ± 0,0	7,5E-05 ± 0,0	8,4E-05 ± 0,0	7,0E-05 ± 0,0	2,1E-05 ± 0,0	2,0E-05 ± 0,0	4,8E-05 ± 0,0
	2,1E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	9,5E-06 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	7,9E-06 ± 0,0	7,8E-06 ± 0,0	3,4E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	5,7E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,8E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	4,4E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	7,3E-04 ± 0,0	5,5E-04 ± 0,0	2,4E-03 ± 0,0
	1,6E-04 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	4,7E-04 ± 0,0	5,3E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	8,7E-05 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0
R/PKA	1,8E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0	4,5E-03 ± 0,0	3,9E-03 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	5,7E-04 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0
	1,6E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	7,6E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0	5,4E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	8,8E-05 ± 0,0	4,5E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.9. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o cardiologista expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensão aplicada ao tubo de 100 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	2,9E-06 ± 0,0	4,6E-06 ± 0,0	3,7E-06 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0	6,3E-06 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	6,1E-06 ± 0,0
	4,1E-07 ± 0,0	5,3E-07 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	9,7E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	4,5E-06 ± 0,0	2,9E-07 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0
Pulmão	4,6E-06 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0	7,7E-06 ± 0,0	9,2E-06 ± 0,0	7,8E-06 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	1,8E-06 ± 0,0	5,9E-06 ± 0,0
	1,1E-06 ± 0,0	8,2E-07 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0	6,3E-07 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0
Estômago	1,5E-06 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	4,8E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	5,6E-06 ± 0,0	5,1E-07 ± 0,0	7,2E-07 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0
	1,4E-07 ± 0,0	2,9E-07 ± 0,0	7,9E-07 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	7,4E-08 ± 0,0	5,5E-08 ± 0,0	9,1E-07 ± 0,0
Bexiga	1,0E-06 ± 0,0	8,9E-07 ± 0,0	9,8E-07 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0	4,9E-06 ± 0,0	6,6E-07 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0
	5,5E-08 ± 0,0	2,2E-07 ± 0,0	6,2E-07 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0	6,1E-07 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	8,9E-07 ± 0,0
Fígado	5,2E-07 ± 0,0	8,4E-07 ± 0,0	7,7E-07 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	5,5E-07 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	7,8E-07 ± 0,0
	7,7E-08 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	3,2E-07 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0	5,1E-07 ± 0,0	3,1E-08 ± 0,0	2,5E-08 ± 0,0	2,9E-07 ± 0,0
Próstata	4,5E-07 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0	3,5E-07 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	7,2E-07 ± 0,0	7,7E-07 ± 0,0	4,8E-07 ± 0,0	4,9E-07 ± 0,0	6,4E-07 ± 0,0
	1,1E-08 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	7,4E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	3,1E-08 ± 0,0	3,0E-07 ± 0,0
Outros	6,5E-04 ± 0,0	6,2E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	9,1E-04 ± 0,0
	6,5E-05 ± 0,0	4,7E-05 ± 0,0	3,0E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	2,4E-04 ± 0,0	5,3E-05 ± 0,0	3,2E-05 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0
Tireoide	1,2E-06 ± 0,0	3,7E-07 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	4,5E-07 ± 0,0	5,1E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0
	1,2E-06 ± 0,0	3,7E-07 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	4,5E-07 ± 0,0	5,1E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0
Leucemia	2,8E-05 ± 0,0	6,5E-05 ± 0,0	4,0E-05 ± 0,0	8,8E-05 ± 0,0	9,6E-05 ± 0,0	8,3E-05 ± 0,0	2,5E-05 ± 0,0	3,0E-05 ± 0,0	5,7E-05 ± 0,0
	2,9E-06 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	1,2E-05 ± 0,0	1,6E-05 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	1,2E-05 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	7,8E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,5E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	2,3E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	3,7E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	5,5E-04 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0
	1,1E-04 ± 0,0	6,2E-05 ± 0,0	5,4E-04 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	6,5E-05 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0
R/PKA	2,2E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	4,1E-03 ± 0,0	4,9E-03 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,0	5,2E-03 ± 0,0	9,5E-04 ± 0,0	8,4E-04 ± 0,0	3,4E-03 ± 0,0
	2,3E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,0	8,8E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.10. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o cardiologista expresso em 10⁻⁴/Gy.cm² para tensão aplicada ao tubo de 110 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	5,0E-06 ± 0,0	7,3E-06 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	2,1E-05 ± 0,0	1,0E-05 ± 0,0	2,3E-05 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0	3,0E-06 ± 0,0	9,6E-06 ± 0,0
	4,3E-07 ± 0,0	8,7E-07 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	1,6E-05 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0	7,8E-06 ± 0,0	5,1E-07 ± 0,0	3,0E-07 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0
Pulmão	5,5E-06 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	9,6E-06 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	1,0E-05 ± 0,0	1,6E-05 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	8,1E-06 ± 0,0
	1,6E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	4,4E-06 ± 0,0	6,5E-06 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	7,7E-07 ± 0,0	7,2E-07 ± 0,0	3,0E-06 ± 0,0
Estômago	2,3E-06 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	7,5E-06 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0	8,9E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	9,7E-07 ± 0,0	3,7E-06 ± 0,0
	2,8E-07 ± 0,0	4,1E-07 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	5,9E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	2,9E-06 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	9,8E-08 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0
Bexiga	1,8E-06 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	6,8E-06 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0	7,7E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	3,4E-06 ± 0,0
	2,8E-07 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0	9,0E-07 ± 0,0	5,6E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	2,8E-07 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0
Fígado	7,7E-07 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	9,7E-07 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	8,4E-07 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	3,5E-07 ± 0,0	3,0E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0
	1,5E-07 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	4,6E-07 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	3,0E-07 ± 0,0	8,9E-07 ± 0,0	5,6E-08 ± 0,0	3,6E-08 ± 0,0	4,7E-07 ± 0,0
Próstata	6,9E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	3,8E-07 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	9,6E-07 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	5,3E-07 ± 0,0	6,5E-07 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0
	5,9E-08 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	2,5E-07 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	1,0E-07 ± 0,0	7,3E-08 ± 0,0	4,7E-07 ± 0,0
Outros	7,5E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	1,6E-03 ± 0,0	1,8E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	3,3E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0
	8,7E-05 ± 0,0	7,2E-05 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0	5,4E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0	6,5E-05 ± 0,0	4,1E-05 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0
Tireoide	1,5E-06 ± 0,0	5,7E-07 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0	4,1E-07 ± 0,0	3,6E-07 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0
	3,6E-07 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	9,6E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	5,5E-07 ± 0,0	6,5E-07 ± 0,0	2,6E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	5,4E-07 ± 0,0
Leucemia	3,2E-05 ± 0,0	7,5E-05 ± 0,0	4,6E-05 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	9,6E-05 ± 0,0	2,9E-05 ± 0,0	3,5E-05 ± 0,0	6,5E-05 ± 0,0
	3,9E-06 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	2,1E-05 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	1,7E-05 ± 0,0	5,0E-06 ± 0,0	2,9E-06 ± 0,0	1,0E-05 ± 0,0
Cânceres sólidos	2,5E-03 ± 0,0	2,5E-03 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	5,6E-03 ± 0,0	5,9E-03 ± 0,0	5,9E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	3,6E-03 ± 0,0
	3,1E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	9,1E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,3E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	8,1E-04 ± 0,0
R/PKA	2,6E-03 ± 0,0	2,6E-03 ± 0,0	4,0E-03 ± 0,0	5,7E-03 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0	6,0E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	3,8E-03 ± 0,0
	3,2E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,1E-03 ± 0,0	9,2E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,4E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	8,9E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.11. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para o cardiologista expresso em 10⁻⁴/Gy.cm² para tensão aplicada ao tubo de 120 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	6,5E-06 ± 0,0	8,9E-06 ± 0,0	5,0E-06 ± 0,0	2,9E-05 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	2,9E-05 ± 0,0	4,5E-06 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0
	8,4E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	2,2E-05 ± 0,0	4,7E-06 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	8,5E-07 ± 0,0	3,4E-07 ± 0,0	5,5E-06 ± 0,0
Pulmão	7,1E-06 ± 0,0	6,7E-06 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	1,9E-05 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0	2,0E-05 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	1,0E-05 ± 0,0
	2,3E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	9,4E-06 ± 0,0	4,5E-06 ± 0,0	7,3E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	7,9E-07 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0
Estômago	2,9E-06 ± 0,0	4,5E-06 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	4,8E-06 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	5,0E-06 ± 0,0
	3,6E-07 ± 0,0	6,9E-07 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	8,4E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	3,2E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0
Bexiga	2,6E-06 ± 0,0	4,6E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	1,0E-05 ± 0,0	4,7E-06 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	4,8E-06 ± 0,0
	4,4E-07 ± 0,0	7,5E-07 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	8,3E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	5,6E-07 ± 0,0	3,4E-07 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0
Fígado	1,0E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0	4,5E-07 ± 0,0	3,9E-07 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0
	1,9E-07 ± 0,0	2,5E-07 ± 0,0	5,6E-07 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	5,1E-07 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	8,5E-08 ± 0,0	5,1E-08 ± 0,0	6,9E-07 ± 0,0
Próstata	8,8E-07 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	5,0E-07 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	9,0E-07 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0
	2,0E-07 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	2,1E-07 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	4,9E-07 ± 0,0	1,8E-06 ± 0,0	2,5E-07 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	6,6E-07 ± 0,0
Outros	8,5E-04 ± 0,0	8,6E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	2,0E-03 ± 0,0	1,9E-03 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0
	1,2E-04 ± 0,0	9,2E-05 ± 0,0	4,2E-04 ± 0,0	7,2E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	4,6E-04 ± 0,0	7,8E-05 ± 0,0	4,6E-05 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0
Tireoide	1,5E-06 ± 0,0	6,5E-07 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	3,5E-07 ± 0,0	4,9E-07 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0
	4,2E-07 ± 0,0	2,2E-07 ± 0,0	9,9E-07 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	6,8E-07 ± 0,0	6,8E-07 ± 0,0	2,2E-07 ± 0,0	9,2E-08 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0
Leucemia	3,6E-05 ± 0,0	8,5E-05 ± 0,0	5,1E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	3,4E-05 ± 0,0	3,9E-05 ± 0,0	7,3E-05 ± 0,0
	5,0E-06 ± 0,0	5,1E-06 ± 0,0	1,7E-05 ± 0,0	2,7E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	2,1E-05 ± 0,0	6,0E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0
Cânceres sólidos	2,9E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0	4,4E-03 ± 0,0	6,7E-03 ± 0,0	6,5E-03 ± 0,0	6,8E-03 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	2,9E-03 ± 0,0
	4,2E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0	4,2E-04 ± 0,0
R/PKA	2,9E-03 ± 0,0	3,0E-03 ± 0,0	4,4E-03 ± 0,0	6,8E-03 ± 0,0	6,7E-03 ± 0,0	6,9E-03 ± 0,0	1,4E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	4,3E-03 ± 0,0
	4,2E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	2,8E-03 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	1,7E-03 ± 0,0	2,9E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo masculino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

ENFERMEIRA

Tabela B.12. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para a enfermeira expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensão aplicada ao tubo de 60 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	6,0E-09 ± 0,0	1,6E-08 ± 0,0	7,2E-08 ± 0,0	3,6E-08 ± 0,0	3,8E-08 ± 0,0	3,3E-08 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	2,4E-08 ± 0,0	2,9E-08 ± 0,0
	5,6E-09 ± 0,0	4,0E-09 ± 0,0	4,6E-08 ± 0,0	9,3E-09 ± 0,0	2,8E-08 ± 0,0	9,6E-09 ± 0,0	7,9E-09 ± 0,0	5,9E-09 ± 0,0	1,4E-08 ± 0,0
Pulmão	7,8E-07 ± 0,0	3,1E-07 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	3,7E-15 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0	7,9E-07 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0
	3,9E-07 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	4,3E-07 ± 0,0	5,6E-07 ± 0,0	9,8E-07 ± 0,0
Estômago	1,1E-08 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	6,3E-08 ± 0,0	3,3E-08 ± 0,0	4,9E-17 ± 0,0	2,9E-08 ± 0,0	6,8E-09 ± 0,0	6,5E-09 ± 0,0	2,3E-08 ± 0,0
	4,5E-09 ± 0,0	4,1E-09 ± 0,0	4,4E-08 ± 0,0	1,6E-08 ± 0,0	1,0E-08 ± 0,0	2,9E-08 ± 0,0	3,1E-10 ± 0,0	9,9E-09 ± 0,0	1,5E-08 ± 0,0
Fígado	2,7E-09 ± 0,0	1,0E-09 ± 0,0	1,0E-08 ± 0,0	7,2E-09 ± 0,0	3,7E-19 ± 0,0	7,6E-09 ± 0,0	1,1E-09 ± 0,0	1,6E-09 ± 0,0	4,7E-09 ± 0,0
	4,4E-10 ± 0,0	1,2E-10 ± 0,0	9,2E-09 ± 0,0	3,1E-09 ± 0,0	3,4E-09 ± 0,0	5,9E-09 ± 0,0	3,3E-10 ± 0,0	1,5E-09 ± 0,0	3,0E-09 ± 0,0
Mama	1,1E-06 ± 0,0	4,9E-07 ± 0,0	8,6E-06 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0	1,4E-14 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	3,2E-07 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0
	3,6E-07 ± 0,0	5,9E-08 ± 0,0	6,7E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0
Outros	1,8E-05 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	5,9E-05 ± 0,0	2,8E-11 ± 0,0	6,4E-05 ± 0,0	1,1E-05 ± 0,0	1,7E-05 ± 0,0	4,2E-05 ± 0,0
	6,5E-06 ± 0,0	3,7E-06 ± 0,0	8,4E-05 ± 0,0	3,9E-05 ± 0,0	3,1E-05 ± 0,0	4,7E-05 ± 0,0	7,3E-06 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0	2,9E-05 ± 0,0
Tireoide	4,6E-07 ± 0,0	5,0E-07 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	3,8E-07 ± 0,0	5,7E-07 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0
	2,0E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	3,0E-06 ± 0,0	4,2E-07 ± 0,0	3,7E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0
Leucemia	3,9E-07 ± 0,0	2,4E-07 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	3,1E-06 ± 0,0	2,4E-14 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	5,5E-07 ± 0,0	4,7E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0
	1,8E-07 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	9,0E-07 ± 0,0	9,7E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	2,6E-07 ± 0,0	3,8E-07 ± 0,0	7,4E-07 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,0E-04 ± 0,0	6,2E-05 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	7,2E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0
	4,0E-05 ± 0,0	2,2E-05 ± 0,0	4,9E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	4,8E-05 ± 0,0	8,0E-05 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0
R/PKA	1,0E-04 ± 0,0	6,3E-05 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	4,3E-04 ± 0,0	7,2E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0
	4,0E-05 ± 0,0	2,2E-05 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	2,6E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	3,2E-04 ± 0,0	4,9E-05 ± 0,0	8,0E-05 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo feminino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.13. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para a enfermeira expresso em 10⁻⁴/Gy.cm² para tensão aplicada ao tubo de 70 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	8,7E-09 ± 0,0	2,5E-08 ± 0,0	9,8E-08 ± 0,0	3,9E-08 ± 0,0	4,6E-08 ± 0,0	6,4E-08 ± 0,0	1,2E-08 ± 0,0	1,3E-08 ± 0,0	3,8E-08 ± 0,0
	4,5E-09 ± 0,0	4,3E-09 ± 0,0	8,9E-08 ± 0,0	2,6E-08 ± 0,0	4,3E-08 ± 0,0	4,1E-08 ± 0,0	1,0E-08 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	2,9E-08 ± 0,0
Pulmão	1,3E-06 ± 0,0	5,4E-07 ± 0,0	3,7E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0	2,9E-06 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0	7,8E-07 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0
	6,2E-07 ± 0,0	2,6E-07 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	3,1E-06 ± 0,0	6,4E-07 ± 0,0	9,8E-07 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0
Estômago	1,7E-08 ± 0,0	3,1E-08 ± 0,0	7,4E-08 ± 0,0	4,3E-08 ± 0,0	4,1E-08 ± 0,0	5,3E-08 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	1,3E-08 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0
	4,5E-09 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	7,4E-08 ± 0,0	3,0E-08 ± 0,0	2,7E-08 ± 0,0	4,9E-08 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	1,2E-08 ± 0,0	2,7E-08 ± 0,0
Fígado	4,9E-09 ± 0,0	2,1E-09 ± 0,0	1,3E-08 ± 0,0	1,4E-08 ± 0,0	9,1E-09 ± 0,0	1,3E-08 ± 0,0	2,2E-09 ± 0,0	3,1E-09 ± 0,0	7,7E-09 ± 0,0
	1,8E-09 ± 0,0	4,9E-10 ± 0,0	1,2E-08 ± 0,0	5,7E-09 ± 0,0	4,7E-09 ± 0,0	9,2E-09 ± 0,0	7,4E-10 ± 0,0	2,7E-09 ± 0,0	4,7E-09 ± 0,0
Mama	1,4E-06 ± 0,0	7,7E-07 ± 0,0	1,0E-05 ± 0,0	3,9E-06 ± 0,0	3,4E-06 ± 0,0	3,9E-06 ± 0,0	5,8E-07 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0
	6,1E-07 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0	9,5E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	2,5E-08 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0
Outros	2,3E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	7,9E-05 ± 0,0	6,5E-05 ± 0,0	9,4E-05 ± 0,0	1,6E-05 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	5,8E-05 ± 0,0
	8,7E-06 ± 0,0	6,7E-06 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	5,6E-05 ± 0,0	5,3E-05 ± 0,0	7,2E-05 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	4,4E-05 ± 0,0
Tireoide	1,0E-06 ± 0,0	6,5E-07 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0	4,4E-06 ± 0,0	1,8E-06 ± 0,0	5,5E-06 ± 0,0	7,3E-07 ± 0,0	5,6E-07 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0
	4,9E-07 ± 0,0	--	--	--	--	--	--	--	4,9E-07 ± 0,0
Leucemia	7,0E-07 ± 0,0	8,6E-07 ± 0,0	3,4E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	5,8E-07 ± 0,0	8,0E-07 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0
	3,0E-07 ± 0,0	2,2E-07 ± 0,0	2,9E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	4,4E-07 ± 0,0	5,6E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	1,5E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	8,6E-04 ± 0,0	5,2E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0
	6,0E-05 ± 0,0	4,5E-05 ± 0,0	7,3E-04 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	8,7E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	2,8E-04 ± 0,0
R/PKA	1,5E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	8,7E-04 ± 0,0	5,2E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	4,0E-04 ± 0,0
	6,0E-05 ± 0,0	4,5E-05 ± 0,0	7,3E-04 ± 0,0	3,8E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	5,1E-04 ± 0,0	8,7E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo feminino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.14. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para a enfermeira expresso em 10⁻⁴/Gy.cm² para tensão aplicada ao tubo de 80 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	1,6E-08 ± 0,0	2,2E-08 ± 0,0	9,9E-08 ± 0,0	5,0E-08 ± 0,0	5,2E-08 ± 0,0	7,5E-08 ± 0,0	1,8E-08 ± 0,0	1,7E-08 ± 0,0	4,4E-08 ± 0,0
	1,2E-08 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	9,1E-08 ± 0,0	4,1E-08 ± 0,0	4,8E-08 ± 0,0	5,7E-08 ± 0,0	1,5E-08 ± 0,0	1,4E-08 ± 0,0	3,6E-08 ± 0,0
Pulmão	1,8E-06 ± 0,0	8,5E-07 ± 0,0	4,9E-06 ± 0,0	4,7E-06 ± 0,0	3,9E-06 ± 0,0	5,1E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	3,0E-06 ± 0,0
	9,0E-07 ± 0,0	4,1E-07 ± 0,0	4,4E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	8,2E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0
Estômago	1,8E-08 ± 0,0	1,8E-08 ± 0,0	1,0E-07 ± 0,0	6,2E-08 ± 0,0	4,5E-08 ± 0,0	1,0E-07 ± 0,0	6,6E-09 ± 0,0	2,9E-08 ± 0,0	4,8E-08 ± 0,0
	3,7E-09 ± 0,0	5,2E-09 ± 0,0	9,8E-08 ± 0,0	3,8E-08 ± 0,0	3,6E-08 ± 0,0	7,1E-08 ± 0,0	6,5E-09 ± 0,0	2,5E-08 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0
Fígado	5,9E-09 ± 0,0	3,0E-09 ± 0,0	1,8E-08 ± 0,0	2,0E-08 ± 0,0	1,5E-08 ± 0,0	2,1E-08 ± 0,0	2,4E-09 ± 0,0	4,4E-09 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0
	2,3E-09 ± 0,0	1,2E-09 ± 0,0	1,6E-08 ± 0,0	8,4E-09 ± 0,0	7,9E-09 ± 0,0	1,5E-08 ± 0,0	1,3E-09 ± 0,0	4,0E-09 ± 0,0	7,1E-09 ± 0,0
Mama	1,6E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0	5,5E-06 ± 0,0	4,4E-06 ± 0,0	5,5E-06 ± 0,0	8,5E-07 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	4,4E-06 ± 0,0
	5,9E-07 ± 0,0	3,3E-07 ± 0,0	1,2E-05 ± 0,0	3,1E-06 ± 0,0	3,0E-06 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0	5,1E-07 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0
Outros	3,3E-05 ± 0,0	2,8E-05 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	8,7E-05 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	2,3E-05 ± 0,0	2,9E-05 ± 0,0	7,5E-05 ± 0,0
	1,4E-05 ± 0,0	1,2E-05 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	7,2E-05 ± 0,0	7,0E-05 ± 0,0	9,6E-05 ± 0,0	1,8E-05 ± 0,0	2,3E-05 ± 0,0	5,6E-05 ± 0,0
Tireoide	1,3E-06 ± 0,0	7,8E-07 ± 0,0	4,7E-06 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	6,5E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	7,1E-07 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0
	7,1E-07 ± 0,0	5,0E-07 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0	4,6E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	5,9E-06 ± 0,0	9,6E-07 ± 0,0	6,5E-07 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0
Leucemia	9,4E-07 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	2,9E-06 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0	8,0E-07 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0
	4,1E-07 ± 0,0	3,4E-07 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	5,9E-07 ± 0,0	7,1E-07 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	2,0E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	6,9E-04 ± 0,0	5,1E-04 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	4,6E-04 ± 0,0
	9,2E-05 ± 0,0	7,3E-05 ± 0,0	8,7E-04 ± 0,0	4,9E-04 ± 0,0	4,0E-04 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0
R/PKA	2,1E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	6,9E-04 ± 0,0	5,1E-04 ± 0,0	7,9E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0
	9,2E-05 ± 0,0	7,3E-05 ± 0,0	8,7E-04 ± 0,0	4,9E-04 ± 0,0	4,1E-04 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	3,9E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo feminino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.15. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para a enfermeira expresso em 10⁻⁴/Gy.cm² para tensão aplicada ao tubo de 90 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45	Média
Cólon	1,9E-08 ± 0,0	4,8E-08 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	8,3E-08 ± 0,0	5,9E-08 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	3,6E-08 ± 0,0	1,7E-08 ± 0,0	6,4E-08 ± 0,0
	1,2E-08 ± 0,0	1,4E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	5,0E-08 ± 0,0	5,3E-08 ± 0,0	9,7E-08 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	4,8E-08 ± 0,0
Pulmão	2,2E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	6,0E-06 ± 0,0	5,9E-06 ± 0,0	4,9E-06 ± 0,0	6,0E-06 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0
	1,1E-06 ± 0,0	6,4E-07 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	3,4E-06 ± 0,0	3,4E-06 ± 0,0	4,9E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0
Estômago	3,5E-08 ± 0,0	2,8E-08 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	8,2E-08 ± 0,0	5,4E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	1,7E-08 ± 0,0	2,9E-08 ± 0,0	6,0E-08 ± 0,0
	1,5E-08 ± 0,0	1,6E-08 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	6,1E-08 ± 0,0	3,6E-08 ± 0,0	7,1E-08 ± 0,0	1,0E-08 ± 0,0	2,7E-08 ± 0,0	4,5E-08 ± 0,0
Fígado	8,3E-09 ± 0,0	5,4E-09 ± 0,0	2,4E-08 ± 0,0	2,3E-08 ± 0,0	1,7E-08 ± 0,0	2,8E-08 ± 0,0	5,0E-09 ± 0,0	4,4E-09 ± 0,0	1,4E-08 ± 0,0
	2,5E-09 ± 0,0	2,3E-09 ± 0,0	2,2E-08 ± 0,0	1,1E-08 ± 0,0	1,0E-08 ± 0,0	2,0E-08 ± 0,0	3,3E-09 ± 0,0	3,9E-09 ± 0,0	9,4E-09 ± 0,0
Mama	2,4E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	6,6E-06 ± 0,0	5,7E-06 ± 0,0	6,7E-06 ± 0,0	9,6E-07 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	5,2E-06 ± 0,0
	1,0E-06 ± 0,0	3,2E-07 ± 0,0	1,3E-05 ± 0,0	3,7E-06 ± 0,0	3,9E-06 ± 0,0	4,7E-06 ± 0,0	6,8E-07 ± 0,0	3,0E-06 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0
Outros	3,8E-05 ± 0,0	3,8E-05 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	1,2E-04 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	2,8E-05 ± 0,0	2,9E-05 ± 0,0	8,6E-05 ± 0,0
	1,8E-05 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0	8,7E-05 ± 0,0	8,1E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	2,2E-05 ± 0,0	3,0E-05 ± 0,0	6,6E-05 ± 0,0
Tireoide	1,4E-06 ± 0,0	7,1E-07 ± 0,0	5,9E-06 ± 0,0	6,9E-06 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	7,2E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	7,1E-07 ± 0,0	3,4E-06 ± 0,0
	9,9E-07 ± 0,0	5,4E-07 ± 0,0	4,9E-06 ± 0,0	5,8E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	6,5E-06 ± 0,0	9,6E-07 ± 0,0	9,7E-07 ± 0,0	2,9E-06 ± 0,0
Leucemia	1,2E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	4,8E-06 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	9,8E-07 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0
	5,3E-07 ± 0,0	4,3E-07 ± 0,0	4,1E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	2,7E-06 ± 0,0	3,1E-06 ± 0,0	7,2E-07 ± 0,0	8,3E-07 ± 0,0	1,8E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	2,4E-04 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	6,9E-06 ± 0,0	8,2E-04 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	9,3E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	4,7E-04 ± 0,0
	1,2E-04 ± 0,0	9,1E-05 ± 0,0	5,8E-06 ± 0,0	5,9E-04 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0	7,4E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	3,6E-04 ± 0,0
R/PKA	2,5E-04 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	8,2E-04 ± 0,0	6,1E-04 ± 0,0	9,0E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	5,8E-04 ± 0,0
	1,2E-04 ± 0,0	9,2E-05 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	6,0E-04 ± 0,0	4,8E-04 ± 0,0	7,4E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	4,6E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo feminino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.16. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para a enfermeira expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensão aplicada ao tubo de 100 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	--	3,3E-08 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0	1,6E-07 ± 0,0	6,0E-08 ± 0,0	2,3E-07 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0	--	1,5E-07 ± 0,0
	--	1,9E-08 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0	8,7E-08 ± 0,0	7,2E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	3,0E-08 ± 0,0	2,0E-08 ± 0,0	6,0E-08 ± 0,0
Pulmão	2,3E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	6,6E-06 ± 0,0	6,8E-06 ± 0,0	6,0E-06 ± 0,0	6,9E-06 ± 0,0	1,9E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	4,3E-06 ± 0,0
	1,3E-06 ± 0,0	7,7E-07 ± 0,0	5,8E-06 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0	4,1E-06 ± 0,0	5,5E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	3,0E-06 ± 0,0
Estômago	--	7,9E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	9,8E-08 ± 0,0	9,6E-29 ± 0,0	5,9E-08 ± 0,0	9,0E-08 ± 0,0
	--	1,3E-08 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	6,9E-08 ± 0,0	6,6E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	2,3E-08 ± 0,0	2,3E-08 ± 0,0	5,5E-08 ± 0,0
Fígado	6,6E-09 ± 0,0	9,5E-09 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0	2,7E-08 ± 0,0	2,5E-08 ± 0,0	2,9E-08 ± 0,0	4,5E-09 ± 0,0	7,1E-09 ± 0,0	1,8E-08 ± 0,0
	3,5E-09 ± 0,0	3,6E-09 ± 0,0	2,8E-08 ± 0,0	1,4E-08 ± 0,0	1,3E-08 ± 0,0	2,4E-08 ± 0,0	3,8E-09 ± 0,0	5,0E-09 ± 0,0	1,2E-08 ± 0,0
Mama	2,7E-06 ± 0,0	2,2E-06 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	7,6E-06 ± 0,0	6,3E-06 ± 0,0	7,6E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	3,1E-06 ± 0,0	5,8E-06 ± 0,0
	1,7E-06 ± 0,0	4,5E-07 ± 0,0	1,4E-05 ± 0,0	4,8E-06 ± 0,0	4,4E-06 ± 0,0	5,2E-06 ± 0,0	8,8E-07 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0	4,3E-06 ± 0,0
Outros	4,4E-05 ± 0,0	4,2E-05 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	3,3E-05 ± 0,0	3,8E-05 ± 0,0	1,0E-04 ± 0,0
	2,2E-05 ± 0,0	1,6E-05 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	9,6E-05 ± 0,0	9,5E-05 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	2,4E-05 ± 0,0	3,2E-05 ± 0,0	7,5E-05 ± 0,0
Tireoide	1,4E-06 ± 0,0	7,2E-07 ± 0,0	5,0E-06 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	2,4E-06 ± 0,0
	6,1E-07 ± 0,0	5,4E-07 ± 0,0	4,5E-06 ± 0,0	2,6E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0	8,6E-07 ± 0,0	9,4E-07 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0
Leucemia	1,1E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	5,2E-06 ± 0,0	4,1E-06 ± 0,0	1,8E-06 ± 0,0	4,9E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0
	1,0E-06 ± 0,0	7,2E-07 ± 0,0	7,0E-06 ± 0,0	8,2E-06 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	7,9E-06 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	3,8E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	2,6E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	1,0E-03 ± 0,0	8,4E-04 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0	9,9E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	4,6E-04 ± 0,0
	1,5E-04 ± 0,0	9,3E-05 ± 0,0	8,7E-04 ± 0,0	5,2E-04 ± 0,0	5,0E-04 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	1,7E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	3,5E-04 ± 0,0
R/PKA	2,6E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	8,7E-04 ± 0,0	7,8E-04 ± 0,0	9,3E-04 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	2,4E-04 ± 0,0	6,4E-04 ± 0,0
	1,4E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	6,6E-04 ± 0,0	5,6E-04 ± 0,0	8,7E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	2,1E-04 ± 0,0	5,2E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo feminino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.17. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para a enfermeira expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensão aplicada ao tubo de 110 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	3,9E-08 ± 0,0	5,9E-08 ± 0,0	1,6E-07 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0	3,6E-08 ± 0,0	5,1E-08 ± 0,0	9,4E-08 ± 0,0
	1,8E-08 ± 0,0	2,2E-08 ± 0,0	--	7,0E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	1,5E-07 ± 0,0	3,6E-08 ± 0,0	3,2E-08 ± 0,0	6,2E-08 ± 0,0
Pulmão	2,8E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	7,4E-06 ± 0,0	7,0E-06 ± 0,0	6,7E-06 ± 0,0	7,8E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	4,6E-06 ± 0,0
	1,4E-06 ± 0,0	8,1E-07 ± 0,0	6,5E-06 ± 0,0	4,1E-06 ± 0,0	4,6E-06 ± 0,0	6,4E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,8E-06 ± 0,0	3,4E-06 ± 0,0
Estômago	4,1E-08 ± 0,0	8,3E-08 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	1,0E-07 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	1,7E-07 ± 0,0	2,3E-08 ± 0,0	2,2E-08 ± 0,0	9,4E-08 ± 0,0
	2,0E-08 ± 0,0	3,4E-08 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	7,7E-08 ± 0,0	8,9E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0	1,7E-08 ± 0,0	2,0E-08 ± 0,0	7,0E-08 ± 0,0
Fígado	1,3E-08 ± 0,0	9,6E-09 ± 0,0	3,3E-08 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0	2,8E-08 ± 0,0	3,8E-08 ± 0,0	5,7E-09 ± 0,0	7,5E-09 ± 0,0	2,1E-08 ± 0,0
	4,3E-09 ± 0,0	4,4E-09 ± 0,0	3,0E-08 ± 0,0	1,8E-08 ± 0,0	1,5E-08 ± 0,0	2,9E-08 ± 0,0	4,0E-09 ± 0,0	5,7E-09 ± 0,0	1,4E-08 ± 0,0
Mama	3,1E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	1,6E-05 ± 0,0	8,3E-06 ± 0,0	7,2E-06 ± 0,0	8,5E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	3,7E-06 ± 0,0	6,3E-06 ± 0,0
	1,3E-06 ± 0,0	6,0E-07 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	5,0E-06 ± 0,0	4,9E-06 ± 0,0	5,8E-06 ± 0,0	9,2E-07 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0	4,6E-06 ± 0,0
Outros	4,8E-05 ± 0,0	5,2E-05 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	3,4E-05 ± 0,0	4,5E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0
	2,3E-05 ± 0,0	2,1E-05 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	9,9E-05 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	2,6E-05 ± 0,0	3,3E-05 ± 0,0	8,1E-05 ± 0,0
Tireoide	1,5E-06 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	5,7E-06 ± 0,0	4,4E-06 ± 0,0	4,4E-06 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	3,3E-06 ± 0,0
	8,4E-07 ± 0,0	9,2E-07 ± 0,0	5,6E-06 ± 0,0	6,2E-06 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	7,8E-06 ± 0,0	9,6E-07 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	3,2E-06 ± 0,0
Leucemia	1,2E-06 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	7,0E-06 ± 0,0	7,3E-06 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	8,6E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	3,9E-06 ± 0,0
	1,0E-06 ± 0,0	7,3E-07 ± 0,0	4,9E-06 ± 0,0	2,9E-06 ± 0,0	3,4E-06 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	9,3E-07 ± 0,0	1,0E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	2,9E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	8,8E-04 ± 0,0	7,6E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	6,3E-04 ± 0,0
	1,4E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0	5,8E-04 ± 0,0	9,6E-04 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	5,1E-04 ± 0,0
R/PKA	2,9E-04 ± 0,0	3,1E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	8,8E-04 ± 0,0	8,6E-04 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	2,7E-04 ± 0,0	7,0E-04 ± 0,0
	1,4E-04 ± 0,0	1,3E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	7,1E-04 ± 0,0	5,8E-04 ± 0,0	9,6E-04 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0	2,2E-04 ± 0,0	5,7E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo feminino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

Tabela B.18. CCs para R_{OT} e R normalizados pelo PKA e incertezas estatísticas em % para a enfermeira expresso em $10^{-4}/\text{Gy.cm}^2$ para tensão aplicada ao tubo de 120 kVp em procedimentos cardíacos de angiografia e angioplastia coronária em RI.

Órgãos/Tecidos	AP	PA	LAO90°	RAO90°	CRAN30°	CAUD30°	RAO45°	LAO45°	Média
Cólon	3,9E-08 ± 0,0	8,3E-08 ± 0,0	1,8E-07 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	1,6E-07 ± 0,0	2,6E-07 ± 0,0	4,8E-08 ± 0,0	4,3E-08 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0
	2,7E-08 ± 0,0	2,5E-08 ± 0,0	2,0E-07 ± 0,0	8,9E-08 ± 0,0	1,4E-07 ± 0,0	2,2E-07 ± 0,0	4,6E-08 ± 0,0	2,4E-08 ± 0,0	9,6E-08 ± 0,0
Pulmão	3,0E-06 ± 0,0	2,0E-06 ± 0,0	7,7E-06 ± 0,0	7,8E-06 ± 0,0	7,3E-06 ± 0,0	8,6E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	2,1E-06 ± 0,0	5,0E-06 ± 0,0
	1,5E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	6,9E-06 ± 0,0	4,7E-06 ± 0,0	5,0E-06 ± 0,0	6,9E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	1,8E-06 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0
Estômago	4,7E-08 ± 0,0	1,0E-07 ± 0,0	2,5E-07 ± 0,0	1,3E-07 ± 0,0	9,6E-08 ± 0,0	1,9E-07 ± 0,0	2,5E-08 ± 0,0	3,2E-08 ± 0,0	1,1E-07 ± 0,0
	1,9E-08 ± 0,0	4,1E-08 ± 0,0	2,6E-07 ± 0,0	9,1E-08 ± 0,0	6,4E-08 ± 0,0	1,2E-07 ± 0,0	2,4E-08 ± 0,0	2,6E-08 ± 0,0	8,0E-08 ± 0,0
Fígado	1,5E-08 ± 0,0	1,3E-08 ± 0,0	3,8E-08 ± 0,0	3,4E-08 ± 0,0	2,8E-08 ± 0,0	4,7E-08 ± 0,0	7,5E-09 ± 0,0	7,6E-09 ± 0,0	2,4E-08 ± 0,0
	5,1E-09 ± 0,0	6,7E-09 ± 0,0	3,7E-08 ± 0,0	1,9E-08 ± 0,0	1,5E-08 ± 0,0	3,5E-08 ± 0,0	4,3E-09 ± 0,0	6,1E-09 ± 0,0	1,6E-08 ± 0,0
Mama	3,4E-06 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0	1,7E-05 ± 0,0	8,6E-06 ± 0,0	7,7E-06 ± 0,0	8,4E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	4,0E-06 ± 0,0	6,7E-06 ± 0,0
	1,4E-06 ± 0,0	7,3E-07 ± 0,0	1,5E-05 ± 0,0	5,1E-06 ± 0,0	5,3E-06 ± 0,0	5,9E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0	4,8E-06 ± 0,0
Outros	5,3E-05 ± 0,0	5,5E-05 ± 0,0	2,3E-04 ± 0,0	1,6E-04 ± 0,0	1,4E-04 ± 0,0	1,9E-04 ± 0,0	3,7E-05 ± 0,0	5,0E-05 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0
	2,6E-05 ± 0,0	2,3E-05 ± 0,0	2,0E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	1,1E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	3,0E-05 ± 0,0	3,8E-05 ± 0,0	8,7E-05 ± 0,0
Tireoide	1,6E-06 ± 0,0	2,3E-06 ± 0,0	5,9E-06 ± 0,0	4,7E-06 ± 0,0	4,6E-06 ± 0,0	5,7E-06 ± 0,0	1,3E-06 ± 0,0	1,7E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0
	1,4E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	6,1E-06 ± 0,0	6,3E-06 ± 0,0	2,8E-06 ± 0,0	7,5E-06 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	1,4E-06 ± 0,0	3,5E-06 ± 0,0
Leucemia	2,0E-06 ± 0,0	1,6E-06 ± 0,0	7,7E-06 ± 0,0	7,0E-06 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0	8,6E-06 ± 0,0	1,2E-06 ± 0,0	1,5E-06 ± 0,0	4,1E-06 ± 0,0
	7,6E-07 ± 0,0	7,5E-07 ± 0,0	5,2E-06 ± 0,0	3,1E-06 ± 0,0	3,6E-06 ± 0,0	4,2E-06 ± 0,0	9,6E-07 ± 0,0	1,1E-06 ± 0,0	2,5E-06 ± 0,0
Cânceres sólidos	3,6E-04 ± 0,0	3,7E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	9,1E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,4E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	7,7E-04 ± 0,0
	1,7E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	7,5E-04 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	9,9E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	5,5E-04 ± 0,0
R/PKA	3,6E-04 ± 0,0	3,7E-04 ± 0,0	1,5E-03 ± 0,0	1,1E-03 ± 0,0	9,1E-04 ± 0,0	1,3E-03 ± 0,0	2,4E-04 ± 0,0	3,4E-04 ± 0,0	8,3E-04 ± 0,0
	1,7E-04 ± 0,0	1,5E-04 ± 0,0	1,2E-03 ± 0,0	7,6E-04 ± 0,0	6,5E-04 ± 0,0	9,9E-04 ± 0,0	1,8E-04 ± 0,0	2,5E-04 ± 0,0	6,0E-04 ± 0,0

Nota: A idade de exposição usada foi de um indivíduo feminino de 30 anos.

Número de casos em uma população de 100.000 pessoas exposta a uma dose única de 0,1Gy (ICRP 103, 2007).

APÊNDICE C

Imagens do modelo de exposição computacional, evidenciando as projeções de feixe estudadas nos cenários I e II.

Figura C.1. Projeções de feixe estudadas no cenário de irradiação I.

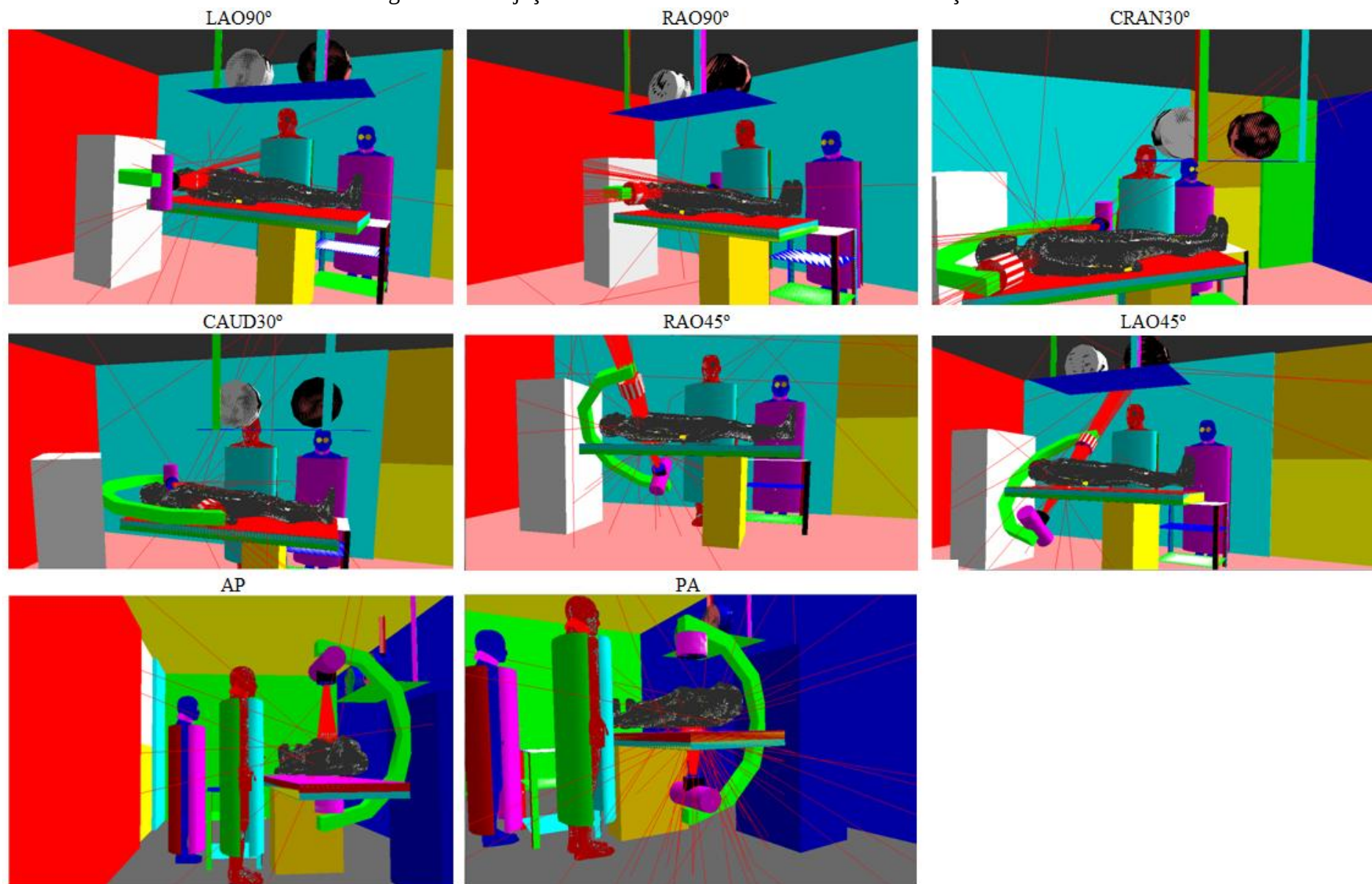


Figura C.2. Projeções de feixe estudadas no cenário de irradiação II.

