



**COPPE/UFRJ**

APLICAÇÃO DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE AMOSTRAS DA  
POPULAÇÃO BRASILEIRA EM MODELOS BIOCINÉTICOS

Arlene Alves dos Reis

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Engenharia Nuclear, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Nuclear.

Orientadores: Ricardo Tadeu Lopes  
Maria Cristina Lourenço

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

APLICAÇÃO DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE AMOSTRAS DA  
POPULAÇÃO BRASILEIRA EM MODELOS BIOCINÉTICOS

Arlene Alves dos Reis

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA NUCLEAR.

Examinada por:

---

Prof. Ricardo Tadeu Lopes, D.Sc.

---

Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Lourenço, D. Sc.

---

Prof. Ademir Xavier da Silva, D.Sc.

---

Dr. Bernardo Maranhão Dantas, D. Sc.

---

Prof. Edgar Francisco Oliveira de Jesus, D. Sc.

---

Dr. Joaquim Carlos Sanches Cardoso, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
DEZEMBRO DE 2009

Reis, Arlene Alves dos

Aplicação dos Parâmetros Fisiológicos de Amostras da População Brasileira em Modelos Biocinéticos/ Arlene Alves dos Reis. – Rio de Janeiro: UFRJ / COPPE, 2009.

XII, 193 p.: il.; 29,7 cm

Orientadores: Ricardo Tadeu Lopes.

Maria Cristina Lourenço.

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Nuclear, 2009.

Referências Bibliográficas: p. 84 – 89.

1. Dosimetria Interna. 2. Trato Respiratório Humano. 3. Parâmetros Respiratórios. 4. Dose Equivalente. 5. Coeficiente de Dose Efetiva. I. Lopes, Ricardo Tadeu et al. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Nuclear. III. Título.

*"Bem aventurado o homem que encontra sabedoria,  
e o homem que adquire conhecimento.  
Porque é melhor a sua mercadoria do que artigos de prata,  
e melhor o seu lucro que o ouro mais fino".*

Provérbios 3:13-14

*À minha mãe  
Ao meu pai (in memoriam)  
Aos meus amigos*

# AGRADECIMENTOS

*A Deus.*

*Ao Dr. Ricardo Tadeu Lopes por sua dedicação, apoio e contínuo incentivo no decorrer deste trabalho.*

*À amiga Dra. Maria Cristina Lourenço pela paciência, apoio e atenção com a qual sempre pude contar na execução deste trabalho.*

*Aos meus amigos pela amizade, pelo carinho, pelo incentivo e pelo convívio. Vocês são a família que Deus me permitiu escolher. Que família grande!*

*Aos Examinadores pelo empenho na avaliação e pelas sugestões na revisão deste trabalho.*

*A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para execução deste trabalho.*

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

APLICAÇÃO DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE AMOSTRAS DA  
POPULAÇÃO BRASILEIRA EM MODELOS BIOCINÉTICOS

Arlene Alves dos Reis

Dezembro/2009

Orientadores: Ricardo Tadeu Lopes

Maria Cristina Lourenço

Programa : Engenharia Nuclear

O Modelo do Trato Respiratório Humano proposto pela Publicação 66 da ICRP considera a morfologia e a fisiologia do trato respiratório. É sabido que a fisiologia e a morfologia são influenciadas pelas condições ambientais, ocupacionais e econômicas. Para uma real avaliação da deposição regional, a ICRP recomenda o uso de parâmetros referentes à população local, quando estes forem disponíveis. A aplicação de parâmetros referentes a amostras da população brasileira provocou significativas variações nas frações de deposição nas regiões do trato respiratório. O principal objetivo deste estudo é verificar as variações na dose equivalente e na dose efetiva devido às variações nas frações de deposição do material inalado, calculadas pelo modelo apresentado pela Publicação 66 da ICRP quando nele são aplicados parâmetros morfológicos e fisiológicos obtidos a partir de amostras da população brasileira. Os modelos dosimétricos e biocinéticos foram implementados em planilhas eletrônicas, as quais permitem alterar valores de parâmetros. Os parâmetros morfológicos e fisiológicos aplicados no modelo foram obtidos em trabalhos disponíveis na literatura estudada. Foram calculadas a dose equivalente e a dose efetiva devido à inalação de urânio, considerando três tipos de solubilidade do composto incorporado. As variações são mais significativas para compostos de solubilidade moderada (tipo M).



Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

APPLICATION OF PHYSIOLOGICAL PARAMETERS FROM SAMPLES OF  
BRAZILIAN POPULATION IN MATHEMATICAL BIOKINETICS MODELS

Arlene Alves dos Reis

December/2009

Advisors: Ricardo Tadeu Lopes

Maria Cristina Lourenço

Department: Nuclear Engineering

The Human Respiratory Tract Model proposed by the ICRP Publication 66 accounts for the morphology and physiology of the respiratory tract. It is known that the morphology and physiology are influenced by environmental, occupational and economic conditions. The ICRP recommends, for a reliable evaluation of the regional deposition, the use of parameters from a local population when information is available. Application of parameters from Brazilian population results in significant variations in fractional deposition in the respiratory tract regions. The main purpose of this study is to verify variations on equivalent dose and on effective dose owing to variations in deposition fractions of inhaled material calculated by the model presented by the ICRP Publication 66 when is applied morphological and physiological parameters representative of a sample of the Brazilian population. The electronic worksheets were used in order to implement the dosimetric and biokinetic model and also to allow the changes in parameters of interest. The morphological and physiological data applied to the model were obtained from the literature. Equivalent dose and effective dose were calculated for inhalation of three absorption uranium compounds. The most significant variation was observed for absorption type M.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>LISTA DE SÍMBOLOS E NOMENCLATURA</b> .....	xi
<b>1- INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 – Justificativa.....	3
1.2 – Objetivo geral.....	4
1.3 – Objetivos específicos.....	4
<b>2- FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	5
2.1 – Dosimetria Interna.....	5
2.2 – Parâmetros de referência da população brasileira.....	6
2.3 – Modelo Matemático do Trato Respiratório Humano.....	8
2.3.1 – Modelo de Deposição.....	8
2.3.2 – Modelo de Liberação.....	20
2.3.3 – Modelo Dosimétrico.....	24
2.4 – Modelo do Trato Gastrintestinal Humano.....	27
2.5 – Modelo Sistêmico.....	29
2.5.1 – Modelo Sistêmico para urânio.....	30
2.6 – Modelo Dosimétrico – Coeficientes de dose.....	33
2.6.1 – Considerações Adicionais no Cálculo das Frações Absorvidas... 38	
2.6.1.1 – O Trato Gastrintestinal.....	38
2.6.1.2 – Modelo Dosimétrico para osso.....	38
<b>3- IMPLEMENTAÇÃO DOS MODELOS BIOCINÉTICOS</b> .....	40
3.1 – Implementação do Modelo Dosimétrico do Trato Respiratório.....	40
3.2 – Implementação do Modelo do Trato Gastrintestinal.....	45
3.3 – Simulação Biocinética do Urânio e Cálculo dos Coeficientes de Dose... 46	

<b>4 – APLICAÇÃO DE PARÂMETROS REFERENTES A AMOSTRAS DA POPULAÇÃO BRASILEIRA.....</b>	<b>62</b>
4.1 – Parâmetros Morfométricos – Anatomia.....	62
4.1.1 – Parâmetros Morfométricos da População Brasileira.....	62
4.2 – Parâmetros Fisiológicos – Fisiologia Respiratória.....	63
4.2.1 – Parâmetros Fisiológicos da População Brasileira.....	63
4.3 – Resultados.....	66
4.3.1 – Avaliação da Dose Equivalente ( $H_T$ ) nas Regiões do Trato Respiratório.....	66
4.3.2 – Cálculo de Dose Equivalente e Dose Efetiva devido à Incorporação de Urânio Considerando Parâmetros Característicos da População Brasileira.....	70
4.3.2.1 – Aplicação de Parâmetros Fisiológicos Obtidos em Amostras da População Brasileira.....	70
4.3.2.2 – Aplicação de Parâmetros Fisiológicos Obtidos em Função de Dados Antropométricos da População Brasileira.....	73
4.3.2.3 – Aplicação de Parâmetros Fisiológicos Obtidos em Função da Altura para o Homem Brasileiro.....	76
4.3.3 – Cálculo de Dose Equivalente e Dose Efetiva Considerando os novos valores de peso dos órgãos e tecidos.....	78
<b>5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>80</b>
5.1 – Conclusões.....	80
5.2 – Recomendações.....	83
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE II.....</b>	<b>104</b>

# LISTA DE SÍMBOLOS E NOMENCLATURA

AI	-	Região alveolar intersticial
AMAD	-	Diâmetro mediano aerodinâmico em atividade
AMTD	-	Diâmetro mediano termodinâmico em atividade
ATS	-	American Thoracic Society
B	-	Taxa de respiração
BB	-	Região brônquica (traquéia e brônquios)
bb	-	Região dos bronquíolos
CRF	-	Capacidade residual funcional
CVF	-	Capacidade vital funcional
$d_{ae}$	-	Diâmetro aerodinâmico
$d_{th}$	-	Diâmetro termodinâmico
$d_0$	-	Diâmetro da traquéia
$d_9$	-	Diâmetro do primeiro bronquíolo
$d_{16}$	-	Diâmetro do bronquíolo respiratório
ET	-	Região extratorácica
ET <sub>1</sub>	-	Passagens nasais anteriores (nariz)
ET <sub>2</sub>	-	Passagem nasal posterior, laringe, faringe e boca
Fb	-	Fração de material em estado ligado
F <sub>n</sub>	-	Fração nasal, corresponde à fração de ar que é inalada através do nariz
F <sub>R</sub>	-	Frequência respiratória, representa o número de ciclos respiratórios completos por unidade de tempo
f <sub>s</sub>	-	Fração de dissolução lenta
I <sub>0</sub>	-	Incorporação nominal de atividade
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICRP	-	International Commission on Radiological Protection
IML	-	Instituto Médico Legal
NCRP	-	National Council on Radiation Protection and Measurements
PFE	-	Pico de Fluxo Expiratório
Sb	-	Taxa de absorção do estado ligado

$S_p$	-	Taxa de dissolução inicial
$S_{pt}$	-	Taxa de transformação
$S_t$	-	Taxa de dissolução final
$t$	-	Tempo de residência da partícula em cada região do trato respiratório
$T_E$	-	Tempo de expiração
TGLD	-	Task Group on Lung Dynamics
$T_I$	-	Tempo de inspiração
$T_{TOT}$	-	Tempo total do ciclo respiratório
USP	-	Universidade de São Paulo
$\dot{V}$	-	Taxa volumétrica de fluxo
$\dot{V}_E$	-	Volume-minuto
CV	-	Capacidade vital
$V_D$	-	Volume de espaço morto
VEF	-	Volume expiratório forçado
$VEF_1$	-	Volume expiratório forçado em um minuto
$\dot{V}_n$	-	Componente de fluxo de ar que é inalado através do nariz
VC	-	Volume corrente
$VT_S$	-	Valores teóricos
$\chi$	-	Fator de forma da partícula
$\mu_g$	-	Mediana da distribuição de partículas
$\mu$	-	Média da distribuição de partículas
$\rho$	-	Densidade da partícula
$\sigma$	-	Desvio padrão da distribuição de partículas
$\sigma_g$	-	Desvio padrão geométrico da distribuição de partículas

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

A incorporação de um radionuclídeo pode ocorrer via inalação, ingestão ou através da pele, sendo o material transferido para os órgãos do corpo humano. O trato respiratório constitui uma importante via de incorporação de radionuclídeos suspensos no ar.

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (International Commission on Radiological Protection) apresentou na ICRP 66 (1994) um modelo matemático do trato respiratório humano para ser aplicado em dosimetria interna, objetivando calcular a dose efetiva por unidade de atividade inalada, para populações com características similares e, quando necessário, calcular a dose efetiva decorrente da incorporação.

A estrutura do modelo consiste de seis elementos: morfometria, fisiologia, radiosensibilidade, deposição, liberação e dosimetria. Os parâmetros aplicados no modelo referentes à morfometria e à fisiologia são baseados no homem caucasiano. O modelo é bastante abrangente, aplicável para todas as faixas etárias, ambos os sexos, para trabalhadores e para indivíduos do público, podendo ser utilizado para interpretação de dados experimentais. Este modelo permite, ainda, o cálculo de dose para indivíduos de qualquer grupo étnico e considera fatores de influência como fumo, poluição do ar e doenças respiratórias, sendo aplicado tanto para particulados quanto para gases ou vapores.

As condições sob as quais a exposição ocorre também são simuladas pelo modelo, pois as características do aerossol inalado, o hábito de respiração e o nível de esforço físico em que o indivíduo se encontra constituem parâmetros importantes por influenciarem nas taxas e nos volumes de fluxo de ar durante a inalação e a exalação. As características do ar que atinge os pulmões, durante o ciclo respiratório, são muito influenciadas pela morfologia do trato respiratório, causando alterações na pressão, na taxa de fluxo, na direção e na umidade do ar. Essas alterações fazem variar os locais e as taxas de penetração e a deposição de partículas presentes no ar inalado. LIN *et al* (2007) desenvolveram uma técnica computacional para estudar o comportamento dinâmico do ar inalado e a importância das vias extratorácicas e torácicas no comportamento padrão deste

fluido. Os autores concluíram que variações individuais internas da geometria das vias aéreas alteram as taxas e os volumes de ar inalado.

Os parâmetros morfológicos e fisiológicos de referência apresentados pela ICRP 66 (1994) foram padronizados para o homem caucasiano que, em geral, apresenta estrutura óssea avantajada e, por motivos sócio-econômicos, apresenta alimentação mais completa que a média da população brasileira, sendo a alimentação caucasiana rica em carboidratos, proteínas e sais minerais (GUIMARÃES, 1994). A alimentação deficiente durante a infância, principalmente devido à falta de proteínas e de vitamina D, resulta em redução do volume pulmonar na fase adulta (ICRP, 1994a).

Os parâmetros morfométricos e fisiológicos são influenciados pelo ambiente no qual o indivíduo está inserido (ATS, 1991). A ICRP 66 (1994) recomenda que quando houver a disponibilidade de dados referentes à população local que sejam aplicados no modelo. No Brasil, estudos para obtenção dos valores espirométricos de referência para a população foram iniciados na década de 90 e, mesmo com os avanços tecnológicos, ainda permanecem algumas dificuldades para obtenção destes valores, pois a faixa etária, o índice de massa corpórea, as diversidades étnicas e regionais, e os fatores ambientais interferem no estabelecimento dos padrões de normalidade da configuração pulmonar (SILVA, 2007).

REIS (2005) realizou um estudo do Modelo Matemático do Trato Respiratório Humano (ICRP, 1994a) para avaliar as variações nas frações de deposição nas regiões do trato respiratório quando são aplicados parâmetros morfológicos e fisiológicos referentes a amostras da população brasileira. Foram observadas variações significativas, tanto nas frações de deposição de material nas regiões do trato respiratório como nas frações de material absorvidas no sangue, para aerossóis com AMAD de 1  $\mu\text{m}$  e considerando dois níveis de atividade física: repouso e exercício pesado.

A incorporação de particulado, via inalação, por trabalhadores ocupacionalmente expostos e sujeitos a atividades de esforço físico pesado também apresentaram significativas variações nas frações de deposição quando foram aplicados parâmetros obtidos a partir de amostras da população brasileira. Neste caso, foi considerado aerossol com AMAD de 5  $\mu\text{m}$ , valor padrão recomendado pela ICRP 66 para trabalhadores ocupacionalmente expostos e foi observado que as maiores variações ocorrem para aerossóis com AMAD entre 0,5 a 10  $\mu\text{m}$  (REIS *et al*, 2007).

A dose equivalente em cada órgão e tecido alvo do trato respiratório está relacionada com a fração de material depositado em cada órgão e tecido fonte. Portanto,

pode-se esperar que variações encontradas nas frações de deposição de material inalado em cada região do trato respiratório resultem em alterações na dose equivalente e, conseqüentemente, uma possível alteração na dose efetiva.

Assim, considerando-se o exposto, julgou-se relevante a realização de um estudo detalhado da influência, nos coeficientes de dose, de variações nas frações de deposição nas regiões do trato respiratório e na fração do material que é absorvido no sangue pelo modelo de liberação, bem como sua distribuição por todos os órgãos e tecidos do corpo descritos por modelos sistêmicos, decorrente de alterações dos parâmetros morfológicos e fisiológicos.

### **1.1- Justificativa**

O grau de confiabilidade que pode ser atribuído ao valor da dose equivalente calculada pelo modelo matemático do trato respiratório humano está relacionado com o quanto o modelo descreve situações reais e com as incertezas associadas aos parâmetros aplicados no modelo. Os principais fatores que afetam a confiabilidade do modelo são: especificação do problema, formulação conceitual do modelo, método computacional utilizado e estimativa de parâmetros.

Na página 99 da Publicação 66 da ICRP (1994) foram apresentados alguns aspectos relevantes da importância de se avaliar a confiabilidade do modelo:

- "...pode ser útil explorar a sensibilidade dos modelos de predição através de variações de valores de parâmetros dentro de um intervalo de incerteza estimado. Isto pode ser um indicativo dos parâmetros potencialmente mais importantes e quais necessitariam ser melhor entendidos para se obter uma melhora significativa na confiabilidade do modelo."

- "...é útil explorar o impacto das incertezas dos valores dos parâmetros, através da realização de cálculos repetidos, variando-se os valores que são selecionados a partir de um intervalo de alternativas possíveis".

A aplicação de dados morfológicos e fisiológicos da população brasileira permitirá avaliar o impacto destes parâmetros nos coeficientes de dose apresentados pelas



publicações da ICRP (1994a, 1995b) considerando, no presente estudo, a incorporação de 1bequerel de urânio via inalação.

## **1.2 – Objetivo geral**

O objetivo deste trabalho é avaliar as possíveis variações nos coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva a partir das variações encontradas nas frações de deposição, quando se aplicam no modelo matemático do trato respiratório humano parâmetros morfométricos e fisiológicos referentes a amostras da população brasileira.

## **1.3 – Objetivos específicos**

- Implementar o modelo dosimétrico do trato respiratório da ICRP 66 , dando continuidade ao trabalho realizado com o modelo de deposição e de liberação do material depositado (REIS *et al*, 2005).
- Acoplar o Modelo do Trato Gastrointestinal (ICRP 30) e o Modelo Sistêmico para Urânio (ICRP 69) ao Modelo do Trato Respiratório Humano (ICRP 66).
- Implementar os modelos dosimétricos do trato gastrointestinal e do modelo sistêmico do urânio.
- Calcular o coeficiente de Dose Efetiva Comprometida **E** por unidade de atividade de urânio inalado.
- Avaliar as variações nos coeficientes de dose apresentadas por estes modelos quando são aplicados parâmetros morfológicos e fisiológicos referentes a amostras da população brasileira.

## Capítulo 2

# FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 – Dosimetria Interna

A dosimetria interna utiliza modelos matemáticos metabólicos e dosimétricos que simulam o comportamento de radionuclídeos no organismo humano. Os modelos apresentados e recomendados pela ICRP geralmente são utilizados nos programas de radioproteção. As formulações destes modelos tiveram significativa evolução no decorrer dos anos, buscando atingir um realismo biológico. No entanto, a maioria das informações sobre a cinética dos radionuclídeos no corpo humano são baseadas em dados experimentais obtidos em estudos com animais de laboratório, com elementos estáveis em seres humanos, quando disponíveis, com indivíduos contaminados internamente, de forma voluntária ou acidental, e com pacientes submetidos a doses terapêuticas e de diagnóstico, fazendo com que persistam incertezas associadas ao comportamento metabólico de radionuclídeos no corpo humano.

O modelo matemático do trato respiratório humano proposto pela ICRP 66 (1994) é uma ferramenta a ser aplicada em cálculos de dosimetria interna. Este modelo simula a deposição, a liberação e a dose equivalente devido à inalação de aerossóis radioativos e, para isto, utiliza como dados de entrada parâmetros referentes às condições de exposição e parâmetros referentes ao indivíduo exposto, como fisiologia, morfometria e regime de respiração. A complexidade do modelo, devido à extensa aplicação e ao número de variáveis que considera, levou ao desenvolvimento de programas computacionais, como por exemplo, MONDAL 2 (ISHIGURE *et al*, 2004) e LUDEP (JARVIS *et al*, 1994).

O modelo da ICRP 66 tem sido utilizado com objetivo de se obter, no cálculo de dose, resultados mais precisos, uma vez que este modelo faz uma descrição detalhada do comportamento de materiais inalados no trato respiratório. ORTIZ (1997) utilizou o modelo da ICRP 66 para propor um modelo dosimétrico para o radônio e seus filhos; CAMPOS & PECCEQUILO (2004) utilizaram o modelo para avaliar a dose devido à inalação de  $^{212}\text{Pb}$  em trabalhadores durante o processo de purificação de tório; ISHIGURE *et al* (2004) desenvolveram um programa computacional baseado no modelo ICRP 66 para cálculo de dose a partir de dados de bioanálise. Entretanto, alguns trabalhos demonstram a

preocupação em avaliar as incertezas associadas a este modelo com o objetivo de minimizar as incertezas na estimativa de dose. FRISTCH (2004) estudou as incertezas associadas ao modelo devido à variação do número de partículas incorporadas e FARFAN *et al* (2003) avaliaram as incertezas associadas à morfometria utilizada no modelo. HARVEY e HAMBY (2001) apresentaram como as principais fontes de incertezas no cálculo de deposição de partículas no trato respiratório, a caracterização do aerossol e os parâmetros de respiração. CARDOSO (1999), ao analisar as propriedades qualitativas relacionadas à estrutura de compartimentos do modelo de deposição de particulado no trato respiratório, sugeriu um estudo relativo à aplicação de parâmetros respiratórios característicos da população brasileira.

BRILL *et al* (2006) ao avaliarem as incertezas no cálculo de dose interna, em pacientes submetidos a iodo, concluíram que, quando são usados dados baseados em simuladores matemáticos para descrever populações das quais não se tenham informações sobre anatomia, fisiologia e possível exposição à radioatividade natural, as diferenças no metabolismo (cinética) e na anatomia resultam em variações significativas no cálculo de dose. Os autores concluíram que as principais fontes de incertezas no cálculo de dose interna estão associadas ao modelo biocinético do radionuclídeo, à fisiologia e à morfometria dos indivíduos e de seus órgãos, assim como à dieta alimentar, ao estado de saúde, à atividade física e à radiosensibilidade individual.

## **2.2 – Parâmetros de referência da população brasileira**

GUIMARÃES (1994) pesquisou dados de 30.852 pessoas do sexo masculino com o objetivo de desenvolver um simulador matemático para o homem brasileiro, a ser utilizado em dosimetria interna. Os dados para elaboração do simulador foram obtidos a partir do levantamento estatístico do IBGE de dados antropométricos da população brasileira. Foram consideradas pessoas com idade entre 20 e 40 anos. Os resultados apresentaram como valores médios ( $62,0 \pm 0,4$ ) kg de massa e ( $168,0 \pm 0,1$ ) cm de altura para um homem referência brasileiro. Adicionalmente, foram pesquisados os resultados de cerca de 10.000 autópsias no IML da Faculdade de Medicina da USP para determinar as massas, as formas e as dimensões dos órgãos que compõem a estrutura interna do homem referência brasileiro.

VELASQUES *et al* (2006) coletaram dados em 16 serviços de medicina nuclear, públicos e privados, em três regiões do Brasil (Nordeste, Sudeste e Sul) para

analisar a proteção radiológica em pacientes de medicina nuclear. A massa corporal de 3.009 pacientes adultos foi registrada nos serviços e o valor médio foi de  $(69,9 \pm 14,1)$  kg para ambos os sexos, sendo que, por região, as médias foram:  $(70,2 \pm 14,6)$  kg na região nordeste,  $(69,2 \pm 13,6)$  kg na região sudeste e  $(74,6 \pm 14,4)$  kg na região sul. A altura de 2.070 pacientes adultos resultou em uma média de  $(161,0 \pm 0,08)$  cm para ambos os sexos, e por região as médias foram  $(160,0 \pm 0,10)$  cm na região nordeste,  $(163,0 \pm 0,08)$  cm na região sudeste e  $(167,0 \pm 0,10)$  cm na região sul.

Estudos sobre as funções do pulmão foram desenvolvidos ao longo de anos com o objetivo de obter uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico de doenças pulmonares. Foram estabelecidas equações de previsões espirométricas, baseadas em uma amostra populacional que atenda aos requisitos para ser considerada como referência, isto é, que seja representativa da população em estudo. As equações de previsão espirométricas fornecem *valores teóricos* ou *valores previstos* de referência para alguns parâmetros espirométricos (CVF, VEF,  $VEF_1/CVF$ , VC,  $T_{TOT}$ ,  $T_I$ ,  $T_E$ ,  $\dot{V}$ , PFE) cujas definições estão apresentadas no Anexo I.

MADY (1985) estudou a capacidade funcional máxima em pacientes portadores de doença de Chagas. Como grupo controle, avaliou o padrão respiratório de 15 indivíduos sadios e apresentou, para o volume-minuto ( $\dot{V}_E$ ), os valores médios de  $(10,65 \pm 2,17)$  L/min, na condição de repouso e  $(95,79 \pm 20,03)$  L/min, na condição de exercício pesado.

MARTUCCI *et al* (1992a, 1992b) realizaram estudos do padrão respiratório em indivíduos brasileiros sadios, na posição sentada, observando a influência da respiração nasal e bucal sobre alguns parâmetros respiratórios, obtendo para a frequência respiratória  $(13,5 \pm 0,675)$  ciclos por minuto, para o volume corrente  $(0,78 \pm 0,039)$  L, volume-minuto  $(9,8 \pm 0,49)$  L/min.

NEDER *et al* (1999a; 1999b; 1999c) estudaram uma amostra de 100 brasileiros adultos, representando a mistura de raças da população brasileira urbana, com o objetivo de obter fatores representativos das funções pulmonares. Considerando um homem adulto, com idade entre 30 e 39 anos, apresentaram para a capacidade pulmonar total o valor de  $(7,12 \pm 1,10)$  L, para a capacidade residual funcional  $(3,45 \pm 0,87)$  L e para a capacidade vital  $(5,12 \pm 0,69)$  L.

Na tentativa de reduzir a variabilidade técnica espirométrica, as sociedades de pneumologia têm padronizado instrumentos e procedimentos para medir a função pulmonar. Em 2002, a SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E

TISIOLOGIA (SBPT) publicou as “Diretrizes para Testes de Função Pulmonar” (SBPT, 2002), que definem os critérios que devem ser utilizados na seleção de amostras para obtenção dos valores previstos. Foram reunidos os principais trabalhos publicados até aquela data e apresentadas as equações para valores previstos para espirometria obtidas em amostras da população brasileira que devem ser, preferencialmente, utilizadas frente a equações apresentadas na literatura internacional. As equações apresentam como variáveis a idade, a massa corpórea e a altura.

PEREIRA *et al* (2007) publicaram um trabalho cujo objetivo foi descrever novas equações de referência para espirometria em adultos brasileiros saudáveis que nunca fumaram e comparar os valores previstos atuais com os valores obtidos em um outro trabalho realizado no ano de 1992 (PEREIRA *et al*, 1992). Equações e limites de referência foram derivados, por espirômetro, em 270 homens e 373 mulheres, habitantes de oito cidades brasileiras. Os valores previstos para CVF, VEF e VEF/CVF ajustaram-se melhor em regressões lineares. Já os fluxos ajustaram-se em equações logarítmicas. Os valores de referência do VEF e da CVF, obtidos pelos autores neste estudo, foram maiores que os valores de referência apresentados para estes parâmetros em 1992.

SILVA (2007), refletindo sobre os avanços do Brasil para obtenção dos valores espirométricos de referência, recomenda que os valores de referência local de normalidade para espirometria devem ser revisados periodicamente no que diz respeito à seleção da amostra, aos equipamentos acurados e ao treinamento de técnicos. Algumas diferenças temporais também exigem esta reavaliação, tais como maior longevidade e mudanças ambientais e epidemiológicas.

## **2.3 – Modelo Matemático do Trato Respiratório Humano**

### **2.3.1 – Modelo de Deposição**

O modelo divide o trato respiratório em quatro regiões anatômicas (Figura 2.1):

- a. região extratorácica (ET), que está subdividida em duas regiões: ET<sub>1</sub> que compreende as passagens nasais anteriores e ET<sub>2</sub> que compreende a passagem nasal posterior, a laringe, a faringe e a boca;
- b. região brônquica (BB) que compreende traquéia e brônquios;
- c. região dos bronquíolos (bb); e
- d. região dos alvéolos (AI) que compreende os bronquíolos respiratórios e terminais, os dutos alveolares e os alvéolos.

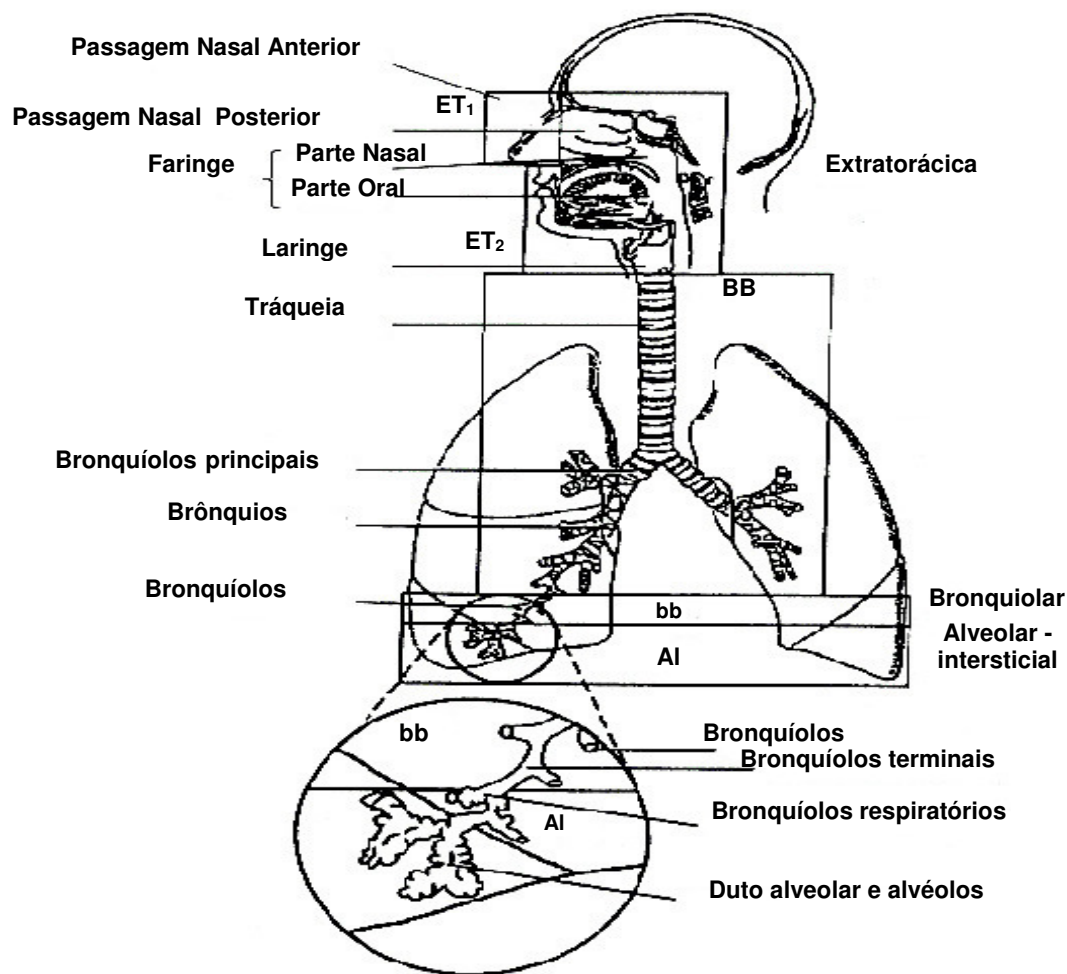


Figura 2.1 – Regiões Anatômicas do Modelo do Trato Respiratório Humano da ICRP 66 (ICRP, 1994).

O processo de deposição nas regiões do trato respiratório depende do tamanho da partícula, que é representado pelo diâmetro equivalente de uma partícula esférica que possui a mesma propriedade das partículas em estudo. Desta forma, o diâmetro aerodinâmico representa o diâmetro da esfera que possui as mesmas propriedades aerodinâmicas da partícula em estudo, sendo seu comportamento muito influenciado por propriedades inerciais, através dos processos de impactação e sedimentação. O diâmetro termodinâmico representa o diâmetro da esfera que possui as mesmas propriedades termodinâmicas da partícula em estudo, cujo comportamento é predominantemente descrito por processo de difusão Browniana.

Como enfatizado pelo TASK GROUP ON LUNG DYNAMICS (TGLD, 1966) amostras de aerossóis monodispersos, que apresentam partículas de um único tamanho, geralmente não são encontradas na natureza. Frequentemente, se observam amostras de aerossóis com tamanhos variados de partículas obedecendo a uma distribuição log-normal,

característica de aerossóis polidispersos. Em uma amostragem de aerossol assume-se que a atividade da amostra está log-normalmente distribuída em função dos diâmetros aerodinâmicos ou termodinâmicos (Figura 2.2). Desta forma, a amostra é caracterizada por sua mediana aerodinâmica em atividade, o Diâmetro Aerodinâmico Mediano em Atividade (AMAD), ou por sua mediana termodinâmica em atividade, o Diâmetro Termodinâmico Mediano em Atividade (AMTD) e seu desvio padrão geométrico (NCRP, 1997).

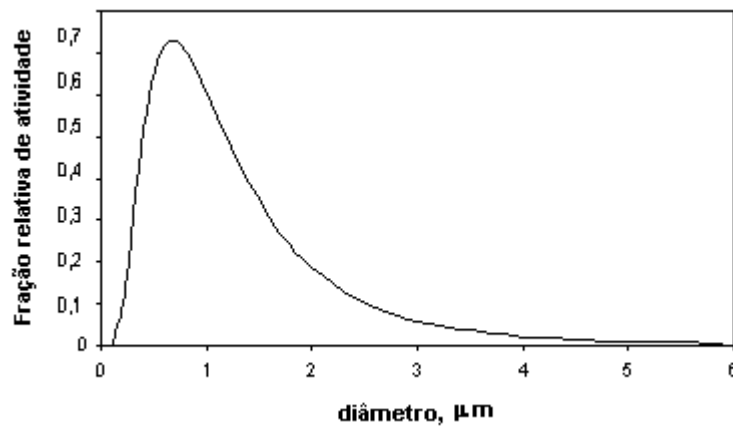


Figura 2.2 – Distribuição log-normal da atividade em uma distribuição de partículas com  $\mu_g = 1$  e  $\sigma_g = 2$ .

A ICRP 66 apresenta as equações que permitem calcular as frações de atividade presentes no ar respirável que se depositam nas regiões do trato respiratório. Para calcular a relação entre os diâmetros aerodinâmicos ( $d_{ae}$ ) e termodinâmicos ( $d_{th}$ ) recursivamente, como recomenda a ICRP, as equações foram implementadas em planilhas de Excel em trabalho realizado por REIS (2005). Esta relação está apresentada na Figura 2.3.

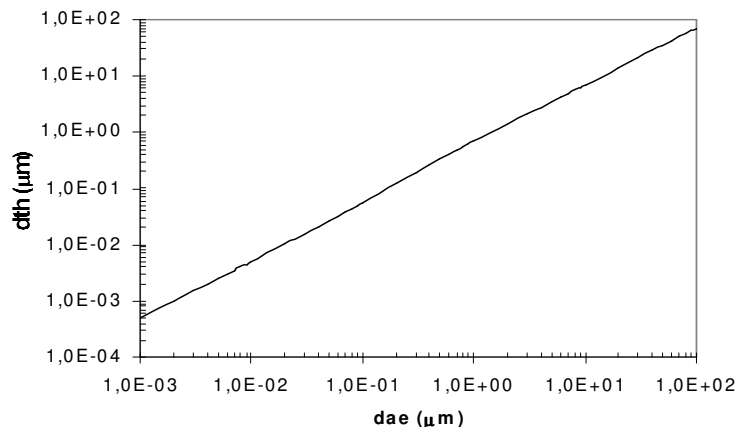


Figura 2.3 – Relação entre diâmetro aerodinâmico e diâmetro termodinâmico obtidos através de cálculo recursivo (REIS, 2005).

A ICRP recomenda que na falta de maiores informações sejam aplicados, no modelo, parâmetros padrões, referentes à fisiologia e à morfologia, gerados a partir de estudos realizados com a população da Europa e dos Estados Unidos. A morfologia e as dimensões das estruturas do trato respiratório, bem como a fisiologia, são elementos essenciais para o cálculo da dose devido à inalação de aerossóis contendo radionuclídeos. A ICRP adotou modelos disponíveis na literatura para obtenção dos valores de referência para as dimensões das vias (Tabela 2.1) que são representadas numericamente como gerações dentro de cada região do trato respiratório, sendo esta numeração crescente à medida que as estruturas estão dispostas mais internamente no pulmão. No modelo de deposição são utilizados: diâmetro da traquéia ( $d_0$ ), diâmetro do primeiro bronquíolo ( $d_9$ ) e diâmetro do bronquíolo respiratório ( $d_{16}$ ).

Tabela 2.1 – Diâmetros de referência adotados pela ICRP (1994a), baseados em modelos morfométricos disponíveis na literatura.

<i>Região</i>	<i>Geração</i>	<i>Diâmetro (m)</i>
<b>Bronquial (BB)</b>	0 (traquéia)	$1,65 \times 10^{-2}$
	1 (brônquio principal)	$1,20 \times 10^{-2}$
	2	$0,85 \times 10^{-2}$
	3	$0,61 \times 10^{-2}$
	4	$0,44 \times 10^{-2}$
	5	$0,36 \times 10^{-2}$
	6	$0,29 \times 10^{-2}$
	7	$0,24 \times 10^{-2}$
<b>Bronquiolar (bb)</b>	8	$0,20 \times 10^{-2}$
	9 (bronquíolo)	$0,1651 \times 10^{-2}$
	10	$0,1348 \times 10^{-2}$
	11	$0,1092 \times 10^{-2}$
	12	$0,0882 \times 10^{-2}$
	13	$0,0720 \times 10^{-2}$
	14	$0,0603 \times 10^{-2}$
<b>Alveolar Intersticial (AI)</b>	15 (bronquíolo terminal)	$0,0533 \times 10^{-2}$
	16 (bronquíolo respiratório)	$0,0510 \times 10^{-2}$



Os parâmetros de referência para a fisiologia respiratória publicados pela ICRP 66 estão apresentados na Tabela 2.2. Foram apresentados parâmetros para quatro níveis de atividade física, considerando que a respiração pode ocorrer via nasal ou bucal.

Tabela 2.2 – Parâmetros fisiológicos de referência adotados para o homem caucasiano (ICRP, 1994a).

<i>Parâmetros</i>	<i>Condição de atividade física</i>							
	<b>Dormindo</b>		<b>Sentado</b>		<b>Exercício Leve</b>		<b>Exercício pesado</b>	
	nasal	bucal	nasal	bucal	nasal	bucal	nasal	bucal
B (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	0,45	0,32	0,54	0,39	1,5	1,25	3	2,7
F <sub>n</sub>	1,0	0,7	1,0	0,7	1,0	0,4	0,5	0,3
CRF (mL)	3301	3301	3301	3301	3301	3301	3301	3301
V <sub>D</sub> (ET) (mL)	50	50	50	50	50	50	50	50
V <sub>D</sub> (BB) (mL)	49	49	49	49	49	49	49	49
V <sub>D</sub> (bb) (mL)	47	47	47	47	47	47	47	47
f <sub>R</sub> (min <sup>-1</sup> )	12	12	12	14	20	21	26	33
VC (mL)	625	444	750	464	1250	992	1920	1364
$\dot{V}$ (mL s <sup>-1</sup> )	250	178	300	217	833	694	1670	1500

$\dot{V}$  - taxa volumétrica de fluxo, B - taxa de respiração, F<sub>n</sub> - fração de ar respirada pelo nariz, CRF - capacidade residual funcional, V<sub>D</sub> - volume de espaço morto, f<sub>R</sub> - frequência respiratória, VC - volume corrente.

As Figuras 2.4 a 2.7 apresentam as curvas de deposição obtidas por REIS (2005) para as regiões do trato respiratório, considerando os parâmetros recomendados pela ICRP baseados no homem caucasiano, em função do AMAD e do AMTD. Estes resultados foram comparados com os valores apresentados pela ICRP e não apresentaram variação significativa.

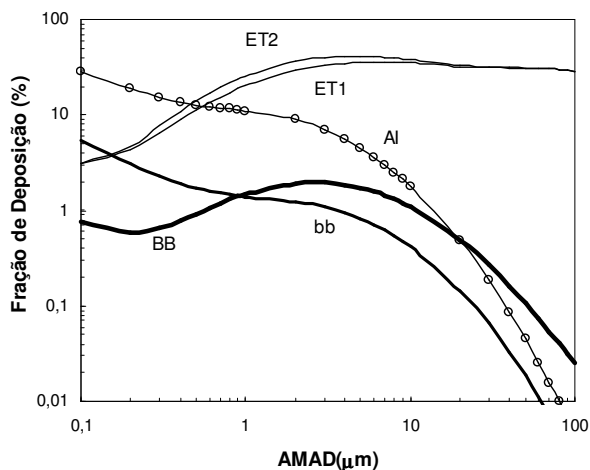


Figura 2.4 – Fração de deposição da atividade incorporada para um homem caucasiano com padrão de respiração nasal em função do AMAD (REIS, 2005).

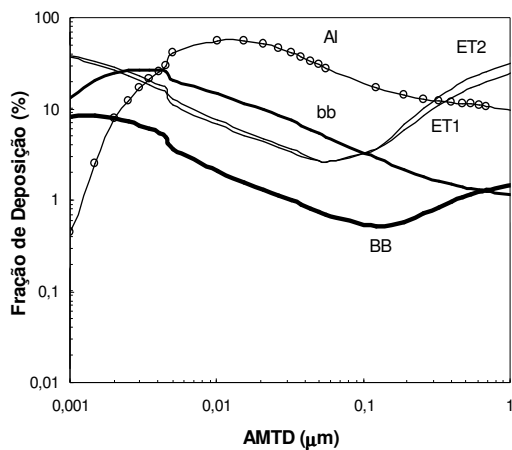


Figura 2.5 – Fração de deposição da atividade incorporada para um homem caucasiano com padrão de respiração nasal em função do AMTD (REIS, 2005).

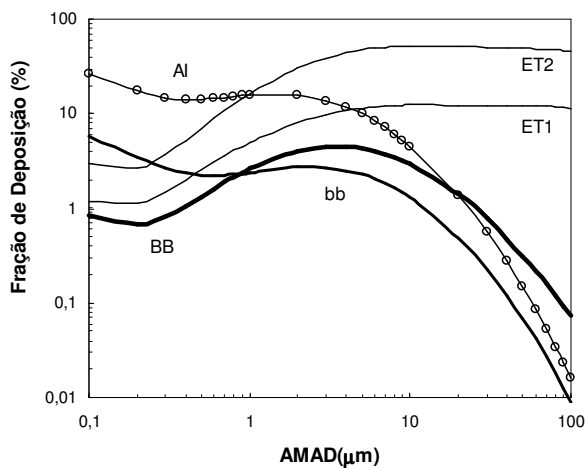


Figura 2.6 – Fração de deposição da atividade incorporada para um homem caucasiano com padrão de respiração bucal em função do AMAD (REIS, 2005).

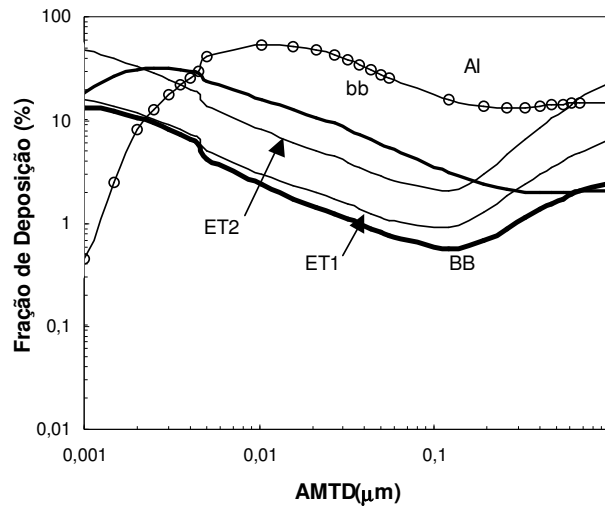


Figura 2.7 – Fração de deposição da atividade incorporada para um homem caucasiano com padrão de respiração bucal em função do AMTD (REIS, 2005).

Na literatura brasileira estudada não foram encontrados trabalhos que descrevam a morfometria das vias internas do pulmão. Os parâmetros usados para a população brasileira foram gerados pela equação de WEIBEL (1963), também utilizada pela ICRP, que permite calcular o diâmetro das vias internas do pulmão a partir do diâmetro da traquéia. GUIMARÃES (1994), ao desenvolver o simulador matemático do homem brasileiro, sugeriu o diâmetro da traquéia como  $d_0 = 1,5$  cm. Os valores apresentados na Tabela 2.3 são os diâmetros das vias internas do pulmão calculados pela Equação 1 (equação de Weibel) em função do número da geração (z) a que cada via pertence:

$$d_z = d_0 \times 2^{-z/3} \quad [1]$$

Tabela 2.3 – Parâmetros morfométricos adotados neste trabalho para o homem brasileiro.

<i>Região</i>	<i>Geração</i>	<i>Diâmetro (m)</i>
<b>Brônquial (BB)</b>	0	$1,50 \times 10^{-2}$
	1	$1,09 \times 10^{-2}$
	2	$0,77 \times 10^{-2}$
	3	$0,55 \times 10^{-2}$
	4	$0,40 \times 10^{-2}$
	5	$0,32 \times 10^{-2}$
	6	$0,26 \times 10^{-2}$
	7	$0,21 \times 10^{-2}$
<b>Bronquiolar (bb)</b>	8	$0,18 \times 10^{-2}$
	9	$0,1501 \times 10^{-2}$
	10	$0,1225 \times 10^{-2}$
	11	$0,0993 \times 10^{-2}$
	12	$0,0802 \times 10^{-2}$
	13	$0,0655 \times 10^{-2}$
	14	$0,0548 \times 10^{-2}$
<b>Alveolar Intersticial (AI)</b>	15	$0,0485 \times 10^{-2}$
	16	$0,0464 \times 10^{-2}$

Os parâmetros da fisiologia respiratória característicos da população brasileira em três níveis de atividade física, utilizados neste trabalho (Tabela 2.4), foram obtidos em estudos desenvolvidos diretamente com a população brasileira e disponíveis na literatura. Para os parâmetros não encontrados na bibliografia estudada foi adotada a mesma proporção entre os parâmetros apresentados para o homem caucasiano e para o homem brasileiro. Tais relações foram admitidas entre a capacidade pulmonar total (CPT) e volume do espaço morto ( $V_D$ ), uma vez que a CPT engloba o espaço morto das vias. O volume corrente (VC) é definido como volume de ar inspirado ou expirado a cada ciclo respiratório, quando não encontrado, foi calculado a partir da taxa de fluxo volumétrico ( $\dot{V}$ ) que é definido como o volume de ar expirado por unidade de tempo e da frequência respiratória ( $F_R$ ).

Tabela 2.4 – Parâmetros fisiológicos referentes a amostras da população brasileira.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valor</i>	<i>Referência</i>
Capacidade residual funcional (CRF)	3,45 L	NEDER <i>et al</i> (1999a)
Capacidade vital (CV)	5,12 L	NEDER <i>et al</i> (1999a)
Capacidade pulmonar total (CPT)	7,12 L	NEDER <i>et al</i> (1999a)
Volume do espaço morto da região ET ( $V_D(ET)$ )	0,051 L	*
Volume do espaço morto da região BB ( $V_D(BB)$ )	0,050 L	*
Volume do espaço morto da região bb ( $V_D(bb)$ )	0,048 L	*
Volume-minuto ( $\dot{V}E$ ) (R)	10,65 L/min	MADY (1985)
(S)	9,80 L/min	MARTUCCI <i>et al</i> (1992b)
(EP)	95,79 L/min	MADY (1985)
Volume corrente (VC) (R)	0,887 L	*
(S)	0,780 L	MARTUCCI <i>et al</i> (1992b)
(EP)	3,654 L	*

(R – repouso, S – sentado, EP – exercício pesado)

(\*) Valores estimados considerando-se uma relação de proporção entre a fisiologia caucasiana e brasileira.

As Figuras 2.8 a 2.17 apresentam as curvas com as variações nas frações de deposição, quando foram aplicados no modelo os parâmetros referentes à população brasileira apresentados nas Tabelas 2.3 e 2.4. As curvas contínuas representam as frações de deposição para brasileiros e as curvas pontilhadas representam as frações de deposição para caucasianos.

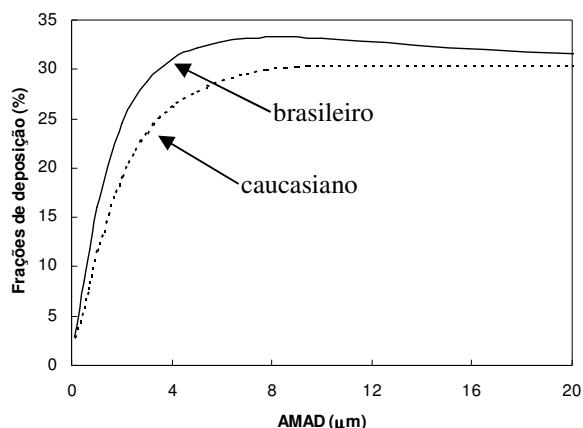


Figura 2.8 – Fração de deposição em  $ET_1$  para indivíduos em repouso (REIS, 2005).

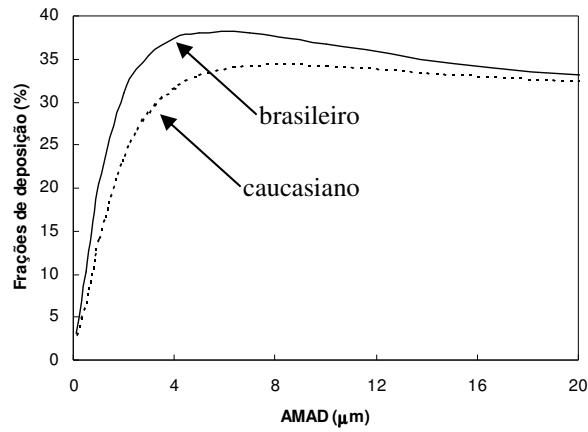


Figura 2.9 – Fração de deposição em ET<sub>2</sub> para indivíduos em repouso (REIS, 2005).

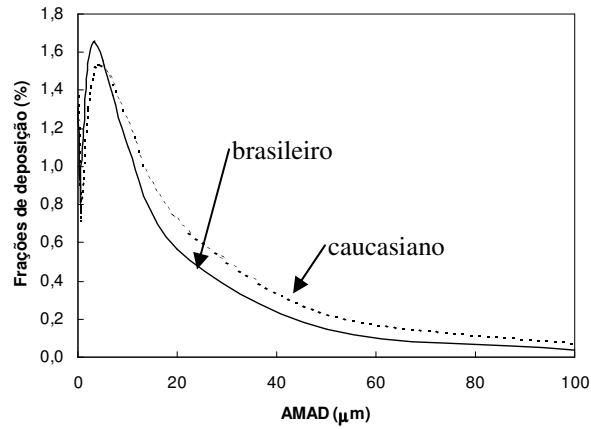


Figura 2.10 – Fração de deposição em BB para indivíduos em repouso (REIS, 2005).

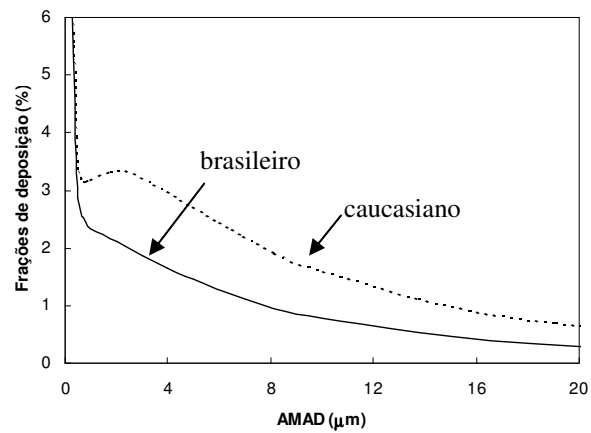


Figura 2.11 – Fração de deposição em bb para indivíduos em repouso (REIS, 2005).

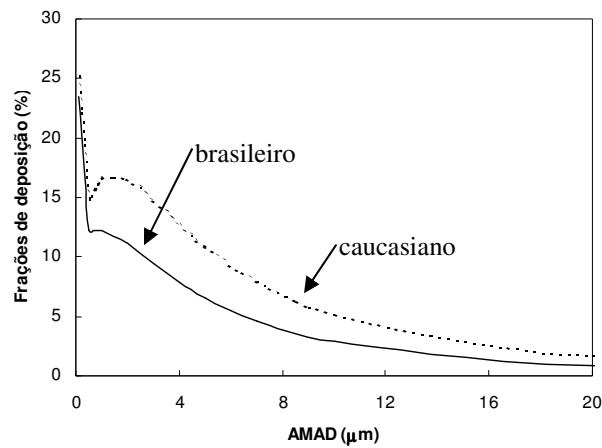


Figura 2.12 – Fração de deposição em AI para indivíduos em repouso (REIS, 2005).

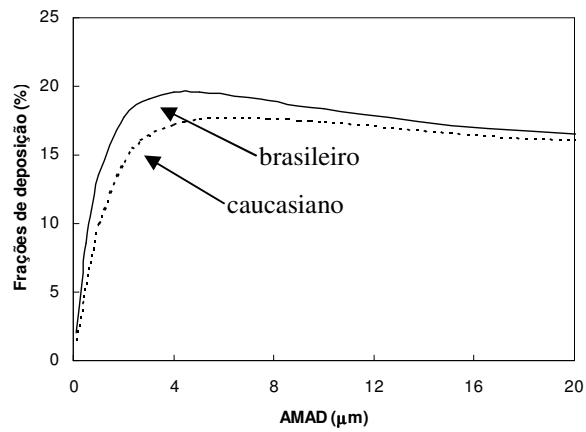


Figura 2.13 – Fração de deposição em ET<sub>1</sub> para indivíduos exercício pesado (REIS, 2005).

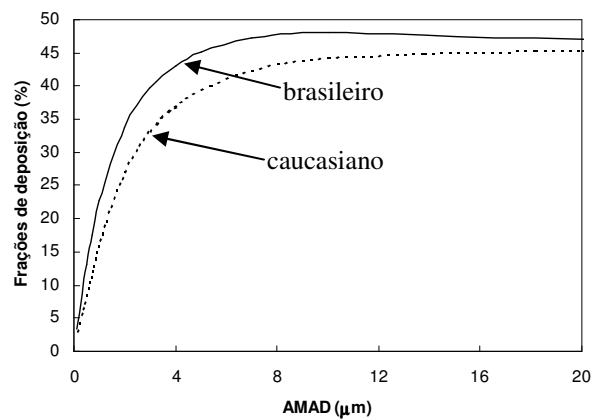


Figura 2.14 – Fração de deposição em ET<sub>2</sub> para indivíduos em exercício pesado (REIS, 2005).

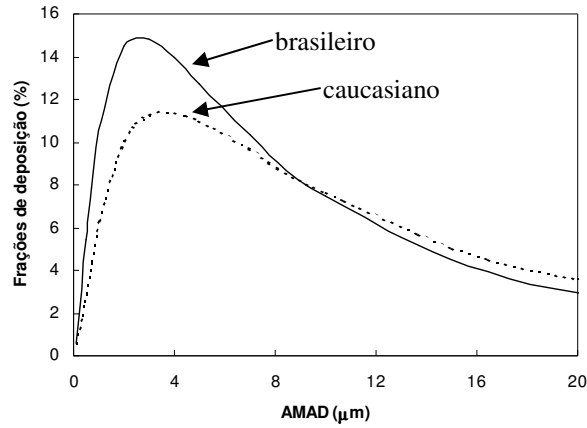


Figura 2.15 – Fração de deposição em BB para indivíduos em exercício pesado (REIS, 2005).

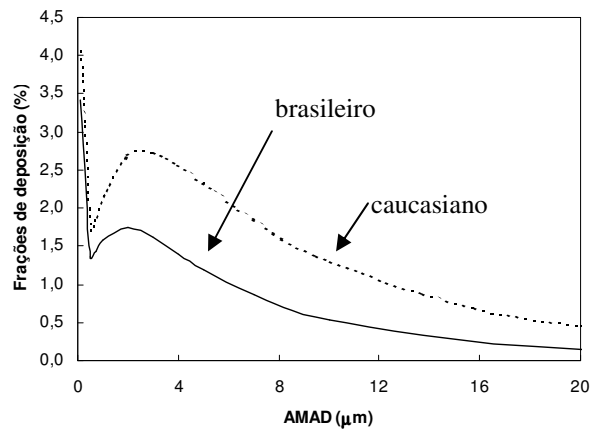


Figura 2.16 – Fração de deposição em bb para indivíduos em exercício pesado (REIS, 2005).

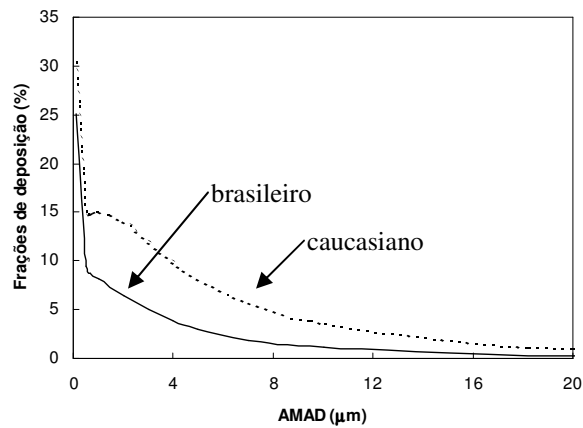


Figura 2.17 – Fração de deposição em AI para indivíduos em exercício pesado (REIS, 2005).



### 2.3.2 – Modelo de Liberação

O comportamento cinético do radionuclídeo no trato respiratório determina a dose equivalente nos tecidos do trato e em outros órgãos devido à dissolução do material inalado.

O material depositado nas regiões do trato respiratório, com exceção de  $ET_1$ , é liberado por três vias principais:

- absorção sanguínea;
- transporte para o trato gastrintestinal via faringe; e
- transporte para os nódulos linfáticos via canal linfático.

A taxa de liberação do material através de cada via depende do local de deposição do material no trato respiratório, da forma físico-química e do tempo de deposição do material. Um sistema de compartimentos é utilizado para representar diferentes taxas de transporte em uma mesma região. Cada compartimento libera o material depositado para outro compartimento com taxas constantes.

É assumido, no modelo, que as partículas depositadas na passagem nasal ( $ET_1$ ) serão removidas por meios extrínsecos, sendo devolvidas para o ambiente. O material depositado em ( $ET_2$ ) é liberado rapidamente pelos fluidos das paredes que cobrem esta região. Enquanto que, na região torácica, o material depositado nas regiões brônquica ( $BB_1$ ) e dos bronquíolos ( $bb_1$ ) é removido por movimentos mucociliar. Uma fração ( $f_s$ ) do material, determinada através do tamanho da partícula, é liberada a taxas menores, sendo representada pelos compartimentos  $BB_2$  e  $bb_2$ . O modelo considera que uma fração deste material está ligada às paredes das regiões e é liberada muito lentamente.

Os compartimentos  $ET_{seq}$ ,  $BB_{seq}$  e  $bb_{seq}$  são utilizados para representar o material retido nas paredes dos dutos e que é liberado via vasos linfáticos. A deposição na região AI foi dividida em três compartimentos, assumindo-se 30% em  $AI_1$ , 60% em  $AI_2$  e 10% em  $AI_3$ , independentemente do tamanho do particulado. A Figura 2.8 apresenta a estrutura do modelo de deposição e o transporte entre compartimentos, com os valores assinalados representando as taxas diárias de remoção.

O processo de transporte compete com o processo de absorção sanguínea. O processo de absorção ocorre em dois estágios: dissociação do material e absorção do material dissociado. O material depositado é dissolvido a uma taxa  $Sp$  e, ao mesmo tempo,

é convertido em um estado transformado a uma taxa  $S_{pt}$ , representando o processo de dissolução lenta, onde é dissolvido a uma taxa  $S_t$  (Figura 2.9).

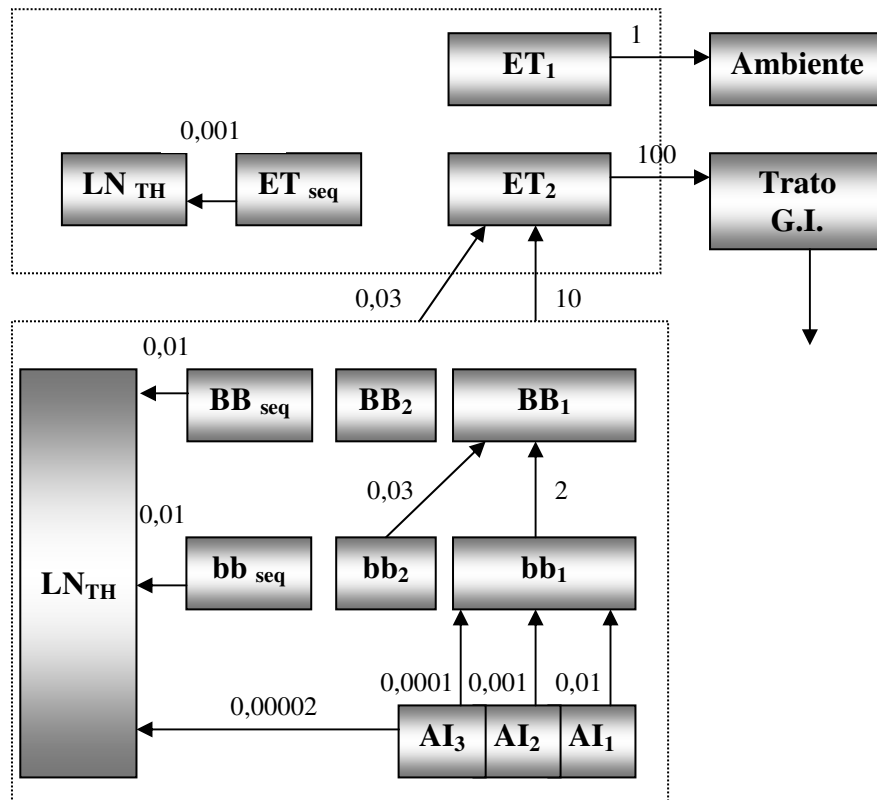


Figura 2.8 – Modelo de liberação por mecanismo de transporte compartimental (ICRP, 1994a).

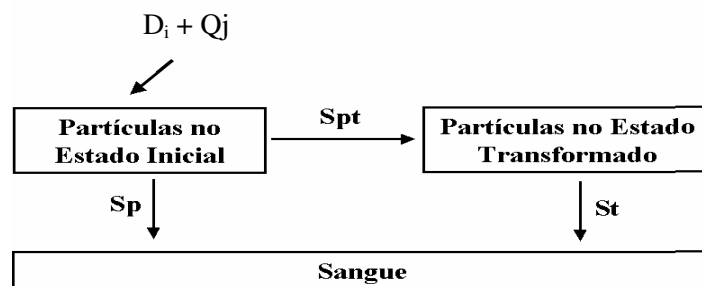


Figura 2.9 – Modelo de absorção sanguínea dependente do tempo, onde  $D_i$  é a função que descreve a deposição de atividade no compartimento  $i$  e  $Q_j$  é a função que descreve o transporte de atividade do compartimento  $j$  para o compartimento  $i$ .

Se o material dissociado tiver afinidade com o tecido no qual foi depositado, uma fração  $F_b$  ficará retida no tecido, não será afetada pelo mecanismo de transporte e será absorvida pelo sangue a uma taxa  $S_b$ . As taxas de dissolução e absorção são determinadas de acordo com a solubilidade do composto, que é classificado como sendo do tipo F

(dissolução rápida), tipo M (dissolução moderada) e tipo S (dissolução lenta). A Tabela 2.5 apresenta as taxas de dissolução de acordo com a classificação do composto. O modelo proposto considera que não há material ligado, ou seja,  $Fb$  é igual a zero.

Tabela 2.5 – Taxas de absorção para materiais do tipo F, M e S (ICRP, 1994a).

<i>Tipo de absorção</i>	<i>F (rápido)</i>	<i>M (moderado)</i>	<i>S (lento)</i>
Taxa de dissolução inicial, $Sp$ ( $d^{-1}$ )	100	10	0,1
Taxa de transformação, $Spt$ ( $d^{-1}$ )	0	90	100
Taxa de dissolução final, $St$ ( $d^{-1}$ )	*	0,005	0,0001
Fração em estado ligado, $Fb$	0	0	0
Taxa de absorção do estado ligado, $Sb$ ( $d^{-1}$ )	*	*	*

(\*) Valores não definidos.

Sendo um modelo compartimental (Figura 2.8) foi utilizado, para resolver o processo de competição entre transporte do material depositado e absorção sanguínea, um sistema de equações diferenciais de primeira ordem que permite estimar as frações de atividade em cada compartimento em função do tempo (REIS *et al*, 2005). O sistema de equações é composto por duas partes, onde a primeira representa a atividade das partículas no estado “inicial” e é composta por 14 equações, e a segunda representa a atividade das partículas no estado “transformado”, e é composta por 13 equações. O estado “ligado” não foi implementado, uma vez que a ICRP assume ser nula a fração de material neste estado,  $Fb = 0$  (Tabela 2.5). A concentração de material em cada compartimento do modelo biocinético, que para simplificar, não considera o decaimento radioativo, é dada por,

$$\frac{dQ_i}{dt} = D_i(t) + \sum_j Q_j(t)\lambda_{ij} - Q_i(t)\sum_k \lambda_{ik} \quad [2]$$

onde:

$Q_i(t)$  – atividade presente no compartimento (i) no instante t

$Q_j(t)$  – atividade presente nos compartimentos precedentes (j) no instante t

$D_i(t)$  – função que descreve a taxa de deposição do radionuclídeo no compartimento i

$\lambda_{ij}$  – taxa de transferência de atividade do compartimento j para o compartimento i

$\lambda_{ik}$  – taxa de transferência de atividade do compartimento i para os compartimentos posteriores (k)

As equações foram resolvidas algebricamente pelo método de integração e as soluções obtidas são funções exponenciais temporais, que permitem estimar as frações do material depositado absorvidas no sangue. A Figura 2.10 apresenta a fração cumulativa de material que atinge a corrente sanguínea, em função do tempo decorrido após a incorporação, de acordo com o tipo de solubilidade do composto.

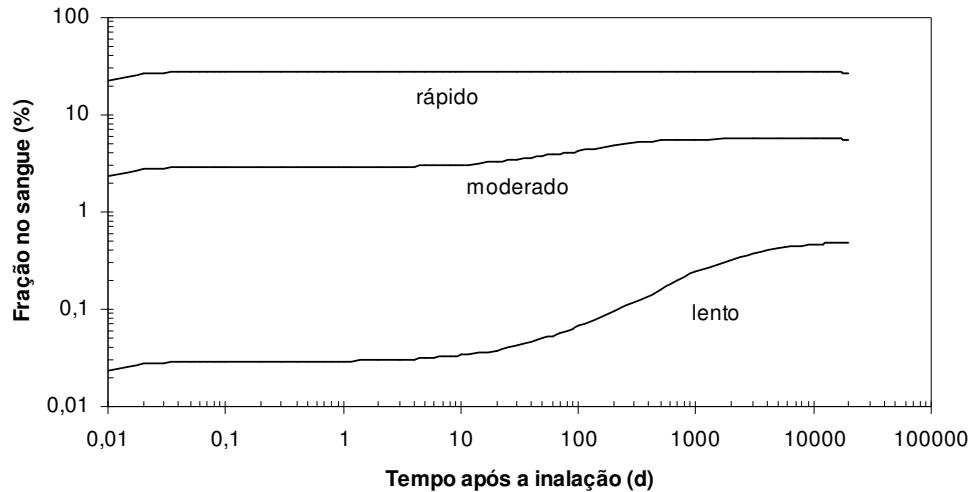


Figura 2.10 – Fração cumulativa de atividade absorvida pelo sangue após a incorporação, de acordo com a dissolução do material (rápida, moderada ou lenta) (REIS, 2005).

Após a aplicação dos parâmetros apresentados nas Tabelas 2.3 e 2.4 foram observadas alterações nas frações cumulativas de material depositado que atinge a corrente sanguínea. As variações são mais acentuadas para os compostos de solubilidade moderada e lenta, e tais resultados estão apresentados nas Figuras 2.11 e 2.12.

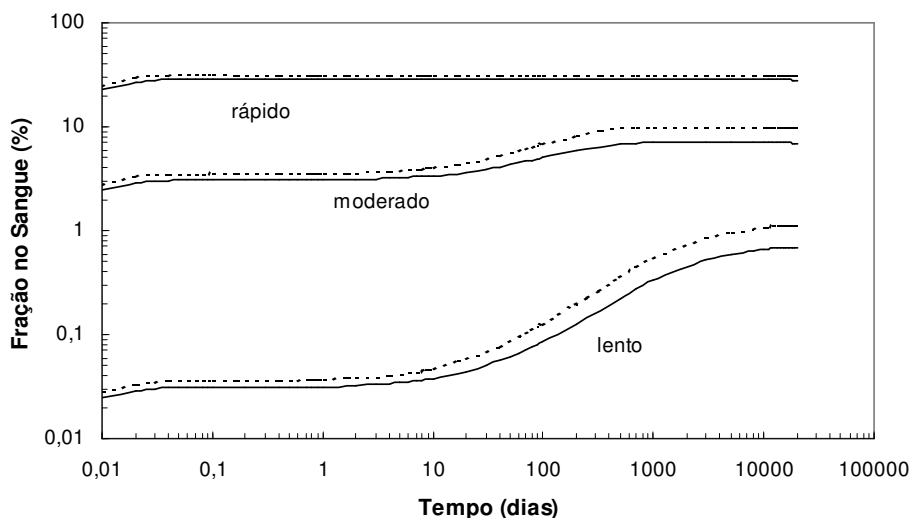


Figura 2.11 – Fração cumulativa de atividade transferida para o sangue durante um período de 50 anos após a incorporação de aerossol com AMAD igual a  $5 \mu\text{m}$ , considerando-se o indivíduo na condição de repouso (REIS, 2005).

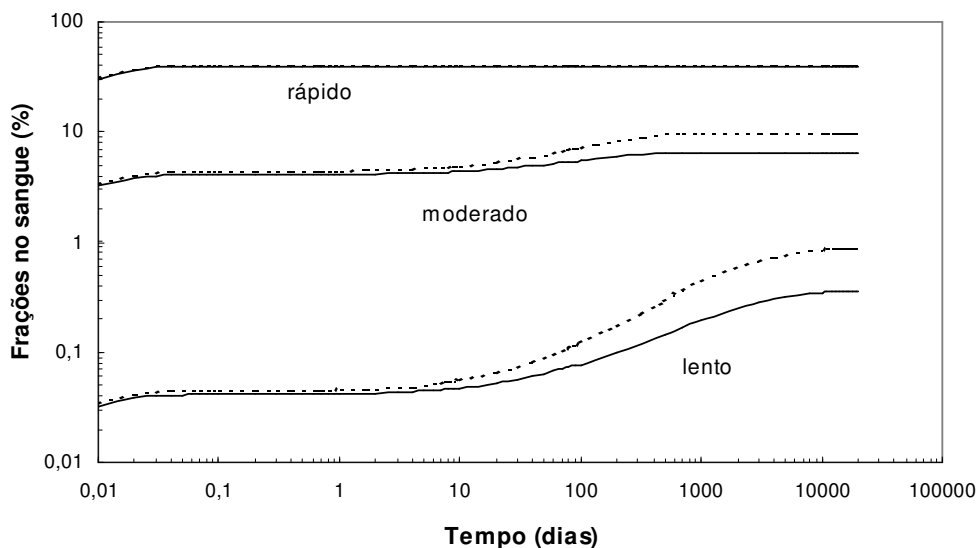


Figura 2.12 – Fração cumulativa de atividade transferida para o sangue durante um período de 50 anos após a incorporação de aerossol com AMAD igual a  $5 \mu\text{m}$ , considerando-se o indivíduo na condição de exercício pesado (REIS, 2005).

### 2.3.3 – Modelo Dosimétrico

O modelo dosimétrico do trato respiratório humano tem por objetivo calcular a dose equivalente nos tecidos do trato que são considerados de risco quando ocorre a inalação de material radioativo. Os tecidos de risco considerados no modelo são: região extratorácica (ET), região brônquica (BB), região dos bronquíolos (bb), região dos alvéolos (AI) e tecidos linfáticos (LN).

O modelo é baseado nas recomendações da Publicação 30 da ICRP (1979), Publicação 56 da ICRP (1989) e Publicação 60 da ICRP (1991). A dose equivalente comprometida  $H_T$ , em cada tecido alvo  $T$ , proveniente de radiações emitidas no tecido fonte  $S$ , é determinada pelo produto de dois fatores:

- (a) o número total de transformações do radionuclídeo no tecido fonte  $S$  durante um período de tempo  $t$  após a incorporação;
- (b) a energia absorvida por unidade de massa no tecido alvo  $T$ , ponderada pelo fator de peso da radiação, para cada radiação emitida por transformação no tecido fonte  $S$ .

A taxa de dose equivalente no tecido alvo  $T$  inclui contribuições da atividade do radionuclídeo presente em outros órgãos do corpo.

Para radiações de curto alcance como partículas alfa, elétrons e emissores beta, é importante considerar a não uniformidade das transformações radioativas nas vias aéreas em relação à localização das células alvo. O modelo considera as emissões de

radionuclídeos passando pelo processo de transporte na superfície das vias, as emissões de radionuclídeos retidos nos tecidos das vias e as emissões dos radionuclídeos absorvidos no sangue. Durante o processo de absorção sanguínea pode ocorrer ligação química entre o material e as paredes das vias respiratórias. O número de transformações que ocorre durante o período de ligação do material às paredes das vias é avaliado pelo compartimento que representa o material ligado.

No cálculo das frações absorvidas, o modelo assume que para radiações de curto alcance, cada região do trato respiratório tem a possibilidade de estar exposta aos seguintes tecidos fontes:

a. na região  $ET_1$  é considerado que o radionuclídeo é depositado na superfície da pele, o que possibilita apenas um tecido fonte nesta região;

b. a região  $ET_2$  possui três possíveis tecidos fontes: a camada de muco que cobre a superfície do tecido epitelial, partículas retidas por macrófagos e o material ligado por afinidade química com o tecido;

c. a região dos bronquíolos (bb) e a região dos brônquios (BB) podem ser alvos de cinco distintos tecidos fontes: o muco que cobre os cílios do tecido epitelial, a camada na qual os cílios estão imersos, as partículas retidas por macrófagos, o material ligado por afinidade química com o tecido e o material retido na região dos alvéolos;

d. na região alveolar intersticial (AI) assume-se que, para radiações emitidas dentro desta região, a fração de energia absorvida  $AF(AI \leftarrow AI)$  é a unidade. Para as outras fontes, as frações de energia absorvidas podem ser desprezíveis e portanto:

$$AF(AI \leftarrow BB) = AF(AI \leftarrow bb) = AF(AI \leftarrow ET) = 0 \quad [3]$$

e. nos nódulos linfáticos assume-se que, para radiações alfa emitidas dentro desta região, a fração de energia absorvida  $AF(LN_{ET} \leftarrow LN_{ET})_\alpha$  e  $AF(LN_{TH} \leftarrow LN_{TH})_\alpha$  é a unidade. Como os nódulos linfáticos estão envolvidos pelos alvéolos, para elétrons de alta energia depositados no compartimento  $LN_{TH}$ , podem ocorrer emissões cruzadas com os alvéolos, desta forma,

$$AF(LN_{TH} \leftarrow LN_{TH})_{\beta,e} = AF(AI \leftarrow LN_{TH})_{\beta,e} = 0,5. \quad [4]$$

Para todos os outros tecidos tanto para elétrons, radiação beta ou partículas alfa, considera-se que  $AF(T \leftarrow LN_{TH})_{\beta,\alpha,e} = AF(T \leftarrow LN_{ET})_{\beta,\alpha,e} = 0$ .

São apresentados pela ICRP 66 (1994), Anexo H, os métodos utilizados para avaliar as frações absorvidas,  $AF(T \leftarrow S)$ , para partículas alfa, elétrons e partículas beta e os valores de massa do tecido ( $M_T$ ). São apresentadas as frações de absorção para partículas com valores discretos de energia e também as equações para o cálculo da fração de absorção em função da energia da partícula.

Para fótons (emissores gama) é suficiente considerar a não uniformidade na dose entre tecido respiratório no interior do tórax e as vias externas ao tórax. Entretanto, deve-se considerar as contribuições de emissores gama depositados em outros órgãos do corpo que podem irradiar o trato respiratório. São recomendadas (ICRP 66, Anexo G) as frações específicas absorvidas,  $SAF(T \leftarrow S)$ , calculadas por CRISTY e ECKERMAN (1987). Foram utilizados valores discretos de energias entre 0,01 MeV a 4,0 MeV, para fótons com energias intermediárias o valor de  $SAF(T \leftarrow S)$  é obtido por interpolação linear em função da energia do fóton.

O cálculo da dose, em cada região, segue a metodologia adotada pela ICRP Publicação 30 (1979), onde a dose equivalente comprometida num tecido alvo é determinada pela energia absorvida por unidade de massa que foi emitida pelo órgão fonte. As Equações 5 e 6 apresentam a dose equivalente nas regiões extratorácica e torácica, respectivamente, e são calculadas pela soma das doses equivalentes nos tecidos destas regiões ponderadas pelo fator  $A_i$ , que representa a radiosensibilidade de cada tecido (Tabela 2.6):

$$H_{ET} = H_{ET1} A_{ET1} + H_{ET2} A_{ET2} + H_{LNET} A_{LNET} \quad [5]$$

$$H_{TH} = H_{BB} A_{BB} + H_{bb} A_{bb} + H_{LNTH} A_{LNTH} \quad [6]$$

Tabela 2.6 – As massas e a sensibilidade relativa de cada tecido do modelo do trato respiratório (ICRP, 1994a).

<i>Tecido</i>	<i>Massa (kg)</i>	<i>Sensibilidade relativa <math>A_i</math></i>
<b>Região Extratorácica</b>		
ET <sub>1</sub> (passagem nasal anterior)	0,00005	0,001
ET <sub>2</sub> (passagem nasal posterior)	0,00045	0,998
LN <sub>ET</sub> (nódulos linfáticos)	0,015	0,001
<b>Região Torácica</b>		
BB basal (brônquios)	0,00043	0,1665
BB secretora (brônquios)	0,00086	0,1665
bb (bronquíolos)	0,0019	0,333
AI (alvéolos)	1,1	0,333
LN <sub>TH</sub> (nódulos linfáticos)	0,015	0,001

## 2.4 – Modelo do Trato Gastrointestinal Humano

O sistema gastrointestinal adotado pela ICRP Publicação 30 (1979) é dividido em quatro compartimentos (Figura 2.13):

- a. estômago (ST)
- b. intestino delgado (SI)
- c. intestino grosso superior (ULI)
- d. intestino grosso inferior (LLI)

O processo de cinética de primeira ordem também foi considerado para descrever o transporte do radionuclídeo nestes quatro compartimentos. Materiais radioativos podem ser incorporados diretamente no trato gastrointestinal, devido à ingestão de alimentos, depositando-se diretamente no estômago ou através da remoção mucociliar do material depositado no trato respiratório e por transferência de radionuclídeos contidos no plasma para o trato gastrointestinal.

O modelo considera que durante a passagem do material incorporado pelo intestino delgado uma fração ( $f_i$ ) da atividade é absorvida pelos fluidos do corpo. A fração da atividade absorvida ( $f_i$ ) depende da solubilidade do composto. Quando o valor de  $f_i$  for



igual a 1 (um) é assumido que o radionuclídeo passa diretamente do intestino delgado para os fluidos do corpo sem passar pelas outras seções do trato gastrintestinal. Quando o valor de  $f_1$  é muito menor do que 1 (um) significa que uma pequena fração da atividade será absorvida pelos fluidos do corpo, sendo a maior parte excretada pelas fezes. Para os compostos de urânio  $f_1$  assume os seguintes valores de acordo com a solubilidade do composto incorporado: 0,002 (solubilidade lenta), 0,02 (solubilidade moderada e solubilidade rápida).

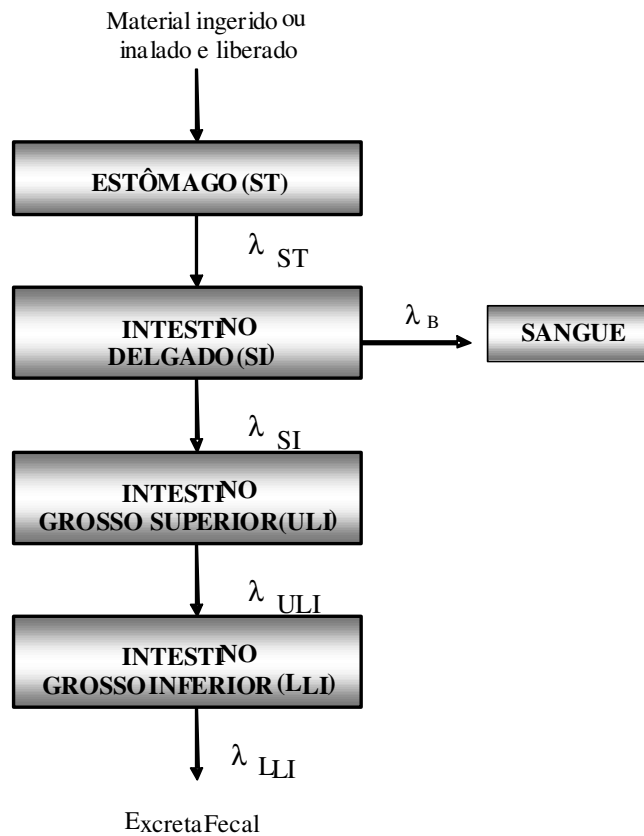


Figura 2.13 – Trato Gastrintestinal apresentado pela ICRP 30 (1979).

A Tabela 2.7 apresenta os valores da massa da parede, da massa do conteúdo, da taxa de transferência e da meia-vida de residência do material em cada seção do trato gastrintestinal. A taxa de transferência do intestino delgado para o sangue é calculada a partir da fração de solubilidade ( $f_1$ ) do material, como na equação 7:

$$\lambda_B = \frac{f_1 \lambda_{SI}}{1 - f_1} \quad [7]$$

Os parâmetros da Tabela 2.7 são utilizados para o cálculo da energia específica efetiva (*EEE*) em cada seção, pois como os órgãos do trato gastrointestinal são ocos, a dose equivalente  $H_T$  é estimada nas paredes dos órgãos e o valor da *EEE* deve ser estimado separadamente para radiação penetrante (p) e não penetrante (np) como será apresentado na seção 2.6.1.1.

Tabela 2.7 – Massa da parede, massa do conteúdo, a taxa de transferência e a meia-vida de residência do material em cada compartimento do trato gastrointestinal (ICRP, 1979).

<i>Seção do Trato Gastrointestinal</i>	<i>Massa da parede (g)</i>	<i>Massa do conteúdo (g)</i>	<i>Meia-vida de residência (d)</i>	$\lambda$ (d <sup>-1</sup> )
Estômago	150	250	1/24	24
I. Delgado	640	400	4/24	6
I. G. Superior	210	220	13/24	1,8
I. G. Inferior	160	135	24/24	1

Este modelo do trato gastrointestinal (ICRP 30) foi revisado na ICRP 100 (2007). A proposta para o novo modelo fisiológico é mais abrangente, apresenta um número maior de compartimentos e faz uma simulação detalhada do sistema gastrointestinal considerando a radiosensibilidade específica dos órgãos e tecidos alvos. Neste trabalho será utilizado o modelo da ICRP 30 para que os coeficientes de dose calculados possam ser comparados com os coeficientes de dose apresentados pela ICRP 71.

## 2.5 – Modelo Sistêmico

O radionuclídeo presente no compartimento de transferência (sangue), proveniente da incorporação via trato respiratório, trato gastrointestinal ou injeção, vai se depositar nos órgãos e tecidos de maior afinidade até ser excretado, como esquematizado na Figura 2.14 (ICRP, 1979). O comportamento metabólico do material depende do tipo de composto incorporado. O modelo sistêmico descreve o comportamento (distribuição, retenção e excreção) do radionuclídeo a partir do sangue. Estes modelos são elaborados a partir de conhecimentos sobre o comportamento de radionuclídeos no corpo humano e à medida que surgem novas informações, os modelos podem ser reformulados. As Publicações 56 (1989), 67 (1994) e 69 (1994) da ICRP apresentam os modelos biocinéticos específicos para idade e para diferentes radionuclídeos. Neste trabalho foi adotado o modelo sistêmico do urânio apresentado pela ICRP Publicação 69 (1994).

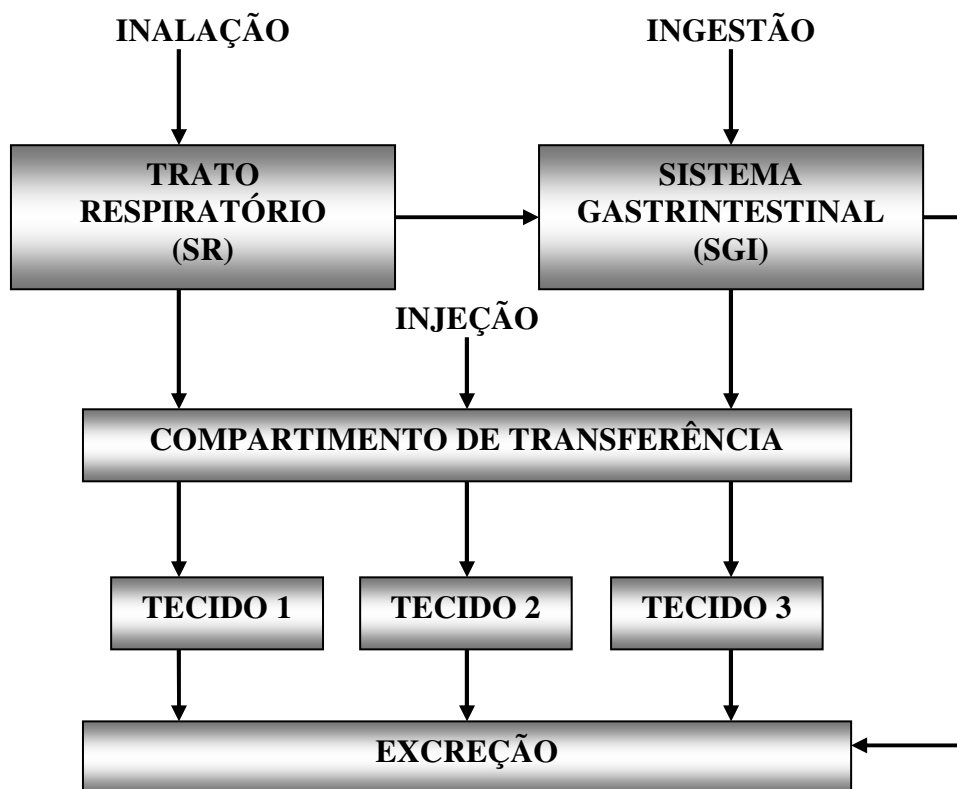


Figura 2.14 – Esquema geral do comportamento sistêmico de radionuclídeo no organismo (ICRP, 1979).

### 2.5.1 – Modelo Sistêmico para Urânio

O conhecimento sobre o comportamento do urânio na corrente sanguínea baseia-se em estudos realizados em humanos, pacientes hospitalizados nos quais foi ministrado urânio e pessoas que ingeriram água que continha urânio, assim como em animais, a saber, ratos, coelhos, babuínos e cães. A partir dos dados obtidos nestes estudos sobre absorção, metabolismo, retenção e excreção de urânio a ICRP Publicação 69 (1994) apresentou o modelo sistêmico representado na Figura 2.15, cujas taxas de transferência entre os compartimentos, para um indivíduo adulto, estão apresentadas na Tabela 2.8.

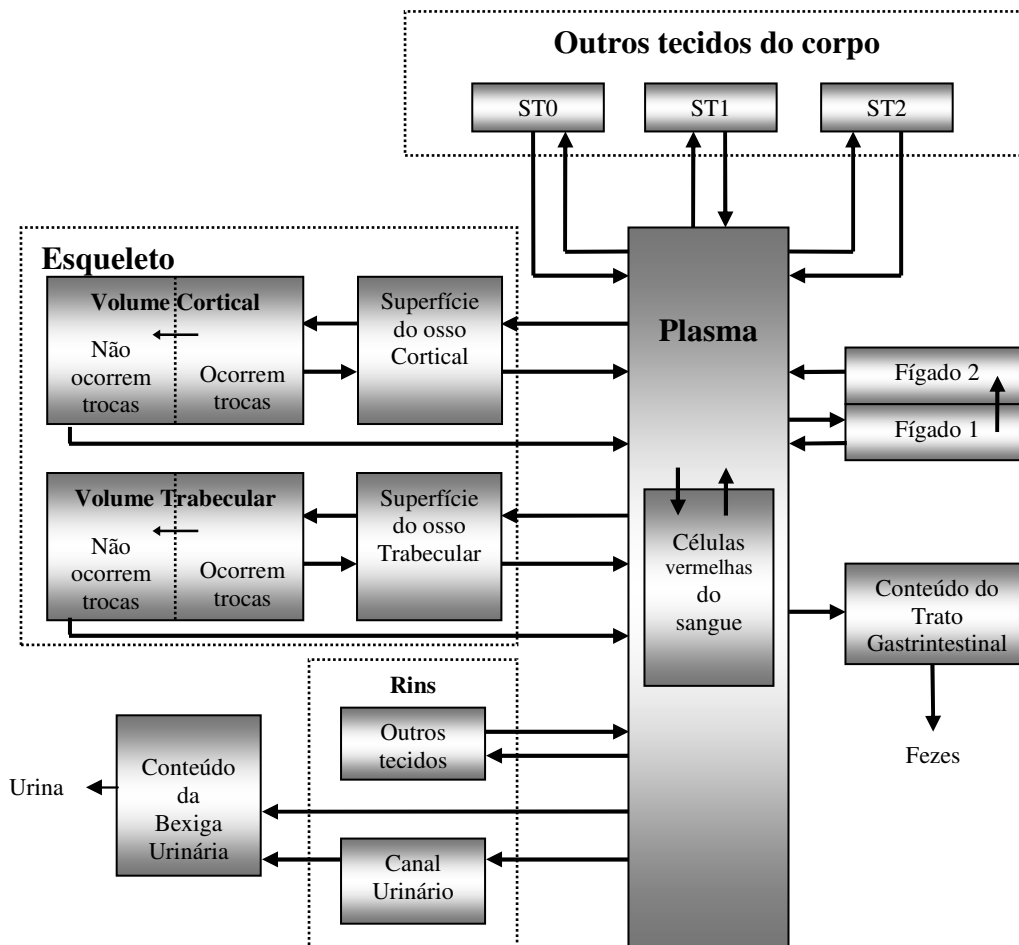


Figura 2.15 – Esquema geral do comportamento sistêmico de alcalinos terrosos e urânio no organismo (ICRP, 1994d).

Tabela 2.8 – Taxas de transferências entre os compartimentos do modelo biocinético do Urânio (ICRP, 1994d).

<i>Via de Transferência</i>	<i>Taxa (dias<sup>-1</sup>)</i>
ST0 → Plasma	8,32E+00
ST1 → Plasma	3,47E-02
ST2 → Plasma	1,90E-05
Superfície do osso cortical → Plasma	6,93E-02
Volume do osso cortical sem troca → Plasma	8,21E-05
Superfície do osso trabecular → Plasma	6,93E-02
Volume do osso trabecular sem troca → Plasma	4,93E-04
Fígado 1 → Plasma	9,20E-02
Plasma → ST0	1,05E+01
Plasma → ST1	1,63E+00
Plasma → ST2	7,35E-02
Plasma → Superfície cortical	1,63E+00
Volume do osso cortical → Superfície do osso cortical	1,73E-02
Superfície do osso cortical → Volume do osso cortical com troca	6,93E-02
Volume do osso cortical com troca → Volume do osso cortical sem troca	5,78E-03
Plasma → Superfície do osso trabecular	2,04E+00
Volume do osso trabecular → Superfície do osso trabecular	1,73E-02
Superfície do osso trabecular → Volume do osso trabecular com troca	6,93E-02
Volume osso trabecular com troca → Volume osso trabecular sem troca	5,78E-03
Plasma → Fígado 1	3,67E-01
Plasma → Bexiga Urinária	1,54E+01
Plasma → U.L.I.	1,22E-01
Rins (outros tecidos) → Plasma	3,80E-04
Fígado II → Plasma	1,90E-04
Plasma → Rins (outros tecidos)	1,22E-02
Fígado 1 → Fígado 2	6,93E-03
Rins (outros tecidos) → Bexiga	9,90E-02
Plasma → Células Vermelhas do Sangue	2,45E-01
Plasma → Rins (vias urinárias)	2,94E+00
Células vermelhas do sangue → Plasma	3,47E-01

O urânio, no sangue, comporta-se diferente dos actínídeos. Quando o urânio atinge a corrente sanguínea, reage com o oxigênio presente no sangue formando o íon uranila ( $\text{UO}_2^{+2}$ ). Assim, aplica-se ao urânio o modelo dos alcalinos terrosos, pois a carga +2 do íon faz com que este apresente um comportamento biocinético semelhante ao cálcio, estrôncio e rádio, com diferenças nas taxas de transferência (ICRP, 1994d).

Ao ser incorporado, o urânio se distribui pelos órgãos da seguinte maneira: a atividade absorvida no plasma, incorporada via trato gastrointestinal ou pulmões, é retida nas superfícies ósseas, nos rins, no fígado e outros tecidos moles, e excretada pela bexiga e para as fezes. A atividade liberada dos tecidos moles, superfície óssea, rins e fígado retorna para o plasma. Assume-se que a atividade que retorna ao plasma é redistribuída entre tecidos e excreta.

O esqueleto é dividido em osso cortical e osso trabecular e estes divididos em compartimentos que representam suas superfícies e seus volumes. A atividade depositada nas superfícies ósseas (cortical e trabecular) é distribuída rapidamente e retorna para o plasma em poucos dias; uma fração migra para o volume do osso, o qual está dividido em dois sub-compartimentos: volume do osso com troca e volume do osso sem troca. A atividade liberada pelo volume do osso com troca retorna para a superfície óssea e a atividade retida no volume do osso sem troca retorna lentamente para o plasma. A atividade que passa através dos rins para a bexiga ou passa pelo intestino delgado é excretada do organismo.

## 2.6 – Modelo Dosimétrico – Coeficientes de Dose

A Dose Efetiva  $E$  é definida como:

$$E = \sum_T w_T H_T \quad [8]$$

onde  $w_T$  é o fator de peso para o tecido alvo e  $H_T$  é a dose equivalente para o tecido ou órgão  $T$ . A taxa de dose equivalente na idade  $t$  em um órgão alvo  $T$  de um indivíduo de idade  $t_0$  no momento da incorporação é dada por:

$$H_T(t, t_0) = c \sum_s \sum_j q_{s,j}(t) EEE(T \leftarrow S; t)_j \quad [9]$$

onde  $q_{s,j}(t)$  é a atividade do radionuclídeo  $j$  presente no órgão fonte  $S$  na idade  $t$ ;  $EEE(T \leftarrow S; t)$  é a energia total absorvida por unidade de massa no tecido alvo  $T$  e  $c$  é um coeficiente constante de valor  $1,6 \times 10^{-13}$  joule por MeV. A dose equivalente no órgão alvo acumulada em 70 anos e devido a uma única incorporação na idade  $t_0$ ,  $H_T(t_0)$  é:

$$H_T(t_0) = c \int_{t_0}^{70} \sum_s \sum_j q_{s,j}(t) EEE(T \leftarrow S; t)_j dt \quad [10]$$

Para qualquer radionuclídeo, a energia específica efetiva  $EEE$  na idade  $t$  é definida como:

$$EEE(T \leftarrow S; t) = \sum_R \frac{w_R E_R Y_R AF(T \leftarrow S; t)_R}{M_T(t)} \quad [11]$$

onde  $w_R$  é o fator de peso da radiação  $R$  (Tabela 2.9),  $E_R$  é a energia da radiação  $R$ ,  $Y_R$  é o rendimento da radiação por transformação nuclear,  $AF(T \leftarrow S; t)_R$  é a fração de energia da radiação emitida no órgão fonte  $S$ , que é absorvida no tecido alvo  $T$  na idade  $t$ , e  $M_T(t)$  é a massa do tecido alvo na idade  $t$ .

A fração absorvida ( $AF$ ) representa a fração da energia, de um tipo particular de radiação, emitida na região fonte  $S$ , que é absorvida no alvo  $T$ . A fração absorvida  $AF$  é definida como:

$$AF(T \leftarrow S) = \frac{\text{Energia absorvida em } T}{\text{Energia emitida em } S} \quad [12]$$

As frações de absorvidas são específicas para cada tipo de radiação. Para fótons, os valores das frações absorvidas recomendados pela ICRP foram estimados a partir de estudos de transporte de radiação e são apresentados em função da energia do fóton por CRISTY e ECKERMAN (1987).

Para as radiações alfa e beta assume-se que quando o órgão / tecido fonte ( $S$ ) é também o órgão / tecido alvo ( $T$ ) a  $AF$  é igual a 1, ou seja,  $AF(T \leftarrow T=S) = 1$ . Para outras situações em que a fonte não seja o próprio alvo, assume-se  $AF = 0$ . Considerações especiais são necessárias para órgão com parede (ocos) e ossos (seção 2.6.1.1).

Tabela 2.9 – Fator de peso da radiação por faixa de energia (ICRP, 1979).

<i>Tipos e faixas de energia</i>	<i>Fator de peso <math>W_R</math></i>
Fótons, todas energias	1
Elétrons, todas energias	1
Nêutrons <10 keV	5
Nêutrons, 10 keV a 100 keV	10
Nêutrons, >100 keV a 2 MeV	20
Nêutrons, >2 MeV a 20 MeV	10
Nêutrons, 10 keV a 100 keV	5
Prótons < 2 MeV	5
Partículas alfa, fragmentos de fissão e núcleos pesados	20

Para um homem adulto, a energia específica efetiva não é função do tempo, assim:

$$H_T(t_0) = c \sum_s \sum_j U_{s,j}(t) EEE(T \leftarrow S)_j \quad [13]$$

onde  $U_{s,j}$  é o número total de transformações nucleares do radionuclídeo  $j$  na fonte  $S$  durante um período de 50 anos após a incorporação, isto é:

$$U_{s,j} = \int_0^{50} q_{s,j}(t) dt \quad [14]$$

Quando ocorre o decaimento de produtos radioativos dentro do corpo devido à incorporação de radionuclídeo, a contribuição de cada produto, assinalada pela letra  $j$  nas equações, são incluídas no cálculo da dose efetiva comprometida por unidade de incorporação.

A dose efetiva comprometida  $E$  é definida para indivíduo do público como,

$$E(70-t_0) = \sum_{t=1}^{12} W_T H_T(70-t_0) + W_{rem} H_{rem}(70-t_0) \quad [15]$$



e para trabalhadores como,

$$E(50) = \sum_{T=1}^{12} W_T H_T(50) + W_{rem} H_{rem}(50) \quad [16]$$

onde  $H_T$  é a dose equivalente para o tecido ou órgão  $T$ ,  $H_{rem}$  é a dose equivalente para os tecidos ou órgãos restantes,  $W_T$  é o fator de peso para o tecido alvo e  $W_{rem}$  é o fator de peso para os tecidos ou órgãos restantes (ICRP, 1991). Os fatores de peso foram revisados e publicados novos valores para os fatores de peso dos tecidos (Tabela 2.10).

Tabela 2.10 – Fatores de peso para os tecidos alvos apresentados pela ICRP (1991 e 2007).

<i>Órgãos ou Tecidos</i>	<i>Fator de peso, <math>W_T</math> (1991)</i>	<i>Fator de peso, <math>W_T</math> (2007)</i>
Gônadas	0,20	0,08
Medula óssea	0,12	0,12
Cérebro	-----	0,01
Cólon	0,12	0,12
Pulmão	0,12	0,12
Estômago	0,12	0,12
Bexiga	0,05	0,04
Mamas	0,05	0,12
Fígado	0,05	0,04
Esôfago	0,05	0,04
Tireóide	0,05	0,04
Glândulas salivares	-----	0,01
Pele	0,01	0,01
Superfície óssea	0,01	0,01
Restantes	0,05*	0,12**

\* Adrenais, Cérebro, Vias extratorácicas, Intestino delgado, Rins, Músculo, Pâncreas, Baço, Timo e Útero.

\*\* Adrenais, Região extratorácica, Vesícula, Coração, Rins, Nódulo Linfáticos, Músculo, Mucosa oral, Pâncreas, Próstata, Intestino delgado, Baço, Timo e Útero.

O método para tratamento dos restantes foi modificado em relação ao usado na Publicação 30 da ICRP. A Tabela 2.11 apresenta os tecidos e órgãos considerados ‘restantes’ pela ICRP Publicação 60 (1991). No caso excepcional no qual o tecido ou órgão

restante receba a mais alta dose equivalente comprometida de todos os órgãos, um fator de peso de 0,025 (metade dos restantes) é aplicado a este tecido ou órgão, e 0,025 para a dose equivalente comprometidas nos demais tecidos e órgãos restantes.

A dose equivalente para os tecidos ou órgãos restantes é calculada como a dose média ponderada em massa para 10 órgãos, pois as vias extratorácicas foram adicionadas à lista dos tecidos restantes (ICRP, 1994c), conforme definido no modelo para o sistema respiratório.

Seja,  $H_{max}$  o maior valor de dose equivalente entre os órgãos com fatores de peso explícitos,  $H_{T'}$  a maior valor de dose equivalente entre tecidos ou órgãos restantes,  $M_T$  a massa do tecido ou órgão onde a soma abrange os 10 tecidos ou órgãos restantes. Logo a dose equivalente nos tecidos ou órgãos restantes é dada pelas Equações 17 e 18:

$$H_{rem} = \frac{\sum_{T=1}^{10} M_T H_T}{\sum_{T=1}^{10} M_T} \text{ se } H_{T'} \leq H_{max} \quad [17]$$

$$H_{rem} = 0,5 \left[ \frac{\sum_{T=1, T \neq T'}^{10} M_T H_T}{\sum_{T=1, T \neq T'}^{10} M_T} + H_{T'} \right] \text{ se } H_{T'} > H_{max} \quad [18]$$

Tabela 2.11 – Órgãos e Tecidos Restantes com suas respectivas massas (ICRP, 1995).

<i>Órgãos ou Tecidos Restantes</i>	<i>Massa (g)</i>
Músculo	28000
Cérebro	1400
Intestino Delgado	640
Rins	310
Pâncreas	100
Baço	180
Timo	20
Útero	80
Adrenais	14
Vias Extratorácicas	15

## 2.6.1 – Considerações Adicionais no Cálculo das Frações Absorvidas

### 2.6.1.1 – O trato gastrointestinal

Tanto para radiação penetrante quanto para radiação não penetrante, a **EEE** é calculada para a mucosa laminar. Assim, o valor de **EEE** para cada seção alvo do trato gastrointestinal é dada por:

$$EEE = \sum_{np} \frac{\omega_{R,np} Y_{np} E_{np} Af_{np} (ML \leftarrow T)}{M_T^{ML}} + \sum_S \sum_P \frac{\omega_{R,p} Y_p E_p Af_p (W \leftarrow S)}{M_T^W} \quad [19]$$

onde  $M_T^W$  é a massa das paredes dos órgãos alvos do trato gastrointestinal e

$$\frac{Af_{np} (ML \leftarrow T)}{M_T^{ML}} \quad [20]$$

é a energia efetiva específica absorvida pela mucosa laminar das seções do trato gastrointestinal que é considerada ser igual a:

$$\frac{1}{2} \frac{1}{M_T^C} \cdot v \quad [21]$$

onde  $M_T^C$  é a massa do conteúdo de cada seção do trato gastrointestinal e  $v$  é um fator entre 0 e 1 que representa o grau de penetração da radiação no muco.  $v$  é considerado 1 para partículas  $\beta$  e 0,01 para partículas  $\alpha$  e fragmentos de fissão. O fator  $\frac{1}{2}$  foi introduzido porque a dose na superfície do conteúdo será aproximadamente metade da dose no interior do volume do conteúdo.

### 2.6.1.2 – Modelo Dosimétrico para Osso

Nos ossos são considerados dois tecidos alvos: células da superfície óssea e a medula óssea vermelha. Para todos radionuclídeos, exceto emissores gama, os tecidos fontes serão o osso cortical (camada externa compacta) e o osso trabecular (estrutura esponjosa interna). Devido a considerações dosimétricas e propriedades metabólicas os radionuclídeos e suas emissões foram divididos em seis classes:

- a. emissores de fótons;
- b. partícula alfa emitida de radionuclídeo considerado uniformemente distribuído no volume do osso;
- c. partícula alfa emitida de radionuclídeo considerado depositado na superfície do osso;
- d. partícula beta emitida de radionuclídeo considerado uniformemente distribuído no volume do osso;
- e. partícula beta emitida de radionuclídeo considerado depositado na superfície do osso com energia média maior que 0,2 MeV; e
- f. partícula beta emitida de radionuclídeo considerado depositado na superfície do osso com energia média menor que 0,2 MeV.

Para fótons, a fonte é qualquer órgão ou tecido do corpo humano que contenha radionuclídeo e os alvos são a superfície óssea e a medula óssea vermelha. As frações absorvidas específicas são os valores apresentados por CRISTY e ECKERMAN (1987). As frações absorvidas (**AF**) para radiação não penetrantes apresentadas pela ICRP Publicação 30 (1979) estão apresentadas na Tabela 2.12.

A ICRP Publicação 70 (1995) apresenta como referência que a massa de osso em um homem adulto é composta de 80% de osso cortical e 20% de osso trabecular. E a massa total de osso em um homem adulto é considerada ser de 5500 gramas (ICRP, 2002a).

Tabela 2.12 – Frações absorvidas (AF) recomendadas para dosimetria de radionuclídeos em osso (ICRP, 1979).

<i>Região fonte</i>	<i>Região alvo</i>	<i>Emissor <math>\alpha</math></i>	<i>Emissor <math>\beta</math> <math>E &lt; 0,2 \text{ MeV}</math></i>	<i>Emissor <math>\beta</math> <math>E \geq 0,2 \text{ MeV}</math></i>
Superfície óssea cortical	Medula óssea	0,0	0,0	0,0
Volume do osso cortical		0,0	0,0	0,0
Superfície óssea trabecular		0,5	0,5	0,5
Volume do osso trabecular		0,05	0,35	0,35
Superfície óssea cortical	Superfície óssea	0,25	0,25	0,015
Volume do osso cortical		0,01	0,015	0,015
Superfície óssea trabecular		0,25	0,25	0,025
Volume do osso trabecular		0,025	0,025	0,025
Medula óssea	Medula óssea	1	1	1

## Capítulo 3

# IMPLEMENTAÇÃO DOS MODELOS BIOCINÉTICOS

### 3.1 – Implementação do Modelo Dosimétrico do Trato Respiratório

Para a implementação computacional do modelo dosimétrico foram usadas planilhas do Programa EXCEL. As planilhas geradas na implementação do modelo dosimétrico foram conectadas às planilhas da implementação do modelo de deposição e de liberação de particulado no trato respiratório humano apresentadas por REIS (2005). Trechos das planilhas geradas durante a implementação dos modelos biocinéticos estão apresentados no Apêndice I com o objetivo de apresentar a interface destas planilhas com o usuário.

Os dados de entrada nas planilhas para o cálculo das frações de deposição nas regiões do trato respiratório são:

- concentração de atividade no ar [ $CA$  ( $Bq/m^3$ )],
- velocidade do vento [ $Vel.$ ( $m/s$ )],
- fator de forma da partícula (adimensional),
- massa específica da partícula [ $\rho$  ( $g/cm^3$ )],
- diâmetros da traquéia [ $d_T$ ( $cm$ )], do brônquio principal [ $d_{BB}$ ( $cm$ )], do bronquíolo respiratório [ $d_{bb}$ ( $cm$ )],
- capacidade residual funcional [ $CRF$ ( $mL$ )],
- frequência respiratória [ $f_R$ ( $min^{-1}$ )],
- taxa de respiração [ $B$  ( $m^3/h$ )],
- taxa de fluxo [ $\dot{V}$  ( $mL/s$ )],
- volume corrente [ $VC$  ( $mL$ )],
- volumes do espaço morto dos brônquios [ $V_D(BB)$ ( $mL$ )], dos bronquíolos [ $V_D(bb)$ ( $mL$ )], da região extratorácica [ $V_D(ET)$ ( $mL$ )],
- fração de ar que é inalada pelo nariz ( $F_n$ ) e
- tempo de exposição [ $T$ (horas)].

Após o cálculo da deposição nas regiões do trato respiratório, a dose equivalente foi calculada através da Equação 13 (Capítulo 2).

O número de transformações nucleares do radionuclídeo  $j$ ,  $U_{s,j}$ , que ocorre em cada região fonte  $S$ , é obtido através o modelo compartimental de liberação (*clearance*). O número de transformações é calculado pelo produto entre o tempo de residência compartimental (segundos) e a fração de atividade (Bq) retida em cada compartimento fonte  $S$ .

A energia específica efetiva  $EEE$  foi calculada pela Equação 11. A fração de energia absorvida em cada órgão alvo  $T$  ( $AF(T \leftarrow S)$ ), devido ao decaimento radioativo para os emissores alfa e beta, foram calculadas utilizando-se funções de interpolação apresentadas pela ICRP (1994a). Caso sejam emitidas radiações de várias energias, na desintegração, o valor médio das energias emitidas deve ser utilizado.

Os valores de  $AF(T \leftarrow S)$  calculados para as emissões alfa estão apresentados nas Figuras 3.1 a 3.5.

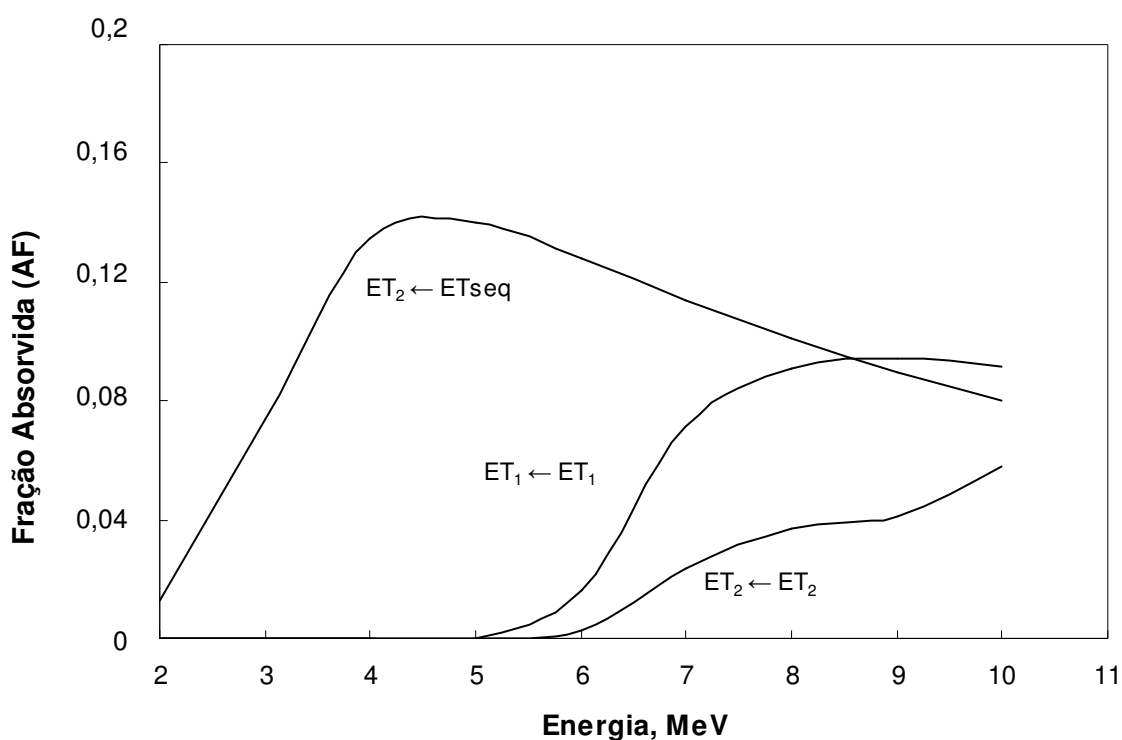


Figura 3.1 – Frações absorvidas nos tecidos alvos da região extratorácica devido à emissão da radiação alfa depositada nos compartimentos desta região, em função da energia.

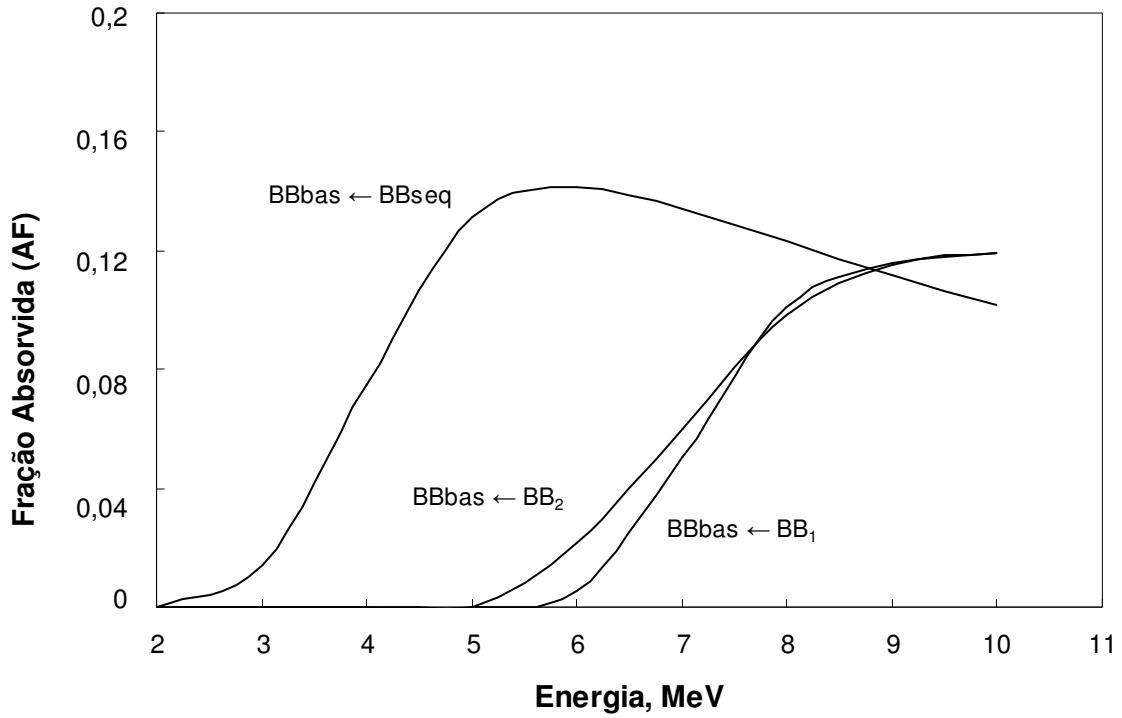


Figura 3.2 – Frações absorvidas nas células basais da região dos brônquios devido à emissão da radiação alfa depositada nos compartimentos desta região, em função da energia.

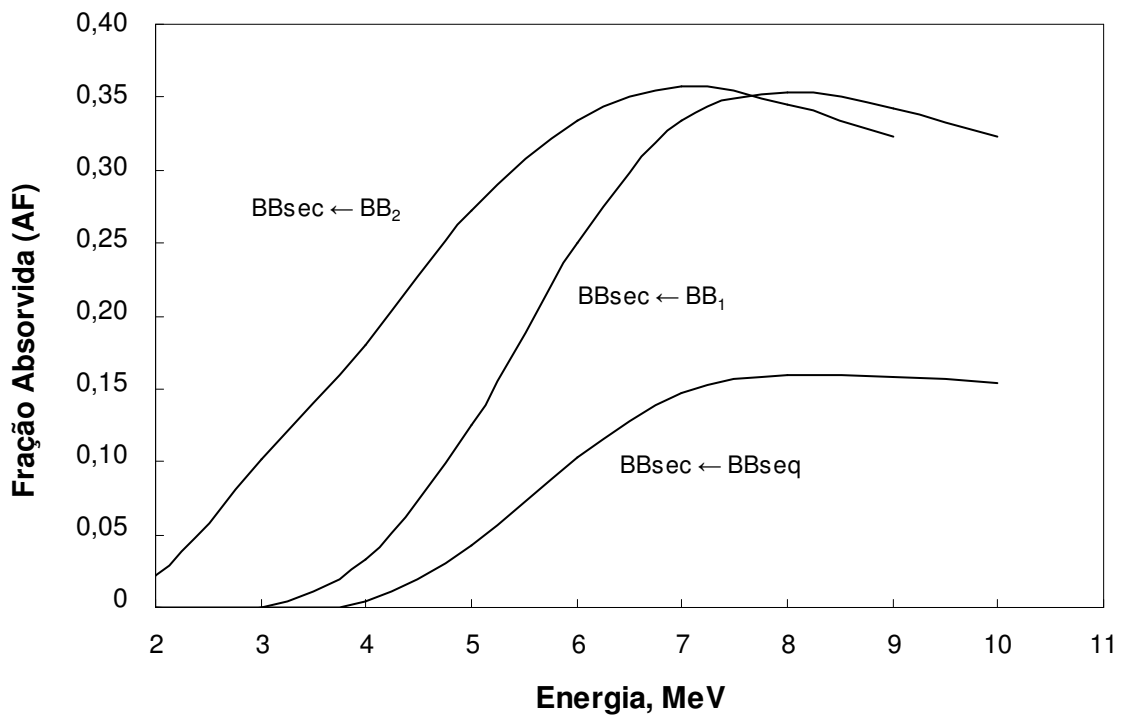


Figura 3.3 – Frações absorvidas nas células secretoras da região dos brônquios devido à emissão da radiação alfa depositada nos compartimentos desta região, em função da energia.

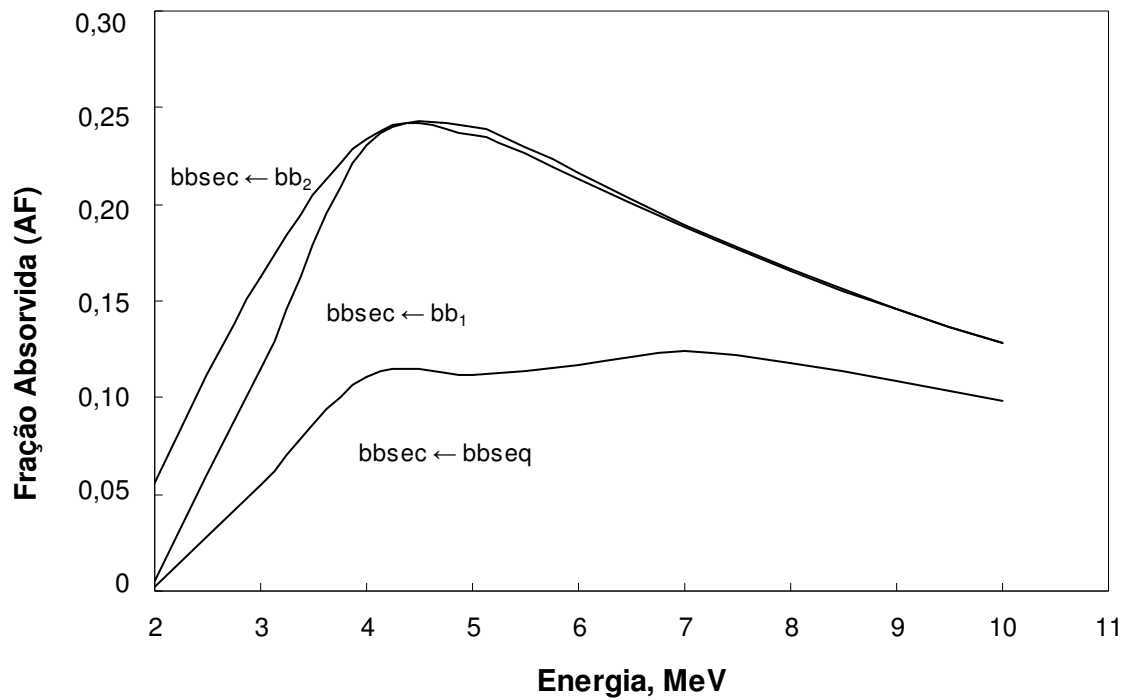


Figura 3.4 – Frações absorvidas nas células secretoras da região dos bronquíolos devido à emissão da radiação alfa depositada nos compartimentos desta região, em função da energia.

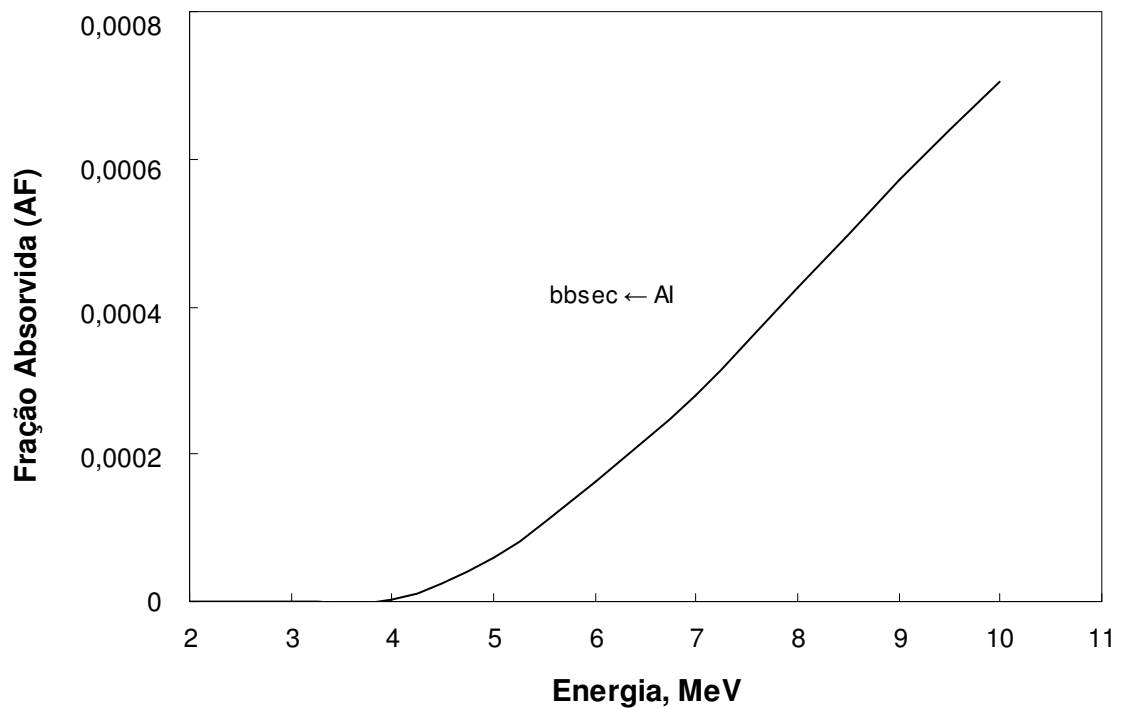


Figura 3.5 – Frações absorvidas nas células secretoras da região dos bronquíolos devido à emissão da radiação alfa depositada nos alvéolos, em função da energia.



Os resultados da implementação do modelo dosimétrico foram avaliados a partir do exemplo apresentado no capítulo 9 da Publicação 66 da ICRP (1994), que considera um radionuclídeo emissor alfa, com energia média de 5,15 MeV, de meia-vida longa e solubilidade lenta (tipo S). Os resultados obtidos para a dose equivalente  $H_T$  foram os mesmos apresentados pela ICRP 66 considerando, inclusive, os valores apresentados pela errata da ICRP *Supporting Guidance 3* (2002). Os valores de dose equivalente ( $H_T$ ) são 8,0E-05 Sv e 4,7E-05 Sv, na região extratorácica e na região torácica, respectivamente. A Tabela 3.1 mostra os coeficientes de dose equivalente calculados em cada compartimento alvo das regiões do trato respiratório.

Tabela 3.1 – Valor de dose equivalente em cada compartimento das regiões do trato respiratório.

<i>ALVO</i>	<i>FONTE</i>	<i>DOSE EQUIVALENTE (Sv)</i>
ET <sub>1</sub>	ET <sub>1</sub>	0,0E+00
ET <sub>2</sub>	ET <sub>2</sub>	0,0E+00
	ET <sub>seq</sub>	7,9E-05
LN <sub>ET</sub>	LN <sub>ET</sub>	1,4E-07
BB basais	BB <sub>1</sub>	0,0E+00
	BB <sub>2</sub>	5,8E-08
	BB <sub>seq</sub>	9,2E-07
	AI	0,0E+00
BB secretoras	BB <sub>1</sub>	2,8E-07
	BB <sub>2</sub>	1,0E-05
	BB <sub>seq</sub>	1,8E-07
	AI	0,0E+00
Bb	bb <sub>1</sub>	1,6E-06
	bb <sub>2</sub>	8,6E-06
	bb <sub>seq</sub>	2,1E-07
	AI	9,5E-07
AI	AI	2,3E-05
LN <sub>TH</sub>	LN <sub>TH</sub>	5,4E-07

### 3.2 – Implementação do Modelo do Trato Gastrointestinal

O modelo metabólico do trato gastrointestinal foi simulado através de equações diferenciais de primeira ordem, conforme recomendação da ICRP 30 (1979). A atividade em cada compartimento do trato gastrointestinal é dada pela solução de uma equação do tipo,

$$\frac{dQ_i(t)}{dt} = I_0 + \lambda_j Q_j(t) - \lambda_i Q_i(t) \quad [22]$$

onde  $Q_i$  é a atividade no compartimento  $i$ ;  $I_0$  é a atividade inicial incorporada no instante  $t_0$ ;  $\lambda_j$  é a taxa de transferência de atividade do compartimento  $j$  para o compartimento  $i$ ;  $Q_j$  é a atividade presente no compartimento  $j$ ; e,  $\lambda_i$  é a taxa de transferência de atividade do compartimento  $i$  para outros compartimentos do modelo.

As equações foram resolvidas algebricamente e suas soluções são equações exponenciais que quantificam a atividade em cada compartimento em função do tempo. O resultado obtido para incorporação via ingestão de 1 bequerel de urânio está apresentado na Figura 3.6.

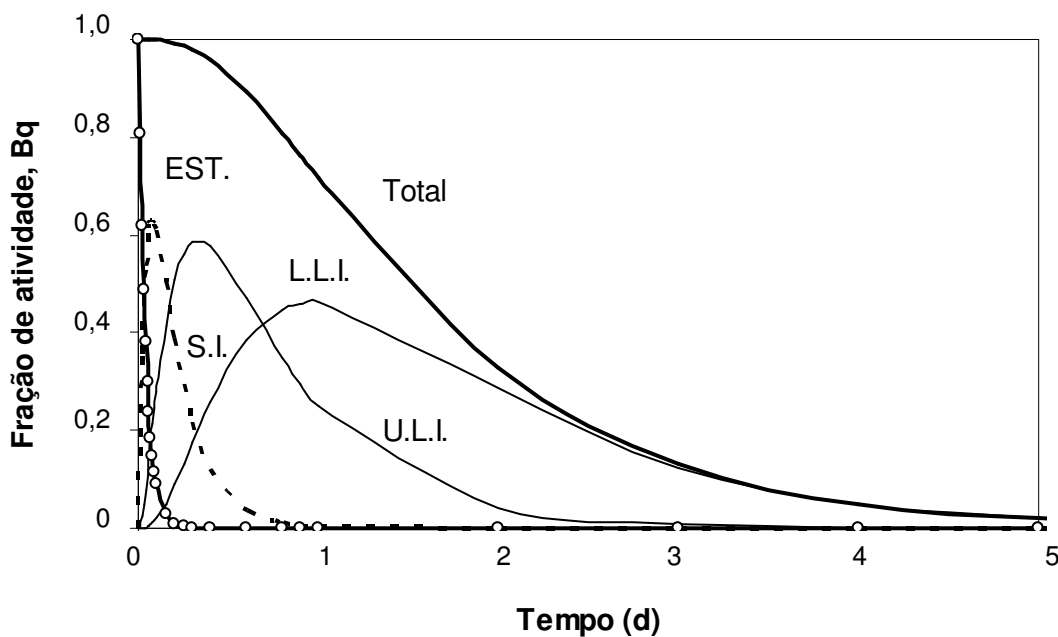


Figura 3.6 – Atividade em função do tempo nos compartimentos do trato gastrointestinal: EST. – estômago, L.L.I. – intestino grosso inferior, U.L.I. – intestino grosso superior, S.I. – intestino delgado.

### 3.3 – Simulação Biocinética do Urânio e Cálculo dos Coeficientes de Dose

O modelo biocinético do urânio, apresentado pela ICRP Publicação 69 (1994), foi acoplado aos modelos já implementados do trato respiratório e do trato gastrointestinal e sua simulação foi feita através de equações diferenciais de primeira ordem, conforme Equação 23:

$$\frac{dQ_i(t)}{dt} = Q_{ei}(t) \lambda_{ei} - Q_i(t) \sum_j \lambda_{ij} + \sum_j Q_j(t) \lambda_{ji} - Q_i(t) \sum_k \lambda_{ik} - Q_i(t) \lambda_{exc.i} \quad [23]$$

onde:

$Q_i(t)$  é a atividade no compartimento i;

$Q_{ei}(t)$  é a atividade transferida para o compartimento i proveniente do sistema respiratório ou sistema gastrointestinal

$Q_j(t)$  é a atividade no compartimento j;

$\lambda_{ei}$  é a taxa de transferência do sistema respiratório ou sistema gastrointestinal para o compartimento i;

$\lambda_{ij}$  são as taxas de transferência do compartimento i para os compartimentos j em que ocorre recirculação;

$\lambda_{ji}$  são as taxas de transferência dos compartimentos com recirculação para o compartimento i;

$\lambda_{ik}$  são as taxas de transferência do compartimento i para os compartimentos em que não ocorre recirculação; e

$\lambda_{exc.i}$  são as taxas de atividade excretada pelo compartimento i.

As equações foram montadas de maneira que fazem a conexão entre a boca, que é representada pelo compartimento ET<sub>2</sub> no modelo do trato respiratório, e o estômago, que é o primeiro compartimento do modelo do trato gastrointestinal. Outra conexão é feita com o modelo sistêmico do urânio, pois, de acordo com o modelo da ICRP, parte da atividade presente no intestino delgado (SI) é transferida para o sangue que, por sua vez, transfere parte da atividade para o intestino grosso superior (ULI).

A integral da atividade no tempo resulta no número de transformações nucleares ocorridas em cada compartimento, como mostra a Equação 14 (Capítulo 2). Na implementação do modelo no programa Excel, a integral foi substituída por um somatório do número de transformações ocorridas durante determinado intervalo de tempo. Nesta

simulação foi considerada incorporação única de 1 bequerel de atividade via inalação. Desta forma, foi calculado o número de transformações nucleares ocorridas em cada compartimento do modelo do trato gastrointestinal e do modelo metabólico do urânio durante 50 anos após a incorporação.

É importante ressaltar que a solubilidade do composto depositado nas regiões do trato respiratório (rápida (F), moderada (M) ou lenta (S)) é um fator importante no processo de transferência da atividade incorporada para o sangue. As Tabelas 3.2, 3.3 e 3.4 apresentam o número de transformações ocorridas em cada compartimento dos modelos para compostos do tipo F, M e S, respectivamente.

Tabela 3.2 – Número de transformações nucleares em cada compartimento do modelo, decorridos 50 anos após a incorporação de urânio de solubilidade rápida (tipo F).

<i>COMPARTIMENTO</i>	<i>Nº de TRANSFORMAÇÕES</i>
Estômago	3,90E+02
Intestino delgado	1,38E+03
Intestino grosso superior	4,56E+03
Intestino grosso inferior	7,98E+03
ST0	1,60E+03
ST1	5,98E+04
ST2	1,33E+06
Células vermelhas do sangue	8,16E+02
Rins (outros tecidos)	3,74E+04
Rins (Vias urinárias)	3,26E+04
Fígado 1	4,07E+03
Fígado 2	1,90E+05
Conteúdo da bexiga	1,81E+03
Superfície do osso trabecular	2,70E+04
Superfície do osso cortical	2,16E+04
Volume do osso trabecular com troca	7,57E+04
Volume do osso cortical com troca	6,64E+04
Volume do osso trabecular sem troca	9,34E+05
Volume do osso cortical sem troca	3,47E+06

Tabela 3.3 – Número de transformações nucleares em cada compartimento do modelo, decorridos 50 anos após a incorporação de urânio de solubilidade moderada (tipo M).

<i>COMPARTIMENTO</i>	<i>Nº de TRANSFORMAÇÕES</i>
Estômago	9,42E+02
Intestino delgado	3,70E+03
Intestino grosso superior	1,30E+04
Intestino grosso inferior	1,82E+04
ST0	6,33E+02
ST1	2,75E+04
ST2	5,50E+05
Células vermelhas do sangue	4,41E+02
Rins (outros tecidos)	1,65E+04
Rins (Vias urinárias)	1,47E+04
Fígado 1	1,61E+03
Fígado 2	6,43E+04
Conteúdo da bexiga	9,15E+02
Superfície do osso trabecular	1,37E+04
Superfície do osso cortical	1,09E+04
Volume do osso trabecular com troca	5,46E+04
Volume do osso cortical com troca	3,46E+04
Volume do osso trabecular sem troca	4,76E+05
Volume do osso cortical sem troca	1,32E+06

Tabela 3.4 – Número de transformações nucleares em cada compartimento do modelo, decorridos 50 anos após a incorporação de urânio de solubilidade lenta (tipo S).

<i>COMPARTIMENTO</i>	<i>Nº de TRANSFORMAÇÕES</i>
Estômago	1,20E+03
Intestino delgado	4,63E+03
Intestino grosso superior	1,63E+04
Intestino grosso inferior	2,34E+04
ST0	9,20E+01
ST1	3,47E+03
ST2	6,18E+04
Células vermelhas do sangue	5,54E+01
Rins (outros tecidos)	2,15E+03
Rins (Vias urinárias)	1,86E+03
Fígado 1	2,04E+02
Fígado 2	7,77E+03
Conteúdo da bexiga	1,19E+02
Superfície do osso trabecular	1,73E+03
Superfície do osso cortical	1,38E+03
Volume do osso trabecular com troca	5,30E+03
Volume do osso cortical com troca	4,15E+03
Volume do osso trabecular sem troca	6,40E+04
Volume do osso cortical sem troca	1,60E+05

Para calcular as Frações Absorvidas (AFs) é necessário conhecer o esquema de decaimento do radionuclídeo. Neste trabalho, seguiram-se as recomendações da ICRP Publicação 78 (1997), que apresenta princípios para monitoração individual de trabalhadores devido à exposição interna. A ICRP 78 apresenta os principais isótopos de urânio, bem como a série de decaimento recomendada para ser usada em monitoração interna (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 – Decaimentos simplificados de três isótopos do urânio apresentados pela ICRP Publicação 78 (1997).

<i>Isótopo</i>	<i>Radiação</i>	<i>Energia, MeV</i>	<i>Intensidade, %</i>
<sup>234</sup> U	α	4,72	27
	α	4,77	72
<sup>235</sup> U	α	4,22	6
	α	4,33	5
	α	4,37	18
	α	4,40	56
	α	4,56	4
	α	4,60	5
	γ	0,14	11
	γ	0,19	54
	γ	0,21	5
	<sup>238</sup> U	α	4,15
α		4,20	77

Para efetuar o cálculo da energia específica efetiva *EEE*, em cada órgão ou tecido alvo, foram obtidos os valores das AFs (Frações Absorvidas), conforme recomendação da ICRP e que está descrita no Capítulo 2, seção 2.6. Para os tecidos do trato respiratório, os valores de AFs estão apresentados nas Figuras 3.1 a 3.5 e para outros órgãos e tecidos do modelo as AFs foram obtidas pelo seguinte critério:  $AF(T \leftarrow T=S) = 1$  ou  $AF(T \leftarrow T \neq S) = 0$ . Os valores calculados para energia específica efetiva, estão apresentados na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Energia específica efetiva calculada para as emissões alfa dos três isótopos de urânio estudados.

<i>FONTE</i>	<i>ALVO</i>	<b>EEE (J kg<sup>-1</sup>)</b>		
		234U	235U	238U
Adrenais	Adrenais	1,1E-09	9,6E-10	9,6E-10
Bexiga (cont.)	Bexiga (par.)	1,5E-09	1,4E-10	1,3E-10
Superfície óssea	Superfície óssea	1,3E-09	1,1E-10	1,1E-10
Volume trabecular	Superfície óssea	3,1E-12	2,8E-12	2,8E-12
Volume cortical	Superfície óssea	1,3E-12	1,1E-12	1,1E-12
Sup. Trabecular	Superfície óssea	3,1E-11	2,8E-11	2,8E-11
Sup. Cortical	Superfície óssea	3,1E-11	2,8E-11	2,8E-11
Cérebro	Cérebro	1,1E-11	9,6E-12	9,6E-12
Mama	Mama	4,2E-11	3,8E-11	3,7E-11
Estômago (cont.)	Estômago (par.)	3,0E-13	2,7E-13	2,7E-13
Intest. Delgado (cont.)	Int. Delgado (par.)	1,9E-13	1,7E-13	1,7E-13
Int. gros. superior (cont.)	Int. Gros. superior (par.)	3,4E-13	3,1E-13	3,1E-13
Int. gros. inferior (cont.)	Int. Gros. inferior (par.)	5,6E-13	5,0E-13	5,0E-13
Rins	Rins	4,9E-11	4,4E-11	4,3E-11
Fígado	Fígado	8,4E-12	7,5E-12	7,5E-12
Músculo	Músculo	5,4E-13	4,8E-13	4,8E-13
Ovário	Ovário	1,4E-09	1,2E-09	1,2E-09
Pâncreas	Pâncreas	1,5E-10	1,4E-10	1,3E-10
Medula óssea	Medula óssea	1,3E-11	1,1E-11	1,1E-11
Volume trabecular	Volume trabecular	6,3E-13	5,6E-13	5,6E-13
Volume cortical	Volume cortical	6,3E-12	5,6E-12	5,6E-12
Pele	Pele	5,8E-12	5,2E-12	5,2E-12
Baço	Baço	8,4E-11	7,5E-11	7,5E-11
Testículos	Testículos	4,3E-10	3,9E-10	3,8E-10
Timo	Timo	7,5E-10	6,8E-10	6,7E-10
Tireóide	Tireóide	7,5E-10	6,8E-10	6,7E-10
Útero	Útero	1,9E-10	1,7E-10	1,7E-10

cont. – conteúdo; par. – parede.



Foram adotados os valores de frações absorvidas (**AF**) em ossos conforme a Tabela 2.12, Capítulo 2. Para o cálculo das frações absorvidas (**AF**) para órgãos com paredes foram utilizados os dados da Tabela 2.7, seção 2.6.1, Capítulo 2. As **AFs** calculadas estão apresentadas nas Tabelas 3.7.

**Tabela 3.7** – Frações Absorvidas para órgãos com paredes calculadas neste trabalho.

<i>Compartimento</i>	<i>Massa do conteúdo (kg)</i>	<i>AF</i>
Bexiga	0,100	0,050
Estômago	0,250	0,020
Intestino delgado	0,400	0,013
Intestino grosso superior	0,220	0,023
Intestino grosso inferior	0,135	0,037

Para  $^{235}\text{U}$  foram somadas as contribuições das Frações Absorvidas devido às emissões gama. Os valores foram interpolados das tabelas apresentadas por CRISTY e ECKERMAN (1987).

As Tabelas 3.8 a 3.16 apresentam os valores de coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva, em *sievert* (Sv), calculados quando foi simulada a inalação de 1 bequerel de urânio. Foram considerados os isótopos de urânio e seus respectivos esquemas de decaimento conforme a ICRP Publicação 78 (1997). O AMAD considerado foi igual a 1  $\mu\text{m}$  para que os resultados pudessem ser comparados com os valores apresentados pela ICRP Publicação 71 (1995) que apresenta os coeficientes de dose devido a inalação de radionuclídeos para indivíduos do público.

Tabela 3.8 – Comparação dos coeficientes de dose equivalente ( $H_T(50)$ ) e dose efetiva comprometida ( $E$ ) por unidade de incorporação na inalação de  $^{234}\text{U}$  tipo F e AMAD=1  $\mu\text{m}$ , calculados no presente trabalho e os apresentados pela ICRP 71 para um homem adulto.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq]</i> <i>ICRP 71</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq]</i> <i>Calculado</i>	<i>Razão</i> <i>(Calculado/ICRP 71)</i>
Adrenais	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Bexiga	3,4E-07	3,4E-07	1,00
Superfície óssea	9,5E-06	1,0E-05	1,05
Cérebro	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Mamas	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Esôfago	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Estômago	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Intestino delgado (parede)	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Intes. grosso superior (parede)	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Intes. grosso inferior (parede)	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Colon	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Rins	3,5E-06	3,8E-06	1,08
Fígado	1,3E-06	1,7E-06	1,30
Músculo	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Ovários	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Pâncreas	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Medula óssea vermelha	9,9E-07	1,1E-06	1,11
Vias Extratorácicas	3,4E-07	3,4E-07	1,00
Pulmões	3,5E-07	3,8E-07	1,08
Pele	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Baço	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Testículos	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Timo	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Tireóide	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Útero	3,4E-07	3,6E-07	1,06
Restantes	3,7E-07	3,9E-07	1,05
<b>Dose Efetiva (E)</b>	<b>5,6E-07</b>	<b>5,7E-07</b>	<b>1,02</b>

Tabela 3.9 – Comparação dos coeficientes de dose equivalente ( $H_T$  (50)) e dose efetiva comprometida ( $E$ ) por unidade de incorporação na inalação de  $^{234}\text{U}$  tipo M e AMAD=1  $\mu\text{m}$ , calculados no presente trabalho e os apresentados pela ICRP 71 para um homem adulto.

<i>Órgão alvo</i>	$H_T$ (50) [Sv/Bq]		<i>Razão</i> (Calculado/ICRP 71)
	<i>ICRP 71</i>	<i>calculado</i>	
Adrenais	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Bexiga	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Superfície óssea	3,9E-06	4,3E-06	1,10
Cérebro	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Mamas	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Esôfago	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Estômago	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Intestino delgado (parede)	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Intes. grosso superior (parede)	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Intes. grosso inferior (parede)	1,5E-07	1,5E-07	1,00
Colon	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Rins	1,4E-06	1,5E-07	1,07
Fígado	5,3E-07	5,9E-07	1,11
Músculo	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Ovários	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Pâncreas	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Medula óssea vermelha	4,0E-07	4,0E-07	1,00
Vias Extratorácicas	6,0E-07	6,3E-07	1,05
Pulmões	2,7E-07	2,8E-07	1,04
Pele	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Baço	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Testículos	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Timo	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Tireóide	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Útero	1,4E-07	1,5E-07	1,07
Restantes	1,5E-07	1,6E-07	1,07
<b>Dose Efetiva</b>	<b>3,5E-06</b>	<b>3,5E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela 3.10 – Comparação dos coeficientes de dose equivalente ( $H_T(50)$ ) e dose efetiva comprometida ( $E$ ) por unidade de incorporação na inalação de  $^{234}\text{U}$  tipo S e AMAD=1  $\mu\text{m}$ , calculados no presente e os apresentados pela ICRP 71 para um homem adulto.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq]</i> <i>ICRP 71</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq]</i> <i>calculado</i>	<i>Razão</i> <i>(Calculado/ICRP 71)</i>
Adrenais	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Bexiga	1,6E-08	1,8E-08	1,13
Superfície óssea	5,0E-07	5,4E-07	1,08
Cérebro	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Mamas	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Esôfago	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Estômago	1,7E-08	1,7E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,7E-08	1,7E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,0E-08	0,90
Intes. grosso inferior (parede)	3,2E-08	3,2E-08	1,00
Colon	2,6E-08	2,5E-08	0,96
Rins	1,9E-07	2,1E-07	1,10
Fígado	6,9E-08	7,1E-08	1,03
Músculo	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Ovários	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Pâncreas	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Medula óssea vermelha	5,2E-08	5,2E-08	1,00
Vias Extratorácicas	3,6E-05	3,5E-05	0,97
Pulmões	7,8E-05	7,8E-05	1,00
Pele	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Baço	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Testículos	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Timo	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Tireóide	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Útero	1,6E-08	1,7E-08	1,06
Restantes	3,5E-08	3,6E-08	1,03
<b>Dose Efetiva</b>	<b>9,4E-06</b>	<b>9,4E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela 3.11 – Comparação dos coeficientes de dose equivalente ( $H_T(50)$ ) e dose efetiva comprometida ( $E$ ) por unidade de incorporação na inalação de  $^{235}\text{U}$  tipo F e AMAD = 1  $\mu\text{m}$ , calculados no presente trabalho e os apresentados pela ICRP 71 para um homem adulto.

<i>Órgão alvo</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>ICRP 71</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>calculado</i>	<i>Razão</i> <i>(Calculado/ICRP 71)</i>
Adrenais	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Bexiga	3,1E-07	3,1E-07	1,00
Superfície óssea	9,0E-06	9,9E-06	1,10
Cérebro	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Mamas	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Esôfago	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Estômago	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Intestino delgado (parede)	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Intes. grosso superior (parede)	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Intes. grosso inferior (parede)	3,2E-07	3,3E-07	1,03
Colon	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Rins	3,2E-06	3,5E-07	1,09
Fígado	1,2E-06	1,6E-06	1,33
Músculo	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Ovários	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Pâncreas	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Medula óssea vermelha	9,2E-07	9,4E-07	1,02
Vias Extratorácicas	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Pulmões	3,2E-07	3,1E-07	0,97
Pele	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Baço	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Testículos	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Timo	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Tireóide	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Útero	3,1E-07	3,3E-07	1,06
Restantes	3,4E-07	3,5E-07	1,03
<b>Dose Efetiva</b>	<b>5,2E-07</b>	<b>5,7E-07</b>	<b>1,10</b>

Tabela 3.12 – Comparação dos coeficientes de dose equivalente ( $H_T(50)$ ) e dose efetiva comprometida (E) por unidade de incorporação na inalação de  $^{235}\text{U}$  tipo M e AMAD=1  $\mu\text{m}$ , calculados no presente trabalho e os apresentados pela ICRP 71 para um homem adulto.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq]</i> <i>ICRP 71</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq]</i> <i>calculado</i>	<i>Razão</i> <i>(Calculado/ICRP 71)</i>
Adrenais	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Bexiga	1,3E-07	1,2E-07	0,92
Superfície óssea	3,7E-06	3,9E-06	1,05
Cérebro	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Mamas	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Esôfago	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Estômago	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Intestino delgado (parede)	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Intes. grosso superior (parede)	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Intes. grosso inferior (parede)	1,4E-07	1,4E-07	1,00
Colon	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Rins	1,3E-06	1,5E-06	1,15
Fígado	4,9E-07	5,3E-07	1,08
Músculo	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Ovários	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Pâncreas	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Medula óssea vermelha	3,8E-07	3,6E-07	0,95
Vias Extratorácicas	5,6E-06	5,6E-06	1,00
Pulmões	2,4E-05	2,4E-05	1,00
Pele	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Baço	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Testículos	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Timo	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Tireóide	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Útero	1,3E-07	1,4E-07	1,08
Restantes	1,4E-07	1,5E-07	1,07
<b>Dose Efetiva</b>	<b>3,1E-06</b>	<b>3,0E-06</b>	<b>0,97</b>

Tabela 3.13 – Comparação dos coeficientes de dose equivalente ( $H_T(50)$ ) e dose efetiva comprometida ( $E$ ) por unidade de incorporação na inalação de  $^{235}\text{U}$  tipo S e AMAD=1  $\mu\text{m}$ , calculados no presente trabalho e os apresentados pela ICRP 71 para um homem adulto.

<i>Órgão alvo</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq]	$H_T(50)$ [Sv/Bq]	<i>Razão</i> (Calculado/ICRP 71)
	<i>ICRP 71</i>	<i>calculado</i>	
Adrenais	1,8E-08	1,8E-08	1,00
Bexiga	1,5E-08	1,6E-08	1,07
Superfície óssea	4,7E-07	4,9E-07	1,04
Cérebro	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Mamas	1,8E-08	1,8E-08	1,00
Esôfago	1,9E-08	1,9E-08	1,00
Estômago	1,7E-08	1,8E-08	1,06
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,8E-08	1,13
Intes. grosso superior (parede)	2,1E-08	2,0E-08	0,95
Intes. grosso inferior (parede)	3,3E-08	3,2E-08	0,97
Colon	2,6E-08	2,5E-08	0,96
Rins	1,8E-07	1,9E-07	1,06
Fígado	6,7E-08	6,7E-08	1,00
Músculo	1,7E-08	1,7E-08	1,00
Ovários	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Pâncreas	1,7E-08	1,8E-08	1,06
Medula óssea vermelha	5,0E-08	4,8E-08	0,96
Vias Extratorácicas	3,3E-05	3,1E-05	0,94
Pulmões	7,0E-05	6,9E-05	0,99
Pele	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Baço	1,7E-08	1,7E-08	1,00
Testículos	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Timo	1,9E-08	1,9E-08	1,00
Tireóide	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Útero	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Restantes	3,4E-08	3,3E-08	0,97
<b>Dose Efetiva</b>	<b>8,5E-06</b>	<b>8,3E-06</b>	<b>0,98</b>

Tabela 3.14 – Comparação dos coeficientes de dose equivalente ( $H_T(50)$ ) e dose efetiva comprometida (E) por unidade de incorporação na inalação de  $^{238}\text{U}$  tipo F e AMAD=1  $\mu\text{m}$ , calculados no presente trabalho e os apresentados pela ICRP 71 para um homem adulto.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub>(50) [Sv/Bq]</i>	<i>H<sub>T</sub>(50) [Sv/Bq]</i>	<i>Razão</i> (Calculado/ICRP 71)
	<i>ICRP 71</i>	<i>calculado</i>	
Adrenais	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Bexiga	3,0E-07	3,0E-07	1,00
Superfície óssea	8,7E-06	9,5E-06	1,09
Cérebro	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Mamas	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Esôfago	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Estômago	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Intestino delgado (parede)	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Intes. grosso superior (parede)	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Intes. grosso inferior (parede)	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Colon	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Rins	3,1E-06	3,2E-06	1,03
Fígado	1,2E-06	1,4E-06	1,17
Músculo	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Ovários	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Pâncreas	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Medula óssea vermelha	9,1E-07	9,8E-07	1,08
Vias Extratorácicas	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Pulmões	3,1E-07	3,1E-07	1,00
Pele	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Baço	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Testículos	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Timo	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Tireóide	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Útero	3,0E-07	3,1E-07	1,03
Restantes	3,3E-07	3,4E-07	1,03
<b>Dose Efetiva</b>	<b>5,0E-07</b>	<b>5,6E-07</b>	<b>1,12</b>



Tabela 3.15 – Comparação dos coeficientes de dose equivalente ( $H_T(50)$ ) e dose efetiva comprometida ( $E$ ) por unidade de incorporação na inalação de  $^{238}\text{U}$  tipo M e AMAD=1  $\mu\text{m}$ , calculados no presente trabalho e os apresentados pela ICRP 71 para um homem adulto.

<i>Órgão alvo</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>ICRP 71</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>calculado</i>	<i>Razão</i> <i>(Calculado/ICRP 71)</i>
Adrenais	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Bexiga	1,2E-07	1,2E-07	1,00
Superfície óssea	3,5E-06	3,7E-06	1,06
Cérebro	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Mamas	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Esôfago	1,2E-07	1,3E-07	1,00
Estômago	1,3E-07	1,3E-07	1,00
Intestino delgado (parede)	1,3E-07	1,3E-07	1,00
Intes. grosso superior (parede)	1,3E-07	1,3E-07	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	1,3E-07	1,3E-07	1,00
Colon	1,3E-07	1,3E-07	1,00
Rins	1,3E-06	1,4E-06	1,08
Fígado	4,8E-07	4,9E-07	1,02
Músculo	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Ovários	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Pâncreas	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Medula óssea vermelha	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Vias Extratorácicas	5,2E-06	5,5E-06	1,06
Pulmões	2,2E-05	2,3E-05	1,05
Pele	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Baço	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Testículos	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Timo	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Tireóide	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Útero	1,2E-07	1,3E-07	1,08
Restantes	1,4E-07	1,4E-07	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,9E-06</b>	<b>3,0E-06</b>	<b>1,03</b>

Tabela 3.16 – Comparação dos coeficientes de dose equivalente ( $H_T(50)$ ) e dose efetiva comprometida ( $E$ ) por unidade de incorporação na inalação de  $^{238}\text{U}$  tipo S e AMAD=1  $\mu\text{m}$ , calculados no presente trabalho e os apresentados pela ICRP 71 para um homem adulto.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq]</i> <i>ICRP 71</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq]</i> <i>calculado</i>	<i>Razão</i> <i>(Calculado/ICRP 71)</i>
Adrenais	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Bexiga	1,5E-08	1,6E-08	1,07
Superfície óssea	4,6E-07	4,7E-07	1,02
Cérebro	1,4E-08	1,5E-08	1,07
Mamas	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Esôfago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,1E-08	2,0E-08	0,95
Intes. grosso inferior (parede)	3,3E-08	3,2E-08	0,97
Colon	2,6E-08	2,5E-08	0,96
Rins	1,7E-07	1,7E-07	1,00
Fígado	6,2E-08	6,0E-08	0,97
Músculo	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Ovários	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Pâncreas	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Medula óssea vermelha	4,9E-08	4,9E-08	1,00
Vias Extratorácicas	3,1E-05	3,0E-05	0,97
Pulmões	6,7E-05	6,8E-05	0,97
Pele	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Baço	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Testículos	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Timo	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Tireóide	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Útero	1,4E-08	1,5E-08	1,07
Restantes	3,1E-08	3,2E-08	1,03
<b>Dose Efetiva</b>	<b>8,0E-06</b>	<b>8,1E-06</b>	<b>1,01</b>

## Capítulo 4

# APLICAÇÃO DE PARÂMETROS REFERENTES A AMOSTRAS DA POPULAÇÃO BRASILEIRA

Após a implementação e validação dos modelos biocinéticos, realizadas através de comparações dos resultados obtidos neste trabalho e os valores apresentados pelas Publicações 66 e 71 da ICRP, foram aplicados, no modelo, parâmetros fisiológicos obtidos em amostras da população brasileira. Os parâmetros aplicados estão disponíveis na literatura, especialmente na área de pneumologia, como descrito no Capítulo 2.

### 4.1 – Parâmetros Morfométricos – Anatomia

Os parâmetros respiratórios, recomendados pela ICRP 66 para trabalhadores, aplicáveis tanto para mulheres quanto para homens caucasianos, são derivados do homem referência e considera um indivíduo de 30 anos de idade, 1,76 m de altura e 73 kg de massa corporal.

#### 4.1.1 Parâmetros Morfométricos da População Brasileira

Os dados antropométricos publicados por VELASQUES *et al* (2006), apresentados na Tabela 4.1, descrevem as características gerais da população brasileira em três regiões do país, a saber, nordeste, sudeste e sul.

Tabela 4.1 – Dados antropométricos apresentados por VELASQUES *et al* (2006).

<i>Região</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Massa (kg)</i>	<i>Idade (a)</i>
nordeste	1,60	70,1	60,9
sudeste	1,63	69,1	54,6
sul	1,67	74,6	58,4

## **4.2 – Parâmetros Fisiológicos – Fisiologia Respiratória**

A fisiologia e as características da respiração são parâmetros fundamentais para o cálculo de dose equivalente no trato respiratório. Estes fatores descrevem as taxas e o volume de ar, bem como as frações que entram no trato respiratório através do nariz e da boca e, desta forma, influenciam a quantidade de material radioativo inalado, a via de entrada no trato respiratório e a quantidade depositada em cada região do trato.

A Publicação 66 da ICRP (1994) utiliza os parâmetros de referência para o homem caucasiano em diferentes condições de atividade física, apresentados na Tabela 2.2. Contudo, apresenta parâmetros referentes a vários outros grupos étnicos e recomenda que, para cálculo de dose individual, sejam aplicados no modelo, parâmetros representativos da população em estudo.

### **4.2.1 – Parâmetros Fisiológicos da População Brasileira**

Os valores previstos, apresentados na Figura 4.1, foram obtidos a partir das equações publicadas pelas Diretrizes para Testes de Funções Pulmonares (2002) considerando um homem adulto de 30 anos de idade com altura variando entre 1,60 m a 1,90 m. Estas equações foram geradas a partir de estudos de funções pulmonares com indivíduos da população brasileira. Portanto, os valores previstos obtidos são característicos desta população. Os valores previstos apresentados na Figura 4.1 são: capacidade pulmonar total (CPT), capacidade vital (CV), capacidade residual funcional (CRF), capacidade inspiratória (CI), fluxo expiratório forçado (FEF) e volume residual (VR). A partir da Figura 4.1 pode-se observar o crescimento dos valores de parâmetros pulmonares em função da altura do indivíduo.

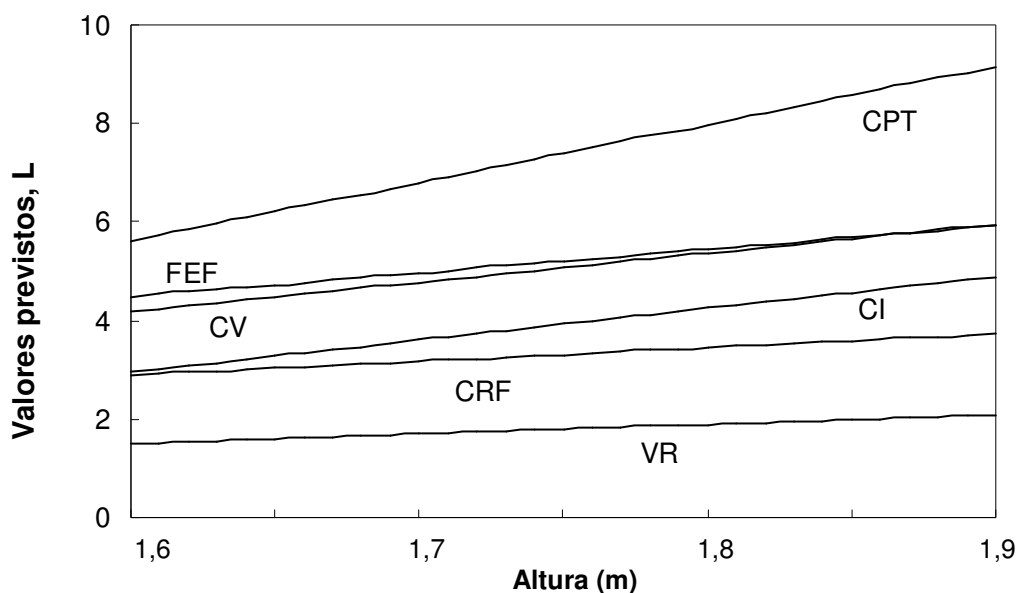


Figura 4.1 – Dados espirométricos obtidos através das equações apresentadas pelas Diretrizes para Testes de Funções Pulmonares (2002) sendo considerado um homem adulto com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m a 1,90 m.

Na Figura 4.2 estão apresentados os mesmos parâmetros que na Figura 4.1, sendo que na Figura 4.2 foi considerado um homem adulto com 1,70 m de altura e idade variando entre 25 e 55 anos. Podem ser observadas mudanças nos valores de alguns parâmetros fisiológicos com o aumento da idade do indivíduo.

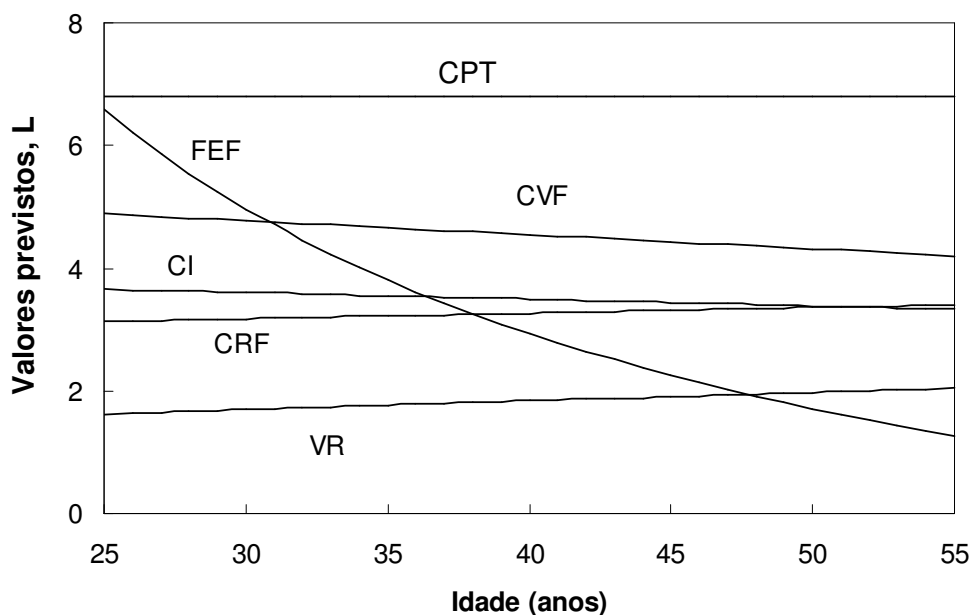


Figura 4.2 – Dados espirométricos obtidos através das equações apresentadas pelas Diretrizes para Testes de Funções Pulmonares (2002) sendo considerado um homem adulto com 1,70 m de altura e idade variando entre 25 e 55 anos.

PEREIRA *et al* (2007) publicaram novos parâmetros de referência para espirometria da população brasileira. Os valores da capacidade vital forçada (CVF) e do volume expiratório forçado (VEF) foram maiores que os valores para estes parâmetros publicados há 14 anos (PEREIRA *et al*, 1992), sendo a diferença média para a CVF de  $(0,26 \pm 0,11)$  L, e para o VEF de  $(0,21 \pm 0,17)$  L. Os novos valores superaram o efeito coorte (XU *et al*, 1995), para o qual é esperado que estes parâmetros aumentem até 5 mL/ano. A Figura 4.3 apresenta os valores da capacidade vital forçada para um homem adulto brasileiro com 30 anos de idade e altura entre 1,60 m e 1,90 m.

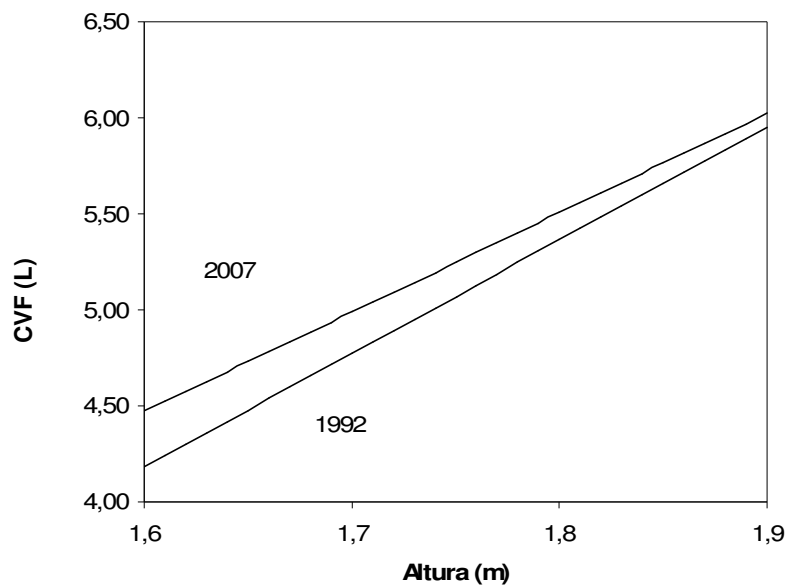


Figura 4.3 – Valores previstos para a Capacidade Vital Forçada calculados pelas equações apresentadas em 1992 e em 2007 ao estudar uma amostra da população brasileira (PEREIRA *et al*, 1992 e 2007).

### **4.3 – Resultados**

#### **4.3.1 – Avaliação da Dose Equivalente ( $H_T$ ) nas Regiões do Trato Respiratório**

Após a implementação computacional do modelo para cálculo de dose equivalente nas regiões do trato respiratório, foi realizada uma comparação entre a dose equivalente calculada com os parâmetros de referência caucasianos e os parâmetros obtidos em amostras da população brasileira. Foi simulada incorporação única, via inalação, de 1 bequerel de atividade de um radionuclídeo emissor alfa de meia-vida longa com energia média de 5,15 MeV, que são os dados do exemplo apresentado pela ICRP 66. Os parâmetros referentes à população brasileira aplicados no modelo estão apresentados na Tabela 2.3 e 2.4, Capítulo 2.

As Tabelas 4.2 a 4.7 apresentam as variações nos valores da dose equivalente, para três níveis de atividade física, em cada região do trato respiratório, considerando-se parâmetros do homem caucasiano e parâmetros da população brasileira. As tabelas apresentam valores de dose equivalente para as regiões  $ET_2$ , BB, bb, AI e para os pulmões.

As variações calculadas na dose equivalente nas regiões do trato respiratório apresentaram o mesmo comportamento das variações calculadas para as frações de deposição de partículas no trato respiratório quando foram aplicados, no modelo de deposição, parâmetros referentes a amostras da população brasileira. A variação na dose equivalente na região extratorácica, considerando os três níveis de atividade física (repouso, sentado, exercício pesado), é maior para os menores valores de AMAD dentro do intervalo estudado (0,5 a 20  $\mu\text{m}$ ).

Na condição de repouso, a variação na dose equivalente no pulmão é maior para os maiores valores de AMAD. Para um indivíduo sentado, a dose equivalente nos pulmões, calculada com parâmetros obtidos em amostras da população brasileira, é menor do que a dose equivalente calculada com parâmetros de referência para o homem caucasiano, dentro do intervalo de AMADs estudado. Observou-se que a variação na dose equivalente é maior para maiores valores de AMAD. Em exercício pesado, a dose equivalente nos pulmões para brasileiros superou o valor da dose equivalente para caucasianos quando o valor do AMAD é menor ou igual a 3  $\mu\text{m}$ . Para valores de AMADs maiores a 3  $\mu\text{m}$ , a dose equivalente nos pulmões é menor para brasileiros, sendo que a variação é maior para os maiores valores de AMAD.

Tabela 4.2 – Comparação entre os coeficientes de dose equivalente nas regiões ET, BB basal, BB secretora, calculados para um radionuclídeo emissor alfa de meia-vida longa com energia média de 5,15 MeV, utilizando-se os parâmetros padrões da ICRP e os parâmetros obtidos da população brasileira, na condição de repouso.

AMAD ( $\mu\text{m}$ )	ET		Bras/ Cauc	BB basal		Bras/ Cauc	BB secretora		bras/ Cauc
	Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.	
0,5	1,0E-05	1,6E-05	1,54	3,6E-07	4,0E-07	1,12	4,4E-06	5,0E-06	1,12
0,7	1,5E-05	2,3E-05	1,51	3,7E-07	4,4E-07	1,20	4,6E-06	5,4E-06	1,18
1	2,2E-05	3,2E-05	1,44	4,3E-07	5,3E-07	1,24	5,2E-06	6,4E-06	1,21
2	4,1E-05	5,3E-05	1,30	6,3E-07	7,5E-07	1,19	7,5E-06	8,7E-06	1,16
3	5,2E-05	6,4E-05	1,23	7,6E-07	8,5E-07	1,12	8,8E-06	9,7E-06	1,10
5	6,3E-05	7,3E-05	1,15	8,5E-07	8,7E-07	1,02	9,7E-06	9,7E-06	1,01
7	6,7E-05	7,4E-05	1,11	8,4E-07	8,1E-07	0,96	9,4E-06	9,0E-06	0,95
10	6,8E-05	7,2E-05	1,07	7,6E-07	6,9E-07	0,90	8,5E-06	7,6E-06	0,89
15	6,4E-05	6,7E-05	1,04	6,2E-07	5,2E-07	0,84	6,8E-06	5,7E-06	0,83
20	5,9E-05	6,1E-05	1,03	5,0E-07	3,9E-07	0,79	5,5E-06	4,3E-06	0,79

Tabela 4.3 – Comparação entre os coeficientes de dose equivalente nas regiões bb, AI e nos pulmões, calculados para um radionuclídeo emissor alfa de meia-vida longa com energia média de 5,15 MeV, utilizando-se os parâmetros padrões da ICRP e os parâmetros obtidos da população brasileira, na condição de repouso.

AMAD ( $\mu\text{m}$ )	bb		Bras/ Cauc	AI		Bras/ Cauc	Pulmões		bras/ Cauc
	Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.	
0,5	3,4E-05	3,2E-05	0,94	5,6E-05	6,6E-05	1,18	9,6E-05	1,0E-04	1,09
0,7	3,2E-05	2,8E-05	0,88	5,8E-05	6,6E-05	1,13	9,6E-05	1,0E-04	1,05
1	3,2E-05	2,6E-05	0,81	6,1E-05	6,6E-05	1,07	1,0E-04	1,0E-04	1,00
2	3,4E-05	2,4E-05	0,69	6,4E-05	6,1E-05	0,95	1,1E-04	9,5E-05	0,88
3	3,4E-05	2,1E-05	0,63	5,8E-05	5,2E-05	0,89	1,0E-04	8,5E-05	0,82
5	2,9E-05	1,7E-05	0,57	4,5E-05	3,7E-05	0,81	8,6E-05	6,5E-05	0,75
7	2,4E-05	1,3E-05	0,54	3,4E-05	2,6E-05	0,77	6,9E-05	5,0E-05	0,71
10	1,8E-05	9,3E-06	0,51	2,3E-05	1,7E-05	0,72	5,1E-05	3,5E-05	0,67
15	1,2E-05	5,6E-06	0,47	1,3E-05	8,8E-06	0,67	3,3E-05	2,1E-05	0,64
20	8,0E-06	3,6E-06	0,45	8,0E-06	5,1E-06	0,64	2,2E-05	1,4E-05	0,61



Tabela 4.4 – Comparação entre os coeficientes de dose equivalente nas regiões ET, BB basal e BB secretora, calculados para um radionuclídeo emissor alfa de meia-vida longa com energia média de 5,15 MeV, utilizando-se os parâmetros padrões da ICRP e os parâmetros obtidos da população brasileira, considerando um indivíduo sentado.

AMAD ( $\mu\text{m}$ )	ET		Bras/ Cauc	BB basal		bras/ cauc	BB secretora		bras/ Cauc
	Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.	
0,5	1,2E-05	1,5E-05	1,26	3,5E-07	4,0E-07	1,12	4,4E-06	4,9E-06	1,10
0,7	1,7E-05	2,1E-05	1,25	3,8E-07	4,3E-07	1,12	4,8E-06	5,2E-06	1,10
1	2,5E-05	3,1E-05	1,22	4,6E-07	5,1E-07	1,11	5,6E-06	6,1E-06	1,09
2	4,5E-05	5,1E-05	1,15	6,8E-07	7,2E-07	1,05	8,0E-06	8,3E-06	1,04
3	5,6E-05	6,2E-05	1,12	8,1E-07	8,2E-07	1,02	9,3E-06	9,4E-06	1,00
5	6,6E-05	7,1E-05	1,08	8,8E-07	8,5E-07	0,97	1,0E-05	9,6E-06	0,96
7	6,9E-05	7,3E-05	1,06	8,6E-07	8,0E-07	0,94	9,6E-06	8,9E-06	0,93
10	6,9E-05	7,2E-05	1,04	7,6E-07	6,9E-07	0,91	8,5E-06	7,7E-06	0,90
15	6,5E-05	6,6E-05	1,02	6,0E-07	5,3E-07	0,87	6,7E-06	5,8E-06	0,87
20	6,0E-05	6,1E-05	1,02	4,8E-07	4,1E-07	0,85	5,3E-06	4,5E-06	0,85

Tabela 4.5 – Comparação entre os coeficientes de dose equivalente nas regiões bb, AI e nos pulmões, calculados para um radionuclídeo emissor alfa de meia-vida longa com energia média de 5,15 MeV, utilizando-se os parâmetros padrões da ICRP e os parâmetros obtidos da população brasileira, considerando um indivíduo sentado.

AMAD ( $\mu\text{m}$ )	bb		Bras/ Cauc	AI		bras/ cauc	Pulmões		bras/ Cauc
	Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.	
0,5	3,2E-05	3,2E-05	1,01	6,1E-05	5,7E-05	0,93	9,9E-05	9,5E-05	0,96
0,7	3,0E-05	2,9E-05	0,97	6,2E-05	5,7E-05	0,91	9,8E-05	9,2E-05	0,94
1	2,9E-05	2,7E-05	0,92	6,5E-05	5,8E-05	0,89	1,0E-04	9,0E-05	0,89
2	3,0E-05	2,5E-05	0,83	6,5E-05	5,5E-05	0,84	1,1E-04	9,0E-05	0,86
3	2,9E-05	2,3E-05	0,79	5,8E-05	4,8E-05	0,82	9,9E-05	8,2E-05	0,83
5	2,5E-05	1,9E-05	0,75	4,4E-05	3,5E-05	0,79	8,0E-05	6,4E-05	0,80
7	2,0E-05	1,5E-05	0,73	3,3E-05	2,5E-05	0,77	6,4E-05	5,0E-05	0,78
10	1,5E-05	1,1E-05	0,70	2,2E-05	1,6E-05	0,75	4,7E-05	3,6E-05	0,76
15	9,5E-06	6,4E-06	0,68	1,2E-05	8,8E-06	0,73	2,9E-05	2,2E-05	0,75
20	6,4E-06	4,2E-06	0,66	7,3E-06	5,2E-06	0,71	2,0E-05	1,4E-05	0,73

Tabela 4.6 – Comparação entre os coeficientes de dose equivalente nas regiões ET, BB basal e BB secretora, calculados para um radionuclídeo emissor alfa de meia-vida longa com energia média de 5,15 MeV, utilizando-se os parâmetros padrões da ICRP e os parâmetros obtidos da população brasileira, na condição de exercício pesado.

AMAD ( $\mu\text{m}$ )	ET		bras/ Cauc	BB basal		Bras/ Cauc	BB secretora		bras/ Cauc
	Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.	
0,5	1,4E-05	2,2E-05	1,65	1,1E-06	2,3E-06	1,98	1,3E-05	2,5E-05	1,94
0,7	2,0E-05	3,0E-05	1,54	1,8E-06	3,4E-06	1,89	2,0E-05	3,7E-05	1,86
1	2,8E-05	4,0E-05	1,43	2,7E-06	4,7E-06	1,77	2,9E-05	5,2E-05	1,75
2	4,8E-05	6,1E-05	1,26	4,7E-06	7,2E-06	1,53	5,2E-05	7,9E-05	1,52
3	6,1E-05	7,3E-05	1,19	5,6E-06	7,9E-06	1,40	6,1E-05	8,6E-05	1,39
5	7,6E-05	8,6E-05	1,13	5,9E-06	7,4E-06	1,24	6,4E-05	8,0E-05	1,24
7	8,3E-05	9,1E-05	1,10	5,5E-06	6,3E-06	1,15	6,0E-05	6,8E-05	1,15
10	8,6E-05	9,3E-05	1,08	4,6E-06	4,9E-06	1,06	5,0E-05	5,3E-05	1,06
15	8,5E-05	8,9E-05	1,05	2,4E-06	3,2E-06	0,75	3,6E-05	3,4E-05	0,96
20	8,0E-05	8,4E-05	1,04	3,3E-06	2,2E-06	0,66	2,6E-05	2,3E-05	0,90

Tabela 4.7 – Comparação entre os coeficientes de dose equivalente nas regiões bb, AI e nos pulmões, calculados para um radionuclídeo emissor alfa de meia-vida longa com energia média de 5,15 MeV, utilizando-se os parâmetros padrões da ICRP e os parâmetros obtidos da população brasileira, na condição de exercício pesado.

AMAD ( $\mu\text{m}$ )	bb		bras/ Cauc	AI		Bras/ Cauc	Pulmões		bras/ Cauc
	Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.		Cauc.	Bras.	
0,5	1,9E-05	1,7E-05	0,94	5,6E-05	6,6E-05	1,18	9,0E-05	1,1E-04	1,25
0,7	1,9E-05	1,7E-05	0,88	5,5E-05	6,1E-05	1,10	9,7E-05	1,2E-04	1,23
1	2,1E-05	1,7E-05	0,80	5,7E-05	5,8E-05	1,02	1,1E-04	1,3E-04	1,19
2	2,6E-05	1,7E-05	0,65	5,5E-05	4,7E-05	0,86	1,4E-04	1,5E-04	1,09
3	2,6E-05	1,5E-05	0,58	4,8E-05	3,7E-05	0,77	1,4E-04	1,5E-04	1,03
5	2,3E-05	1,1E-05	0,50	3,5E-05	2,3E-05	0,67	1,3E-04	1,2E-04	0,95
7	1,9E-05	8,4E-06	0,45	2,5E-05	1,5E-05	0,62	1,1E-04	9,9E-05	0,90
10	1,4E-05	5,4E-06	0,40	1,6E-05	8,8E-06	0,56	8,4E-05	7,2E-05	0,86
15	8,0E-06	2,8E-06	0,35	8,2E-06	4,1E-06	0,49	5,6E-05	4,5E-05	0,80
20	5,0E-06	1,6E-06	0,32	4,7E-06	2,1E-06	0,45	3,8E-05	3,0E-05	0,77

### **4.3.2 – Cálculo de Dose Equivalente e Dose Efetiva devido à Incorporação de Urânio Considerando Parâmetros Característicos da População Brasileira**

#### **4.3.2.1 – Aplicação de Parâmetros Fisiológicos Obtidos em Amostras da População Brasileira**

Os parâmetros das Tabelas 2.3 e 2.4 (Capítulo 2) foram aplicados no modelo metabólico do urânio para o cálculo do coeficiente de dose equivalente e do coeficiente de dose efetiva em três níveis de atividade física: repouso, sentado e exercício pesado. Foi considerada incorporação única via inalação e aerossol com AMAD de 5  $\mu\text{m}$ . Como foram seguidas as orientações da ICRP 78, a dose equivalente e a dose efetiva foram calculadas para três isótopos de urânio:  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$ .

Observa-se, através dos resultados obtidos, que entre os isótopos as variações encontradas na dose efetiva são similares, no entanto são mais significativas as variações devido a diferentes tipos de solubilidade dos compostos de urânio (tipo S, M ou F).

Para compostos de alta solubilidade (tipo F) as variações na dose efetiva não foram maiores do que 7% e a maior variação na dose equivalente foi de 10% para os três isótopos de urânio. Este fato pode ser explicado pela rápida transferência do material depositado no trato respiratório para o compartimento de transferência (sangue), pois de acordo com a ICRP 71 (1997) 100% do material depositado é absorvido com uma meia-vida de 10 minutos. Isto faz com que as doses equivalentes na região das vias extratorácicas e nos pulmões não sejam maiores do que a dose equivalente nos demais órgãos simulados pelo modelo, conseqüentemente variações nas frações de deposição nas regiões do trato respiratório não são suficientes para alterar significativamente a dose efetiva. Os maiores valores de dose equivalente ocorrem na superfície óssea, rins, fígado e medula óssea.

Pode-se observar (Tabelas 4.8 a 4.10) que as maiores variações na dose efetiva ocorreram para compostos de solubilidade moderada (tipo M), atingindo o valor de 29%. Considerando um indivíduo em repouso, a variação média na dose efetiva foi 27% menor para os três isótopos; para um indivíduo sentado, a variação média na dose efetiva foi 17% menor para os três isótopos; e em exercício pesado, a variação média na dose efetiva foi de 12% maior. Para os compostos tipo M, para os três isótopos do urânio, a dose equivalente em todos os tecidos e órgãos apresentaram variações. Foi observado que as variações nos valores da dose efetiva apresentaram uma relação direta com as variações nos valores da

dose equivalente nos pulmões. Quando o material depositado no trato respiratório apresenta uma solubilidade moderada, somente 10% da quantidade depositada é transferida imediatamente para o sangue, com meia-vida de residência de 10 minutos, e 90% do material é absorvido pelo sangue com uma meia-vida de 140 dias (ICRP, 1997). Assim, as alterações nas frações de deposição de material no trato respiratório vão influenciar diretamente a dose equivalente em cada região do trato respiratório e, conseqüentemente, a dose efetiva.

Para compostos de solubilidade lenta (tipo S) a maior variação na dose efetiva foi de 12%, no entanto, para este tipo de solubilidade de composto, ocorreram variações de até 30% na dose equivalente em alguns órgãos. Somente 0,1% do material de solubilidade lenta é absorvido no sangue imediatamente. A maior parte do material, cerca de 90%, fica retida na região do trato respiratório gerando maiores valores de dose equivalente nesta região do que nos outros órgãos simulados pelo modelo.

Quando foram aplicados os parâmetros referentes à população brasileira, para compostos de tipo S e considerando dois níveis de atividade física, repouso e sentado, a dose equivalente na região extratorácica tornou-se maior do que a dose equivalente nos pulmões. Este fato gerou um aumento significativo no valor da dose equivalente nos órgãos restantes, pois nestes níveis de atividade física, a região extratorácica teve a maior dose equivalente entre todos os órgãos com fatores de peso explícito. Desta forma, a dose equivalente nos órgãos restantes, para compostos do tipo S, na condição de repouso e sentado, foi calculada pela Equação 18 e não pela Equação 17, conforme abordado na seção 2.6, Capítulo 2.

Os valores para os coeficientes de dose equivalentes e para os coeficientes de dose efetiva calculados no presente trabalho para o homem caucasiano e para o homem brasileiro, em três níveis de atividade física e considerando os três tipos de solubilidade (S, M e F) para os isótopos de urânio estudados, assim como a razão entre estes coeficientes estão apresentadas nas Tabelas A.01 a A.27 no Apêndice II.

As Tabelas 4.8 a 4.10 apresentam as razões entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro e o homem caucasiano.

Tabela 4.8 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro e para o homem caucasiano na condição de repouso.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>0,97</b>	<b>0,74</b>	<b>1,07</b>
<b>235U</b>	<b>0,96</b>	<b>0,71</b>	<b>1,06</b>
238U	<b>0,97</b>	<b>0,73</b>	<b>1,08</b>

Tabela 4.9 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro e para o homem caucasiano sentado.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>0,93</b>	<b>0,81</b>	<b>1,07</b>
<b>235U</b>	<b>0,95</b>	<b>0,81</b>	<b>1,12</b>
238U	<b>0,93</b>	<b>0,83</b>	<b>1,11</b>

Tabela 4.10 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro e para o homem caucasiano em exercício pesado.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>1,01</b>	<b>1,15</b>	<b>1,00</b>
<b>235U</b>	<b>1,00</b>	<b>1,11</b>	<b>1,00</b>
238U	<b>1,02</b>	<b>1,09</b>	<b>0,96</b>

#### 4.3.2.2 – Aplicação de Parâmetros Fisiológicos Obtidos em Função de Dados Antropométricos da População Brasileira

Os dados antropométricos apresentados na Tabela 4.1 (VELASQUES *et al*, 2006) foram aplicados nas equações apresentadas pelas Diretrizes para Testes de Funções Pulmonares (SBPT, 2002) para cálculo de valores previstos da Capacidade Pulmonar Total, Capacidade Residual Funcional e Capacidade Vital,

$$CPT = 0,118 E - 13,23 \quad [24]$$

$$CRF = 0,0092 I + 0,027 E - 1,83 \quad [25]$$

$$CV = 0,059 E - 0,0229 I - 4,569 \quad [26]$$

onde *I* é a idade em anos e *E* é a altura em centímetros. Os valores obtidos para cada parâmetro estão apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Valores previstos obtidos aplicando-se os dados antropométricos apresentados por VELASQUES *et al* (2006) nas equações apresentadas pelas Diretrizes para Testes de Funções Pulmonares (SBPT, 2002).

<i>Região</i>	<i>CPT (L)</i>	<i>CRF (L)</i>	<i>CV (L)</i>
Nordeste	5,62	3,18	3,48
Sudeste	5,97	3,20	3,80
Sul	6,45	3,35	3,95

CPT – capacidade pulmonar total, CRF – capacidade residual funcional, CV – capacidade vital.

Na obtenção dos valores de parâmetros não descritos na literatura foi adotada a mesma proporção entre os parâmetros caucasianos e brasileiros, desde que o parâmetro não encontrado esteja contido no outro parâmetro cujo valor se tenha informação. Para o volume corrente (VC) foi considerada a mesma proporção entre este e a capacidade vital (CV) e para o volume de espaço morto ( $V_D$ ) foi considerada a mesma proporção entre este e a capacidade pulmonar total (CPT) (Tabela 4.12).

Tabela 4.12 – Valores obtidos admitindo-se a mesma relação de proporção entre a fisiologia caucasiana e brasileira.

<i>Região</i>	<i>VC (L)</i>	<i>V<sub>D</sub>(ET) (mL)</i>	<i>V<sub>D</sub>(BB) (mL)</i>	<i>V<sub>D</sub>(bb) (mL)</i>
Nordeste	0,577	40	39	38
Sudeste	0,630	43	42	40
Sul	0,655	46	45	43

VC – volume corrente, V<sub>D</sub>(ET) – volume do espaço morto de ET, V<sub>D</sub>(BB) – volume do espaço morto de BB, V<sub>D</sub>(bb) – volume do espaço morto de bb.

Os valores das Tabelas 4.11 e 4.12 foram aplicados no modelo para cálculo da dose equivalente e da dose efetiva. Foi realizada uma comparação entre os resultados obtidos quando foram considerados parâmetros de referência do homem caucasiano e quando foram aplicados os parâmetros gerados a partir de dados referentes à população brasileira das regiões nordeste, sudeste e sul. Nesta comparação, foi considerado exercício leve como nível de atividade física devido a metodologias utilizadas na obtenção das equações para valores previstos.

Os compostos de alta solubilidade (tipo F) não apresentaram variações maiores do que 3% na dose efetiva e a variação máxima na dose equivalente nos órgãos e tecidos foi de 10%, quando foram aplicados os dados referentes as populações das três regiões brasileiras.

As maiores variações ocorreram para composto de solubilidade moderada (tipo M), chegando a 10% na dose equivalente e 6% na dose efetiva.

O material de solubilidade lenta (tipo S) apresentou variação máxima de 10% na dose efetiva e de 5% na dose equivalente nos órgãos e tecidos quando aplicados os dados das populações das três regiões.

As comparações entre os coeficientes de dose equivalente e coeficientes de dose efetiva calculados para o homem caucasiano e para o homem brasileiro aplicando parâmetros referentes a diferentes regiões do Brasil, considerando os três tipos de solubilidade (S, M e F) para os isótopos de urânio estudados neste trabalho, estão apresentadas no Apêndice II nas Tabelas B.01 a B.27.

As Tabelas 4.13 a 4.15 apresentam as razões entre os coeficientes de dose efetiva calculados para a população brasileira das regiões nordeste, sudeste e sul, e os coeficientes de dose calculados para o homem caucasiano.

Tabela 4.13 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro da região nordeste e para o homem caucasiano em exercício leve.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,03</b>
<b>235U</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,05</b>
238U	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,03</b>

Tabela 4.14 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro da região sudeste e para o homem caucasiano em exercício leve.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
<b>235U</b>	<b>0,99</b>	<b>0,96</b>	<b>0,98</b>
238U	<b>1,00</b>	<b>0,95</b>	<b>1,00</b>

Tabela 4.15 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro da região sul e para o homem caucasiano em exercício leve.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>0,99</b>	<b>0,95</b>	<b>0,99</b>
<b>235U</b>	<b>0,99</b>	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>
238U	<b>1,00</b>	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>

As variações observadas são pequenas e não tem representação significativa em relação aos coeficientes de dose calculados com parâmetros de referência do homem caucasiano. Duas observações relevantes devem ser registradas em relação aos dados da Tabela 4.1: a média de idade é muito alta em relação ao valor considerado de referência que é de 30 anos; e a altura foi obtida com amostras compostas por homens e mulheres, o que provavelmente deslocou a média de altura masculina para baixo. Em razão destas observações, a simulação a seguir (item 4.3.2.3.) visa eliminar possíveis tendências de resultados devido a características específicas da amostra.



### 4.3.2.3 – Aplicação de Parâmetros Fisiológicos Obtidos em Função da Altura para o Homem Brasileiro

Nas Figuras 4.1 e 4.2 pode-se observar que os valores previstos para alguns parâmetros pulmonares apresentam maior variação em função da altura do que da idade do indivíduo. As Tabelas 4.16 e 4.17 mostram os valores previstos obtidos em função da altura para um homem com 30 anos de idade obtidos a partir das equações da SBPT (2002). Estes valores foram aplicados ao modelo para o cálculo dos coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva.

Tabela 4.16 – Capacidades pulmonares obtidas pelas equações da SBPT em função da altura.

<i>Altura (m)</i>	<i>Idade (a)</i>	<i>CPT (L)</i>	<i>CRF (L)</i>	<i>CVF (L)</i>
1,60	30	5,62	2,89	4,18
1,70	30	6,80	3,17	4,77
1,80	30	7,98	3,45	5,36
1,90	30	9,61	3,73	5,95

Tabela 4.17 – Volumes pulmonares obtidos admitindo-se uma proporção entre a fisiologia brasileira e a caucasiana.

<i>Altura (m)</i>	<i>VC (L)</i>	<i>V<sub>D</sub>(ET) (mL)</i>	<i>V<sub>D</sub>(BB) (mL)</i>	<i>V<sub>D</sub>(bb) (mL)</i>
1,60	0,694	40	39	38
1,70	0,792	49	48	46
1,80	0,890	57	56	54
1,90	0,988	69	67	65

A dose equivalente e a dose efetiva foram calculadas para os três isótopos de urânio ( $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$ ) e para os quatro valores de altura apresentados nas Tabelas 4.16 e 4.17.

As comparações entre os coeficientes de dose equivalente e coeficientes de dose efetiva calculados para o homem caucasiano e para o homem brasileiro aplicando parâmetros calculados em função da altura, considerando os três tipos de solubilidade (S, M e F) para os isótopos de urânio estudados no presente trabalho estão apresentadas no Apêndice II nas Tabelas C.01 a C.09.

As Tabelas 4.18 a 4.21 apresentam as razões entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro com altura variando entre 1,60 m a 1,90 m e para o homem referência caucasiano com 1,76 m de altura. Os compostos de solubilidade rápida (tipo F) apresentaram variação máxima de 5% no valor da dose efetiva e de 8% na dose equivalente para os valores de altura estudados. Para material de solubilidade moderada (tipo M) a variação máxima foi de 18% na dose efetiva e de 25% na dose equivalente. Para material de solubilidade lenta (tipo S) a variação máxima na dose efetiva foi de 15% e na dose equivalente ocorreu variação de 30% quando foram considerados dados referentes a um homem brasileiro com 1,90 m de altura.

Tabela 4.18 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro com 1,60 m de altura e para o homem caucasiano em exercício leve.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>1,00</b>	<b>0,95</b>	<b>0,99</b>
<b>235U</b>	<b>1,00</b>	<b>0,95</b>	<b>0,99</b>
238U	<b>1,00</b>	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>

Tabela 4.19 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro com 1,70 m de altura e para o homem caucasiano em exercício leve.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>0,99</b>	<b>0,86</b>	<b>0,92</b>
<b>235U</b>	<b>0,99</b>	<b>0,87</b>	<b>0,91</b>
238U	<b>0,99</b>	<b>1,11</b>	<b>0,93</b>

Tabela 4.20 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro com 1,80 m de altura e para o homem caucasiano em exercício leve.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>0,97</b>	<b>0,82</b>	<b>0,90</b>
<b>235U</b>	<b>0,97</b>	<b>1,05</b>	<b>0,89</b>
238U	<b>0,98</b>	<b>1,00</b>	<b>0,88</b>

Tabela 4.21 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro com 1,90 m de altura e para o homem caucasiano em exercício leve.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>0,95</b>	<b>1,00</b>	<b>0,86</b>
<b>235U</b>	<b>0,96</b>	<b>1,00</b>	<b>0,85</b>
238U	<b>0,97</b>	<b>0,94</b>	<b>0,85</b>

### 4.3.3 – Aplicação dos Novos Fatores de Peso para Órgãos e Tecidos

O fator de peso do tecido é um parâmetro representativo da radiosensibilidade dos órgãos e tecidos do corpo humano em relação aos detrimientos causados quando exposto à radiação ionizante. Assim, são revisados e modificados, uma vez constatada a incidência ou aparecimento de doenças que podem ser oriundas da exposição à radiação.

Os novos valores dos fatores de peso dos tecidos (Tabela 2.10, Capítulo 2) baseados nos riscos de ocorrência de efeitos estocásticos (ICRP, 2007) foram aplicados no modelo com o objetivo de avaliar o impacto destes novos valores no cálculo da dose efetiva.

As Tabelas 4.22 a 4.24 apresentam as razões entre os coeficientes de dose efetiva calculados com os novos fatores de peso dos tecidos para o homem caucasiano e para o homem brasileiro. Para os isótopos de urânio estudados, os compostos de alta solubilidade (tipo F) apresentaram na dose efetiva variação máxima de 6% e na dose equivalente a variação máxima foi de 10%. As maiores variações no valor dos coeficientes de dose ocorreram para compostos de solubilidade moderada (tipo M), atingindo variação máxima de 30% na dose equivalente e de 24% na dose efetiva. Os compostos de solubilidade lenta apresentaram para a dose efetiva variação de 20% e para a dose equivalente a variação máxima foi de 31%.

Estão apresentadas no Apêndice II, Tabelas D.01 a D.27, os valores dos coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva calculados com os novos fatores de peso dos tecidos, para três níveis de atividade física. Nestas tabelas pode ser observada a influência do nível de atividade física no cálculo dos coeficientes de dose. Em exercício pesado, os compostos tipo S não apresentam variação nos coeficientes de dose efetiva, no

entanto, para alguns órgãos, o coeficiente de dose equivalente apresentou variação de até 30% menor.

Tabela 4.22 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro e para o homem caucasiano em repouso, considerando os novos fatores de peso dos tecidos.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>0,96</b>	<b>0,75</b>	<b>0,80</b>
<b>235U</b>	<b>0,97</b>	<b>0,73</b>	<b>0,79</b>
238U	<b>0,97</b>	<b>0,70</b>	<b>0,80</b>

Tabela 4.23 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro e para o homem caucasiano sentado, considerando os novos fatores de peso dos tecidos.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>0,94</b>	<b>0,84</b>	<b>0,82</b>
<b>235U</b>	<b>0,98</b>	<b>0,87</b>	<b>0,86</b>
238U	<b>0,94</b>	<b>0,84</b>	<b>0,81</b>

Tabela 4.24 – Razão entre os coeficientes de dose efetiva calculados para o homem brasileiro e para o homem caucasiano em exercício pesado, considerando os novos fatores de peso dos tecidos.

Isótopo	Tipo F	Tipo M	Tipo S
<b>234U</b>	<b>1,01</b>	<b>1,14</b>	<b>1,00</b>
<b>235U</b>	<b>1,02</b>	<b>1,09</b>	<b>1,00</b>
238U	<b>1,01</b>	<b>1,09</b>	<b>0,98</b>

## Capítulo 5

# CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 - Conclusões

O objetivo proposto para este trabalho foi avaliar as possíveis variações nos coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva a partir das variações encontradas nas frações de deposição quando se aplicam, no modelo matemático do trato respiratório humano, parâmetros da morfometria e da fisiologia respiratória referentes a amostras da população brasileira.

As planilhas eletrônicas são ferramentas viáveis para implementação de modelos biocinéticos, utilizados para cálculo de dose interna, conforme verificado através do grau de concordância entre os valores dos coeficientes de dose calculados e aqueles apresentados pela ICRP.

As variações calculadas para os coeficientes de dose equivalente nas regiões do trato respiratório seguiram o mesmo padrão das variações calculadas nas frações de deposição para as respectivas regiões quando foram aplicados os parâmetros referentes a amostras da população brasileira.

Dentre as situações estudadas, os coeficientes de dose efetiva e de dose equivalente apresentaram variação máxima de 30% quando foram utilizados os parâmetros referentes a amostras da população brasileira disponíveis na literatura.

A solubilidade do material inalado é um fator importante para a estimativa da variação de dose equivalente. O tipo de solubilidade define o tempo de residência do material nas regiões do trato respiratório. Por se tratar de incorporação via inalação, as maiores variações ocorrem quando o tempo de residência é suficiente para que o órgão que recebe a maior dose equivalente esteja no trato respiratório. Desta forma, pequenas variações nas frações de deposição podem ser suficientes para alterar significativamente a dose efetiva quando os órgãos mais expostos pertencem ao trato respiratório.

Considerando os quatro níveis de atividade física estudados, as variações nos coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva dependem do tipo de solubilidade do material incorporado. A partir dos resultados obtidos, foi concluído que para cada nível de

atividade física, quando aplicados parâmetros referentes a amostras da população brasileira, o valor dos coeficientes de dose pode aumentar, diminuir ou não apresentar variação, dependendo somente da solubilidade do composto. Não foi observado um padrão de variação em relação ao nível de atividade física.

Foi observado que, para compostos de alta solubilidade (tipo F), as alterações nas frações de material depositado nas regiões do trato respiratório não geram alterações significativas na dose efetiva, devido ao curto tempo de residência deste tipo de material nas regiões do trato respiratório que é, de acordo com a ICRP 66 (1994), cerca de 10 minutos. Assim, o material depositado é transferido para o sangue quase que imediatamente, fazendo com que as regiões do trato respiratório não sejam os órgãos que recebem a maior dose equivalente e, desta maneira, pouco influenciam na dose efetiva.

Os materiais de solubilidade moderada (tipo M) apresentaram as maiores variações na dose efetiva. Quando o órgão que recebe a maior dose equivalente é o pulmão, a variação na dose efetiva segue o mesmo padrão da variação da dose equivalente nos pulmões, sendo o pulmão o órgão que mais influencia o valor da dose efetiva. Foi observado, em algumas das situações estudadas, que sob as mesmas condições de exposição e mesmo nível de atividade física, apenas os compostos tipo M sofreram variações significativas nos coeficientes de dose efetiva, o que não aconteceu com os compostos tipo F e S.

Os compostos de solubilidade lenta (tipo S) apresentaram variações significativas na dose efetiva apenas em situações específicas, a saber, quando o indivíduo exposto apresenta altura maior do que a altura padrão ou quando são considerados os novos fatores de peso dos tecidos. É importante observar que, em algumas das situações estudadas, os compostos de solubilidade lenta não apresentaram variação significativa na dose efetiva quando foram aplicados parâmetros referentes à população brasileira, no entanto, a dose equivalente em determinados órgãos e tecidos variou até 30%. Ao considerar um indivíduo em repouso ou sentado, o valor da dose equivalente na região extratorácica superou o valor da dose equivalente nos pulmões, gerando um aumento significativo na dose equivalente dos órgãos restantes, isto porque a região extratorácica, órgão que recebeu a maior dose equivalente, pertence ao grupo de órgãos considerados 'restantes'. Assim, como a redução ocorrida na dose equivalente nos pulmões foi acompanhada por um aumento na dose equivalente na região extratorácica e, conseqüentemente nos órgãos restantes, gerou um aumento médio de 10% no valor da dose efetiva. Este resultado foi modificado pela aplicação dos novos fatores de peso dos tecidos.

De acordo com as novas recomendações da ICRP (2007) quanto ao valor dos fatores de peso e a nova metodologia para o cálculo da dose equivalente nos órgãos restantes, as reduções ocorridas na dose equivalente nos pulmões influenciaram mais significativamente o valor da dose efetiva. Desta maneira, para os compostos de solubilidade lenta (tipo S), quando foram aplicados os novos fatores de peso dos tecidos, a variação máxima na dose efetiva foi de 20% menor.

A aplicação de parâmetros fisiológicos referentes à população brasileira permite estimar a variação no cálculo de dose equivalente e de dose efetiva quando são usados parâmetros recomendados pela ICRP, baseados no homem caucasiano. A partir dos resultados obtidos observa-se que as maiores variações nos coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva, nas situações estudadas, são em média de 30%. Isto confirma que os valores padrões de parâmetros fisiológicos e morfológicos recomendados são uma boa opção para serem aplicados em programas de monitoração de rotina, quando as metodologias de avaliação indicam que a dose efetiva está dentro dos níveis normais estabelecidos pelo programa. Como a variação máxima é de 30%, a aplicação de parâmetros específicos só é recomendada quando a dose efetiva atinja um nível considerado de investigação. Em tal situação, na qual se requer uma monitoração individual específica, uma análise mais detalhada dos parâmetros fisiológicos e morfológicos permite uma melhor estimativa do valor da dose efetiva.

Comparando-se os parâmetros fisiológicos recomendados pela ICRP baseados no homem de origem americana e européia e os parâmetros fisiológicos obtidos em amostras da população brasileira, observa-se que a taxa volumétrica de fluxo, a taxa de respiração e o volume corrente são os parâmetros que mais variam. Estes parâmetros podem também variar muito entre indivíduos principalmente com histórico de doença pulmonar ou hábito de fumar. Em situações nas quais uma monitoração individual seja necessária, tais parâmetros podem ser obtidos diretamente por exames de espirometria, através da utilização de um espirômetro, que permite uma avaliação mais precisa.

As dimensões das vias aéreas do trato respiratório, mais precisamente, o diâmetro das vias, é um parâmetro que tem um grau de importância considerável no cálculo das frações de deposição de material inalado nas regiões do trato. Como não foram encontrados, na literatura estudada, valores de referência para o diâmetro das vias, utilizou-se a equação de Weibel para gerar estes valores, metodologia também utilizada pela ICRP. A variação entre os valores gerados neste trabalho e os valores recomendados foi em média 10%, no entanto, o diâmetro das vias é um parâmetro que causa variação significativa nas

frações de material depositado nas regiões do trato, na dose equivalente e, em algumas situações, na dose efetiva.

## **5.2 – Recomendações**

Como foi observada uma influência considerável do tempo de residência do material incorporado em cada órgão no estudo da variação da dose efetiva em função da alteração de parâmetros fisiológicos e morfológicos, recomenda-se um estudo para avaliar as variações da dose em função de alterações das taxas de absorção sanguínea e de liberação dos modelos biocinéticos.

Recomenda-se um estudo em relação à massa dos órgãos. E por falta de dados, sugere-se uma simulação dentro de um intervalo de valores possíveis a fim de se avaliar as variações na energia efetiva específica pois, para indivíduos de menor estatura, é esperada uma redução na massa dos órgãos, o que aumenta a energia absorvida.

A implementação de modelos biocinéticos que descrevem o comportamento biocinético de outros radionuclídeos permitirá maior utilização destas planilhas. Esta tarefa pode ser facilitada porque as taxas de liberação são apresentadas como dados de entrada nas planilhas geradas neste trabalho.

A criação de um banco de dados através de parcerias com instituições que podem disponibilizar parâmetros utilizados em dosimetria poderá melhorar a utilização e a aplicação destas planilhas em situações específicas, nas quais seja necessário um cálculo mais aprimorado do valor da dose absorvida. Futuramente, através de estudos destes parâmetros, buscar valores padrões para a população brasileira a serem utilizados em dosimetria.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN THORACIC SOCIETY (ATS), “Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies”, *American Review of Respiratory Disease*, v.144, pp.1202-1218, 1991.
- JARVIS N. S., BIRCHALL A., “LUDEP 1.0, A personal computer program to implement the new ICRP tract model.” *Radiation Protection Dosimetry*, v. 53, n° 1, pp. 191-193, 1994.
- BRILL A. B., STABIN M., BOUVILLE A., RON E., “Normal organ radiation dosimetry and associated uncertainties in nuclear medicine, with emphases on Iodine-131”, *Radiation Research*, v.166, pp. 128 – 140, 2006.
- CAMPOS, M. P., PECCEQUILO, B. R. S., “Dosimetric assessment from  $^{212}\text{Pb}$  inhalation at a thorium purification plant”, *Radiation Protection Dosimetry*, v. 111, n° 3, pp. 323-326, 2004.
- CARDOSO, J. C. S., “Simulação e análise estrutural do modelo de deposição da publicação ICRP 66”, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.
- CRISTY M., ECKERMAN K. F., Specific absorbed fractions of energy at various age from internal photon sources. Part VII – adult male. Oak Ridge, Tennessee, Report n° ORLN/TM – 8381/V7, 1987.
- FARFAN, E.B., HUSTON, T.E., BOLCH, W.E., VERNETSON, W.G., “Influences of parameter uncertainties within ICRP-66 respiratory tract model”, *Health Physics*, v. 84, pp. 436-450, 2003.
- FRITSCH, P., “Uncertainties in dose due to the number of aerosol particles. Study on  $^{239}\text{PuO}_2$  using default parameters for workers”, *Health Physics*, v. 87, pp. 416-422, 2004.

GUIMARÃES, M.I.C.C., *Desenvolvimento do manequim matemático do homem brasileiro para cálculos de dosimetria interna*. Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil, 1994.

HARVEY, R. P., HAMBY, D. M., “Uncertainty in particulate deposition for 1 µm AMAD particles in a adult lung model”, *Radiation Protection Dosimetry*, v. 95, n°. 3, pp. 237-247, 2001.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Limits for intakes of radionuclides by workers* - Publication 30, Pergamon Press, Oxford, 1979.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 1* - Publication 56, Pergamon Press, Oxford, 1989.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* - Publication 60, Pergamon Press, Oxford, 1991.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *The human respiratory tract model* - Publication 66, Pergamon Press, Oxford, 1994a.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2 – Ingestion Doses Coefficients* - Publication 67, Pergamon Press, Oxford, 1994b.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Doses Coefficients for Intake of Radionuclides by Workes- Replacement of Publication 61* - Publication 68, Pergamon Press, Oxford, 1994c.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 3 – Ingestion Doses Coefficients* - Publication 69, Pergamon Press, Oxford, 1994d.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Basic Anatomical and Physiological Data for use in Radiological Protection: The Skeleton* - Publication 70, Pergamon Press, Oxford, 1995a.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4 – Inhalation Doses Coefficients* - Publication 71, Pergamon Press, Oxford, 1995b.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers – Replacement of publication 54* - Publication 78, Pergamon Press, Oxford, 1997.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values*. Publication 89, Pergamon Press, Oxford, 2002a.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Guide for the practical application of the ICRP human respiratory tract model, Supporting Guidance 3*. Ann. ICRP 32 (1-2), Pergamon Press, Oxford, 2002b.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Human alimentary tract model for radiological protection* - Publication 100, Pergamon Press, Oxford, 2007.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP), *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* - Publication 103, Pergamon Press, Oxford, 2007.

ISHIGURE, N., MATSUMOTO, M., NAKANO, T., ENOMOTO, H., “Development of software for internal dose calculation from bioassay measurements”, *Radiation Protection Dosimetry*, v. 109, pp. 235-242, 2004.

- LIN C., TAWHAI M. H., McLENNAN G., HOFFMAN E. A., “Characteristics of the turbulent laryngeal jet and its effect on airflow in the human intra-thoracic airways.” *Respiratory Physiology & Neurobiology*, v. 157, pp. 295-309, 2007.
- MADY, C., *Estudo da capacidade funcional máxima pela ergoespirometria em pacientes portadores da Doença de Chagas*. Tese de Livre-Docência, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1985.
- MARTUCCI, R.C., JARDIM, J.R.B., “Influência do bocal sobre o padrão ventilatório em indivíduos normais”, *Jornal de Pneumologia*, v. 18, n. 3, pp. 101-104, 1992a.
- MARTUCCI, R.C., LOPES, J.M., JARDIM, J.R.B., “Estudo da configuração tóraco-abdominal em indivíduos normais nas posições sentada e supina respirando livremente e através de resistência linear”, *Jornal de Pneumologia*, v. 18, n. 3, pp. 93-100, 1992b.
- NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENT (NCRP), *Deposition, retention and dosimetry of inhaled radioactive substances*, v. 125, 1997.
- NEDER, J.A., ANDREONI, S., CASTELO FILHO, A., NERY, L.E., “Reference values for lung function tests I. Static volumes”, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 32, pp. 703-717, 1999a.
- NEDER, J.A., ANDREONI, S., CASTELO FILHO, A., NERY, L.E., “Reference values for lung function tests II. Maximal respiratory pressure and voluntary ventilation”, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 32, pp. 719-727, 1999b.
- NEDER, J.A., ANDREONI, S., CASTELO FILHO, A., NERY, L.E., “Reference values for lung function tests III. Carbon monoxide diffusing capacity (transfer factor)”, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v.32, pp.729-737, 1999c.
- ORTIZ, A. P., *Modelo Dosimétrico para o Radônio e Filhos*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 1997.

- PEREIRA, C.A.C., BARRETO, S. P., SIMÕES, J.G., “Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira”, *Jornal de Pneumologia*, v. 18, n. 1, pp. 10-22, 1992.
- PEREIRA, C. A .C., SATO, T., RODRIGUES, S. C., “Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca”, *J. Bras. de Pneumologia*, v. 33, n. 4, pp. 397-406, 2007.
- REIS, A. A., Aplicação dos parâmetros fisiológicos e morfológicos de uma amostra da população brasileira no modelo matemático do trato respiratório humano. Dissertação de Mestrado, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, Brasil, 2005.
- REIS, A. A. CARDOSO, J. C. S., LOURENÇO M. C., “Avaliação das variações no modelo biocinético de liberação a partir de frações de deposição características de amostras da população brasileira”. *Rev. Bras. de Pesq. e Des.*, v. 7, nº 1, pp.188 – 191, 2005.
- REIS, A. A. CARDOSO, J. C. S., LOURENÇO M. C., “Application of Morphological and Physiological Parameters Representative of a sample of Brazilian Population in the HRTM ”. *Rad. Prot. Dos.*, v. 125, nº. 04, pp. 557-560, 2007.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA (SBPT). “Diretrizes para Testes de Função Pulmonar”. *J. Bras. de Pneumologia*. Vol. 28, Supl. 03, S1 – S238, 2002.
- SILVA L. C. C., “Espirometria: O que é normal?”. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. v. 33(4), pp. xxi – xxii, 2007.
- TASK GROUP ON LUNG DYNAMICS (TGLD), “Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract”, *Health Physics*, v. 12, pp. 173-207, 1966.

VELASQUES, S. M. O., TAUHATA L., J. L. LIPSZTEIN, BOASQUEVISQUE E. M.,  
“Effective doses in diagnostic nuclear medicine in Brazil: possibilities of  
optimization”, *Radioprotección*, n.49,v.XIII,p.145-148, 2006.

WEIBEL, E. R., *Morphometry of the human lung*. New York, Academic Press, 1966.

XU X., LAIRD N., DOCKERY D. W., SCHOUTEN J. P., RIJCKEN B., WEISS S. T.,  
“Age, period, and cohort effects on pulmonary function in a 24-year longitudinal  
study.” *American Journal Epidemiology*, v. 141(6), pp. 554-566, 1995.

## Anexo I

# PARÂMETROS DE FISIOLOGIA RESPIRATÓRIA

A espirometria é a medida do ar inspirado e expirado dos pulmões e os fluxos respiratórios. Sua principal aplicação é o diagnóstico de doenças pulmonares.

A seguir são apresentadas as definições de grandezas espirométricas e pulmonares apresentadas pelo I Consenso Brasileiro sobre Espirometria (1996), por PEREIRA (2002) e por GUYTON (1988). As grandezas funcionais são expressas nas condições de temperatura corporal ( $37^{\circ}\text{C}$ ), pressão ambiente e saturado de vapor de água (BTPS):

*Capacidade pulmonar total (CPT)*: o volume de gás nos pulmões após a inspiração máxima.

*Capacidade vital (CV)*: representa o maior volume de ar mobilizado, podendo ser medido tanto na inspiração quanto na expiração. Esta grandeza é expressa em litros.

*Volume corrente (VC)*: representa o volume de ar que entra e sai dos pulmões sob respiração usual.

*Capacidade residual funcional (CRF)*: é o volume de ar que permanece nos pulmões ao final de uma expiração usual, em volume corrente.

*Capacidade vital forçada (CVF)*: representa o volume máximo de ar exalado com esforço máximo, a partir do ponto de máxima inspiração. Esta grandeza é expressa em litros.

*Volume expiratório forçado no tempo (VEF<sub>t</sub>)*: representa o volume de ar exalado num tempo especificado durante a manobra de CVF. Esta grandeza é expressa em litros.

*Fluxo máximo expiratório (FEF<sub>máx</sub>)*: representa o fluxo máximo de ar durante a manobra de capacidade vital forçada. Esta grandeza também é denominada de pico de fluxo expiratório (PFE). Esta grandeza é expressa em litros/segundo (BTPS).

*Fluxo* (FEF<sub>x</sub> ou FIF<sub>x</sub>): representa o fluxo expiratório ou inspiratório forçado instantâneo relacionado a um volume do registro da manobra de CVF. Esta grandeza é expressa em litros/segundo (BTPS).

*Frequência respiratória* (F<sub>R</sub>): números de ciclos de respiração por unidade de tempo.

*Tempo da expiração* (TE): tempo decorrido entre os momentos escolhidos para “início” e “término” da manobra de CVF. Esta grandeza é expressa em segundos.

*Volume de espaço morto* (V<sub>D</sub>): representa o volume de ar inalado que não participa da troca gasosa.

*Espirômetros de volume*: são equipamentos destinados a medir volumes e fluxos a partir de um sinal primário de volume.

*Espirômetros de fluxo*: são equipamentos destinados a medir volumes e fluxos a partir de um sinal primário de fluxo.



# Apêndice I

## Planilhas geradas na implementação dos modelos Biocinéticos

A – Planilha 1: Parâmetros de entrada, frações de deposição e dose equivalente nas regiões do trato respiratório.

PARÂMETROS DE ENTRADA											
CÁLCULO DE DEPOSIÇÃO									EEE		
									Energia Média		
Aerossol				Morfometria				tempo (d)	Emissão	MeV	
$C_A$ (Bq/m <sup>3</sup> )	Vel. (m/s)	Forma	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	AMAD ( $\mu$ m)	$d_T$ (cm)	$d_{bb}$ (cm)	$d_{AI}$ (cm)	decorrido	Alfa	4.7	
100	1	1.5	3	5	1.65	0.165	0.051	18250	Beta	0	
									Gama	0	
Fisiologia								tempo (h)	raio X	0	
FRC (mL)	$f_R$ (min <sup>-1</sup> )	B (m <sup>3</sup> /h)	$V_D$ (BB) (mL)	$V_D$ (bb) (mL)	$V_D$ (ET) (mL)	Tempo	$F_{nasal}$	exposição	Elemento	Tipo	
3301	20	1.50	49	47	50	1	1	0.008333	U234	S	
Frações depositadas no Trato Respiratório											
Frações de deposição - AMAD ( $\mu$ m)											
Região	0,5 $\mu$ m	0,7 $\mu$ m	1 $\mu$ m	2 $\mu$ m	3 $\mu$ m	4 $\mu$ m	5 $\mu$ m	6 $\mu$ m	7 $\mu$ m	8 $\mu$ m	10 $\mu$ m
ET1	8.6E-02	1.2E-01	1.6E-01	2.5E-01	3.0E-01	3.2E-01	3.3E-01	3.4E-01	3.5E-01	3.5E-01	3.4E-01
ET2	1.0E-01	1.5E-01	2.1E-01	3.1E-01	3.6E-01	3.9E-01	3.9E-01	4.0E-01	4.0E-01	3.9E-01	3.8E-01
BB	7.3E-03	9.1E-03	1.2E-02	1.7E-02	1.8E-02	1.8E-02	1.8E-02	1.7E-02	1.6E-02	1.5E-02	1.3E-02
bb	2.1E-02	1.8E-02	1.6E-02	1.5E-02	1.4E-02	1.3E-02	1.1E-02	1.0E-02	9.0E-03	8.0E-03	6.4E-03
AI	1.1E-01	1.1E-01	1.0E-01	9.2E-02	7.7E-02	6.4E-02	5.3E-02	4.4E-02	3.7E-02	3.1E-02	2.3E-02
TRATO RESPIRATÓRIO											
$H_T$	DOSE EQUIVALENTE $H_T$ (Sievert) - AMAD ( $\mu$ m)										
	0.5 $\mu$ m	0.7 $\mu$ m	1 $\mu$ m	2 $\mu$ m	3 $\mu$ m	4 $\mu$ m	5 $\mu$ m	6 $\mu$ m	7 $\mu$ m	8 $\mu$ m	
Total ET	1.9E-05	2.8E-05	3.9E-05	5.9E-05	6.8E-05	7.2E-05	7.4E-05	7.4E-05	7.4E-05	7.4E-05	7.3E-05
Total Pulmões	7.0E-05	7.0E-05	6.8E-05	6.3E-05	5.4E-05	4.6E-05	3.9E-05	3.3E-05	2.8E-05	2.4E-05	

**Planilha 1: Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva.**

<b>Trabalhador</b>	<b>Dose Equivalente</b>
<b>Tecidos/orgaos</b>	<b>Sv / Bq.</b>
Adrenais	7.1E-09
Bexiga	7.4E-09
Superficie Ossea	2.2E-07
Cerebro	7.1E-09
Mamas	7.1E-09
Esofago	7.1E-09
Estomago	1.5E-08
Intest. Delgado	1.6E-08
Intest. Grosso Superior	2.2E-08
Intest. Grosso Inferior	3.9E-08
Colon	2.9E-08
Rins	8.5E-08
Figado	3.0E-08
Musculo	7.1E-09
Ovarios	7.1E-09
Pancreas	7.1E-09
Medula Ossea	2.1E-08
Regiao Extra Toracica	7.6E-05
Pulmoes	3.7E-05
Pele	7.1E-09
Baço	7.1E-09
Testiculos	7.1E-09
Timo	7.1E-09
Tireóide	7.1E-09
Utero	7.1E-09
Restantes	3.8E-05
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7.3E-06</b>

**B – Planilha 2: Macro que calcula a relação entre os diâmetros aerodinâmicos ( $d_{ae}$ ) e termodinâmicos ( $d_{th}$ ) através de cálculo recursivo.**

dae_dth	=ARGUMENTO("dae")
	=ARGUMENTO("X")
	=ARGUMENTO("p")
	=DEF.VALOR(Cdae;1+(0.0683/dae)*(2.514+0.8*EXP(-0.55*(dae/0.0683))))
	=DEF.VALOR(ath;dae*(X/p)^0.5)
loop	=DEF.VALOR(Cath;1+(0.0683/ath)*(2.514+0.8*EXP(-0.55*(ath/0.0683))))
	=DEF.VALOR(dth;dae*((X/p)*(Cdae/Cath))^0.5)
	=SE(ABS(ath-dth)<10^-15);IRPARA(Fim)
	=DEF.VALOR(ath;dth)
	=IRPARA(loop)
Fim	=RETORNO(dth)
ath	48.0572332075031
Cdae	1.00252509117647
Cath	1.00361132525567
dth	48.0572332075031
dae	

**C – Planilha 3: Cálculo das frações de deposição nas regiões do trato respiratório.**

PARÂMETROS DE ENTRADA			
Aerossol			
$I_0$ 100	Vel.(m/s) 1	Forma 1.5	$\rho(\text{g/cm}^3)$ 3
Parâmetros Morfológicos			
$d_T(\text{cm})$ 1.65	$d_{bb}(\text{cm})$ 0.165	$d_{Al}(\text{cm})$ 0.051	
Parâmetros Fisiológicos			
FRC(mL) 3301	$V_T(\text{mL})$ 1250	$V(\text{mL})$ 833.3	
$V_D(\text{BB})(\text{mL})$ 49	$V_D(\text{bb})(\text{mL})$ 47	$V_D(\text{ET})(\text{mL})$ 50	
$V_D(\text{tot})(\text{L})$ 1.5	$F_{\text{nasal}}$ 1	$f_R(\text{min}^{-1})$ 20	

Fluxos				
$\phi(\text{ET1})$	$\phi(\text{ET2})$	$\phi(\text{BB})$	$\phi(\text{bb})$	$\phi(\text{Al})$
1	1	9.60E-01	9.06E-01	8.54E-01
V nasal	V bucal	$V'_D(\text{BB})$	$V'_D(\text{bb})$	
833.3333333	0	67.55498334	64.79763708	
$SF_t$	$SF_b$	$SF_A$		
1	1	1		
Tempos				
$t_B$	$t_b$	$t_A$		
0.06993299	0.067078582	1.826466162		

Parâmetros Calculados					
dae	$\eta I$	$d_{th}$	$C(d_{th})$	D	$\Psi$
0.05	1.00E+00	2.64E-02	9.16E+00	7.30E-05	1.14E+00
0.1	1.00E+00	5.60E-02	4.69E+00	1.76E-05	1.37E+00
0.15	1.00E+00	8.79E-02	3.26E+00	7.81E-06	1.56E+00
0.2	1.00E+00	1.21E-01	2.59E+00	4.49E-06	1.72E+00

**Planilha 3: Contribuição dos diâmetros aerodinâmicos e termodinâmicos na eficiência de deposição em cada região de acordo com o padrão de respiração.**

Contribuições de deposição												
$\eta_{ae}(ET1)$	$\eta_{th}(ET1)$	$\eta_{ae}(ET2)_n$	$\eta_{th}(ET2)_n$	$\eta_{ae}(ET2)_m$	$\eta_{th}(ET2)_m$	$\eta_{ae}(BB)_{in}$	$\eta_{ae}(BB)_{ex}$	$\eta_{th}(BB)_{in/ex}$	$\eta_{ae}(bb)$	$\eta_{th}(bb)$	$\eta_{ae}(Al)$	$\eta_{th}(Al)$
3.12E-04	3.21E-02	1.30E-04	3.57E-02	9.66E-07	0.00E+00	9.50E-06	4.75E-06	1.04E-02	5.37E-06	8.36E-02	4.40E-03	6.93E-01
1.25E-03	1.60E-02	6.57E-04	1.68E-02	6.73E-06	0.00E+00	4.69E-05	2.35E-05	5.02E-03	2.65E-05	3.82E-02	1.08E-02	3.91E-01
2.80E-03	1.07E-02	1.69E-03	1.09E-02	2.09E-05	0.00E+00	1.19E-04	5.97E-05	3.41E-03	6.76E-05	2.43E-02	1.82E-02	2.61E-01
4.95E-03	8.16E-03	3.32E-03	8.08E-03	4.68E-05	0.00E+00	2.32E-04	1.16E-04	2.64E-03	1.31E-04	1.78E-02	2.63E-02	1.94E-01

Eficiência de deposição						
$\eta(ET1)$	$\eta(ET2)_n$	$\eta(ET2)_m$	$\eta(BB)_{in}$	$\eta(BB)_{ex}$	$\eta(bb)$	$\eta(Al)$
3.21E-02	3.57E-02	0.00E+00	1.04E-02	1.04E-02	8.36E-02	6.93E-01
1.60E-02	1.68E-02	0.00E+00	5.02E-03	5.02E-03	3.82E-02	3.91E-01
1.07E-02	1.09E-02	0.00E+00	3.41E-03	3.41E-03	2.43E-02	2.61E-01
9.54E-03	8.73E-03	4.68E-05	2.65E-03	2.64E-03	1.78E-02	1.96E-01

**Planilha 3: Cálculo das frações de deposição nas regiões do trato respiratório para aerossol monodisperso.**

<b>DEPOSIÇÃO EM SÉRIE (FILTROS)</b>						
<b>Inalação</b>						
D(ET <sub>1</sub> )	D(ET <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	D(ET <sub>2</sub> ) <sub>m</sub>	D(BB) <sub>n</sub>	D(BB) <sub>m</sub>	D(bb) <sub>n</sub>	D(bb) <sub>m</sub>
3.21E+00	3.46E+00	0.00E+00	9.30E-01	0.00E+00	7.00E+00	0.00E+00
1.60E+00	1.65E+00	0.00E+00	4.66E-01	0.00E+00	3.34E+00	0.00E+00
1.07E+00	1.07E+00	0.00E+00	3.20E-01	0.00E+00	2.14E+00	0.00E+00
9.54E-01	8.65E-01	0.00E+00	2.49E-01	0.00E+00	1.58E+00	0.00E+00

<b>DEPOSIÇÃO EM SÉRIE (FILTROS)</b>								
<b>Alvéolos(in/ex)</b>		<b>Exalação</b>						
D(AI) <sub>n</sub>	D(AI) <sub>m</sub>	D(bb) <sub>n</sub>	D(bb) <sub>m</sub>	D(BB) <sub>n</sub>	D(BB) <sub>m</sub>	D(ET <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	D(ET <sub>2</sub> ) <sub>m</sub>	D(ET <sub>1</sub> )
5.01E+01	0.00E+00	1.97E+00	0.00E+00	2.37E-01	0.00E+00	8.42E-01	0.00E+00	7.30E-01
3.09E+01	0.00E+00	1.95E+00	0.00E+00	2.61E-01	0.00E+00	9.06E-01	0.00E+00	8.51E-01
2.12E+01	0.00E+00	1.55E+00	0.00E+00	2.25E-01	0.00E+00	7.43E-01	0.00E+00	7.26E-01
1.61E+01	0.00E+00	1.25E+00	0.00E+00	1.93E-01	0.00E+00	6.62E-01	0.00E+00	7.17E-01

<b>Deposição Regional para Aerossol Monodisperso</b>				
DE (ET <sub>1</sub> )	DE (ET <sub>2</sub> )	DE (BB)	DE (bb)	DE (AI)
3.94E+00	4.30E+00	1.17E+00	9.78E+00	4.51E+01
2.45E+00	2.56E+00	7.27E-01	5.76E+00	2.78E+01
1.80E+00	1.82E+00	5.45E-01	4.02E+00	1.91E+01
1.67E+00	1.53E+00	4.42E-01	3.08E+00	1.45E+01

**Planilha 3: Correção para o cálculo das frações de deposição nas regiões do trato respiratório para aerossol polidisperso e a fração de deposição para aerossol polidisperso.**

<b>Correção para Aerossol Polidisperso</b>										
<b>AMAD</b>	$\sigma_g$	$\mu$	$\sigma$	<b>PA(0,1)</b>	<b>PA(0,2)</b>	<b>PA(0,3)</b>	<b>PA(0,4)</b>	<b>PA(0,5)</b>	<b>PA(0,6)</b>	<b>PA(0,7)</b>
0.05	1.7917961	-2.99573227	0.58321851	0.18107331	0.052274805	0.021017646	0.009954666	0.005242295	0.002978982	0.0017938
0.1	2.1396204	-2.30258509	0.76062843	0.5	0.208512528	0.106266297	0.06032703	0.036810455	0.023685138	0.0158803
0.15	2.2797187	-1.89711998	0.82405206	0.703006056	0.368118238	0.215776344	0.136081912	0.090404428	0.062485629	0.0445694
0.2	2.3491594	-1.60943791	0.85405756	0.81892669	0.5	0.322724111	0.218869372	0.154220752	0.112020241	0.0834113

ET1										
<b>DE(0,1)</b>	<b>DE(0,2)</b>	<b>DE(0,3)</b>	<b>DE(0,4)</b>	<b>DE(0,5)</b>	<b>DE(0,6)</b>	<b>DE(0,7)</b>	<b>DE(0,8)</b>	<b>DE(0,9)</b>	<b>DE(1)</b>	<b>DE(2)</b>
2.6E+00	3.8E+00	5.7E+00	7.8E+00	9.7E+00	1.2E+01	1.3E+01	1.5E+01	1.6E+01	1.8E+01	2.7E+01
ET2										
<b>DE(0,1)</b>	<b>DE(0,2)</b>	<b>DE(0,3)</b>	<b>DE(0,4)</b>	<b>DE(0,5)</b>	<b>DE(0,6)</b>	<b>DE(0,7)</b>	<b>DE(0,8)</b>	<b>DE(0,9)</b>	<b>DE(1)</b>	<b>DE(2)</b>
2.7E+00	4.0E+00	6.5E+00	9.2E+00	1.2E+01	1.4E+01	1.7E+01	1.9E+01	2.1E+01	2.3E+01	3.4E+01
Deposição em BB										
<b>DE(0,1)</b>	<b>DE(0,2)</b>	<b>DE(0,3)</b>	<b>DE(0,4)</b>	<b>DE(0,5)</b>	<b>DE(0,6)</b>	<b>DE(0,7)</b>	<b>DE(0,8)</b>	<b>DE(0,9)</b>	<b>DE(1)</b>	<b>DE(2)</b>
6.7E-01	5.5E-01	5.9E-01	6.8E-01	7.9E-01	9.0E-01	1.0E+00	1.1E+00	1.2E+00	1.3E+00	1.8E+00
Deposição em bb										
<b>DE(0,1)</b>	<b>DE(0,2)</b>	<b>DE(0,3)</b>	<b>DE(0,4)</b>	<b>DE(0,5)</b>	<b>DE(0,6)</b>	<b>DE(0,7)</b>	<b>DE(0,8)</b>	<b>DE(0,9)</b>	<b>DE(1)</b>	<b>DE(2)</b>
5.1E+00	3.3E+00	2.5E+00	2.1E+00	1.9E+00	1.7E+00	1.6E+00	1.5E+00	1.5E+00	1.4E+00	1.3E+00
Deposição em Al										
<b>DE(0,1)</b>	<b>DE(0,2)</b>	<b>DE(0,3)</b>	<b>DE(0,4)</b>	<b>DE(0,5)</b>	<b>DE(0,6)</b>	<b>DE(0,7)</b>	<b>DE(0,8)</b>	<b>DE(0,9)</b>	<b>DE(1)</b>	<b>DE(2)</b>
2.4E+01	1.7E+01	1.4E+01	1.2E+01	1.2E+01	1.1E+01	1.1E+01	1.1E+01	1.1E+01	1.0E+01	8.8E+00

**D – Planilha 4: Liberação do material depositado nas regiões do trato respiratório.**

CLEARANCE									
TAXAS DE	TEMPO	AMAD	TAXAS DE	DEPOSIÇÃO REGIONAL					f lenta
DISSOLUÇÃO	(DIAS)	( $\mu\text{m}$ )	LIBERAÇÃO	ET1	ET2	BB	bb	AI	f <sub>s</sub>
Sp	0.02	5	0.02	0.347038	0.405943	0.017678	0.009201	0.047085	0.260401
0.1	0.05	5	0.001	0.347038	0.405943	0.017678	0.009201	0.047085	0.260401
Spt	0.1	5	0.00012	0.347038	0.405943	0.017678	0.009201	0.047085	0.260401
100	0.15	5	0.0001	0.347038	0.405943	0.017678	0.009201	0.047085	0.260401
St	0.2	5	0.00002	0.347038	0.405943	0.017678	0.009201	0.047085	0.260401
0.0001	0.25	5	2	0.347038	0.405943	0.017678	0.009201	0.047085	0.260401

CLEARANCE													
ABSORÇÃO RÁPIDA PELO SANGUE													
FAI1	FAI2	FAI3	Fbb1	Fbb2	Fbb <sub>seq</sub>	FBB1	FBB2	FBB <sub>seq</sub>	FLN <sub>TH</sub>	FET2	FET <sub>seq</sub>	FLN <sub>ET</sub>	%sangue
1.22E-05	2.44E-05	4.07E-06	5.44E-06	3.10E-06	5.56E-08	9.82E-06	4.73E-06	1.07E-07	1.17E-11	1.99E-04	1.75E-07	1.20E-12	2.64E-04
1.40E-05	2.80E-05	4.67E-06	5.44E-06	3.56E-06	6.39E-08	1.10E-05	5.44E-06	1.23E-07	1.89E-11	2.03E-04	2.01E-07	1.94E-12	2.76E-04
1.41E-05	2.82E-05	4.70E-06	5.44E-06	3.58E-06	6.43E-08	1.11E-05	5.47E-06	1.24E-07	1.97E-11	2.03E-04	2.03E-07	2.02E-12	2.76E-04
1.41E-05	2.82E-05	4.70E-06	5.44E-06	3.58E-06	6.43E-08	1.11E-05	5.47E-06	1.24E-07	1.97E-11	2.03E-04	2.03E-07	2.03E-12	2.76E-04

CLEARANCE													
ABSORÇÃO LENTA NO SANGUE													
FAI1	FAI2	FAI3	Fbb1	Fbb2	Fbb <sub>seq</sub>	FBB1	FBB2	FBB <sub>seq</sub>	FLN <sub>TH</sub>	FET2	FET <sub>seq</sub>	FLN <sub>ET</sub>	%sangue
1.60E-08	3.21E-08	5.34E-09	6.30E-09	4.07E-09	7.31E-11	1.10E-05	6.22E-09	1.40E-10	1.13E-14	2.38E-08	2.30E-10	1.10E-15	1.11E-05
5.65E-08	1.13E-07	1.89E-08	2.11E-08	1.44E-08	2.58E-10	1.12E-05	2.19E-08	4.95E-10	6.10E-14	3.71E-08	8.13E-10	6.18E-15	1.15E-05
1.27E-07	2.54E-07	4.23E-08	4.50E-08	3.22E-08	5.79E-10	1.15E-05	4.92E-08	1.11E-09	1.59E-13	3.84E-08	1.83E-09	1.62E-14	1.21E-05
1.97E-07	3.95E-07	6.59E-08	6.66E-08	5.01E-08	9.00E-10	1.17E-05	7.65E-08	1.73E-09	2.57E-13	3.84E-08	2.84E-09	2.63E-14	1.26E-05



**Planilha 4: Retenção da atividade nos compartimentos do trato respiratório e a cinética da atividade no trato gastrintestinal.**

Tempo (dias)	RETENÇÃO												
	Retenção Compartimental em Função do Tempo												
	ET1	ET2	ET2'	ET <sub>seq</sub>	BB1	BB2	BB <sub>seq</sub>	bb1	bb2	bb <sub>seq</sub>	AI1	AI2	AI3
0.02	1.39E-01	2.55E-02	3.13E-10	9.25E-05	4.82E-03	4.90E-03	7.31E-05	9.30E-03	9.41E-03	1.35E-04	3.55E-02	7.11E-02	1.19E-02
0.05	1.35E-01	1.67E-03	4.44E-10	9.25E-05	4.05E-03	4.90E-03	7.30E-05	8.79E-03	9.40E-03	1.34E-04	3.55E-02	7.11E-02	1.19E-02
0.1	1.28E-01	3.38E-04	9.34E-10	9.25E-05	3.12E-03	4.89E-03	7.30E-05	7.99E-03	9.39E-03	1.34E-04	3.55E-02	7.11E-02	1.19E-02
0.15	1.22E-01	2.63E-04	1.61E-09	9.25E-05	2.50E-03	4.88E-03	7.30E-05	7.26E-03	9.38E-03	1.34E-04	3.55E-02	7.11E-02	1.19E-02
0.2	1.16E-01	2.16E-04	2.37E-09	9.25E-05	2.07E-03	4.88E-03	7.29E-05	6.61E-03	9.36E-03	1.34E-04	3.54E-02	7.11E-02	1.19E-02

					Conteú.(α)						Conteú.(α)		
A (t)	U <sub>S</sub> Estômago				2.70E-13	Estômago	A (t)	U <sub>S</sub> intestino delgado				1.68E-13	Int. delgado
Estômago	ΔA	U <sub>S</sub> (T)	ΔU (ΔT)	US (T)	HT calc.	H <sub>T</sub>	Small intest.	ΔA	U <sub>S</sub> (T)	ΔU (ΔT)	US (T)	HT calc.	H <sub>T</sub>
1.18E-01	0.00E+00	1.02E+02	0.00E+00	1.021E+02	2.8E-11	2.8E-11	4.0E-02	0	6.98E+01	0.00E+00	6.98E+01	1.17E-11	1.2E-11
7.29E-02	4.53E-02	2.48E+02	5.87E+01	3.497E+02	9.4E-11	9.4E-11	9.8E-02	-5.73E-02	1.79E+02	-7.43E+01	2.49E+02	4.18E-11	4.2E-11
2.35E-02	4.94E-02	2.08E+02	1.07E+02	5.579E+02	1.5E-10	1.5E-10	1.2E-01	-1.88E-02	4.63E+02	-4.05E+01	7.12E+02	1.20E-10	1.2E-10
7.92E-03	1.56E-02	6.79E+01	3.37E+01	6.258E+02	1.7E-10	1.7E-10	1.0E-01	1.59E-02	4.69E+02	3.42E+01	1.18E+03	1.98E-10	2.0E-10
3.07E-03	4.85E-03	2.37E+01	1.05E+01	6.495E+02	1.8E-10	1.8E-10	8.0E-02	2.10E-02	3.89E+02	4.53E+01	1.57E+03	2.64E-10	2.6E-10

					Conteú.(α)						Conteú.(α)		
A (t)	U <sub>S</sub> intestino grosso superior				3.05E-13	ULI	A (t)	U <sub>S</sub> intestino grosso inferior				4.98E-13	LLI
ULI	ΔA	U <sub>S</sub> (T)	ΔU (ΔT)	US (T)	HT calc.	H <sub>T</sub>	LLI	ΔA	U <sub>S</sub> (T)	ΔU (ΔT)	US (T)	HT calc.	H <sub>T</sub>
1.95E-03	0.00E+00	3.37E+00	0.00E+00	3.368E+00	1.0E-12	1.0E-12	1.96E-05	0.00E+00	3.38E-02	0.00E+00	3.379E-02	1.7E-14	3.9E-14
1.30E-02	-1.11E-02	1.94E+01	-1.43E+01	2.275E+01	6.9E-12	7.0E-12	4.17E-04	-3.97E-04	5.66E-01	-5.15E-01	5.995E-01	3.0E-13	3.5E-13
4.57E-02	-3.27E-02	1.27E+02	-7.06E+01	1.495E+02	4.6E-11	4.6E-11	3.01E-03	-2.60E-03	7.41E+00	-5.61E+00	8.007E+00	4.0E-12	4.1E-12
7.32E-02	-2.75E-02	2.57E+02	-5.94E+01	4.063E+02	1.2E-10	1.2E-10	8.07E-03	-5.06E-03	2.39E+01	-1.09E+01	3.195E+01	1.6E-11	1.6E-11
9.27E-02	-1.95E-02	3.58E+02	-4.21E+01	7.646E+02	2.3E-10	2.3E-10	1.49E-02	-6.82E-03	4.96E+01	-1.47E+01	8.155E+01	4.1E-11	4.1E-11

**E – Planilha 5: Número de transformações nucleares ocorridas nos compartimentos do modelo biocinético do urânio.**

<b>Tempo(d)</b>	<b>lambda</b>	<b>STO</b>	<b>ST1</b>	<b>ST2</b>	<b>RBC</b>	<b>Kidney</b>	<b>U. Path</b>	<b>Liver 1</b>	<b>Liver 2</b>
0.1	8.32E+00	4.12E-05	1.07E-05	4.85E-07	1.58E-06	8.05E-08	1.93E-05	2.40E-06	1.57E-09
0.2	3.47E-02	2.05E-05	1.12E-05	5.09E-07	1.60E-06	8.45E-08	2.00E-05	2.50E-06	3.74E-09
0.3	1.90E-05	9.68E-06	1.13E-05	5.13E-07	1.56E-06	8.51E-08	2.00E-05	2.50E-06	5.91E-09
0.4	6.93E-02	4.80E-06	1.13E-05	5.16E-07	1.52E-06	8.57E-08	1.99E-05	2.49E-06	8.07E-09
0.5	8.21E-05	2.63E-06	1.13E-05	5.20E-07	1.48E-06	8.62E-08	1.99E-05	2.48E-06	1.02E-08

<b>UB Conts</b>	<b>Trabecular Surface</b>	<b>Cortical Surface</b>	<b>Cortical V. E.</b>	<b>Trabecular V.E.</b>	<b>Cortical V. None</b>	<b>Trabecular V. E.</b>	<b>Cortical S'</b>	<b>Cortical V. None</b>	<b>Trabecular V. None</b>
4.73E-05	1.33E-05	1.06E-05	6.99E-08	8.75E-08	1.08E-11	8.75E-08	6.29E-12	1.08E-11	1.35E-11
1.66E-05	1.38E-05	1.10E-05	1.65E-07	2.07E-07	6.14E-11	2.07E-07	3.30E-11	6.14E-11	7.68E-11
5.54E-06	1.37E-05	1.10E-05	2.61E-07	3.27E-07	1.56E-10	3.27E-07	1.02E-10	1.56E-10	1.95E-10
2.16E-06	1.36E-05	1.09E-05	3.55E-07	4.45E-07	2.94E-10	4.45E-07	2.08E-10	2.94E-10	3.68E-10
1.14E-06	1.35E-05	1.08E-05	4.48E-07	5.61E-07	4.75E-10	5.61E-07	3.50E-10	4.75E-10	5.94E-10

**F – Planilha 6: Cálculo dos coeficientes de dose.**

Calculo dos coeficientes de dose								
Órgãos / Tecido	Massa (g)	SEE	Fonte	Alvo	SEE	W <sub>T</sub> (ICRP 60)	H <sub>T</sub>	E D
Adrenais	14	1.07E-09	Adrenais	Adrenais	1.1E-09		7.05E-09	
Bexiga	100	1.50E-10	Bexiga(cont)	Bexiga (par)	1.5E-10	0.05	7.4E-09	9.0E-10
Superfície Ossea	120	1.25E-10	Superfície Ossea	Superfície Ossea	1.3E-10	0.01	2.2E-07	
Vol. Trabecular	4000	3.76E-12	Vol. Trabecular	Superfície Ossea	3.1E-12	0.01	8.5E-08	2.0E-09
Vol. Cortical	1000	1.50E-11	Vol. Cortical	Superfície Ossea	1.3E-12	0.01	9.8E-08	2.4E-09
			Sup. Trabecular	Superfície Ossea	3.1E-11	0.01	2.2E-08	5.4E-10
			Sup. Cortical	Superfície Ossea	3.1E-11	0.01	1.8E-08	4.3E-10
Cerebro	1400	1.07E-11	Cérebro	Cérebro	1.1E-11		7.1E-09	
Esofago						0.05	7.1E-09	
Mamas	360	4.18E-11	Mamas	Mamas	4.2E-11	0.05	7.1E-09	
Estomago	250	3.01E-13	Estomago (cont)	Estomago (par)	3.0E-13	0.12	1.5E-08	2.0E-09
Intest. Delgado	400	1.88E-13	Int. delg. (cont)	Int. delg. (par)	1.9E-13		1.6E-08	
Intest. Grosso Superior	220	3.42E-13	Int.gros.Sup.(cont)	Int.gros.Sup.(par)	3.4E-13		2.2E-08	0.0E+00
Intest. Grosso Inferior	135	5.57E-13	Int.gros. Inf.(cont)	Int.gros.Inf.(par)	5.6E-13		3.9E-08	0.0E+00
Colon						0.12	2.9E-08	3.0E-09
Rins	310	4.85E-11	Rins	Rins	4.9E-11		8.5E-08	
Figado	1800	8.36E-12	Figado	Figado	8.4E-12	0.05	3.0E-08	3.6E-09
Musculo	28000	5.37E-13	Musculo	Musculo	5.4E-13		7.1E-09	0.0E+00
Ovarios	11	1.37E-09	Ovarios	Ovarios	1.4E-09		7.1E-09	0.0E+00
Pancreas	100	1.50E-10	Pancreas	Pancreas	1.5E-10		7.1E-09	0.0E+00

Medula Ossea	1500	1.25E-11	Madula Ossea	Madula Ossea	1.3E-11	0.12	2.1E-08	6.2E-09	
			Vol. Trabecular	Madula Ossea	6.3E-13		1.7E-08	0.0E+00	
			Sup. Trabecular	Madula Ossea	6.3E-12		4.5E-09	0.0E+00	
Regiao Extra Toracica	15.5	9.70E-10	Ver células AF4 até AQ31 correspondentes			0.025	7.6E-05	1.9E-06	
Pulmoes	1000	1.50E-11	ao HRTM ICRP Publicação 66			0.12	3.7E-05	4.5E-06	
Pele	2600	5.78E-12	Pele	Pele	5.8E-12	0.01	7.1E-09	7.1E-11	
Baço	180	8.36E-11	Baço	Baço	8.4E-11		7.1E-09	0.0E+00	
Testiculos	35	4.30E-10	Testiculos	Testiculos	4.3E-10	0.2	7.1E-09	1.4E-09	
Timo	20	7.52E-10	Timo	Timo	7.5E-10		7.1E-09	0.0E+00	
Tireoide	20	7.52E-10	Tireóide	Tireoide	7.5E-10	0.05	7.1E-09	3.5E-10	
Utero	80	1.88E-10	Utero	Utero	1.9E-10		7.1E-09	0.0E+00	
Restantes	29809.5				3.8E-08	0.025	3.8E-05	9.5E-07	
Total body	68831	2.19E-13							
					<b>Dose Efetiva</b>	<b>7.3E-06</b>			

## Apêndice II

### A – Aplicação de Parâmetros Fisiológicos Obtidos em Amostras da População Brasileira

Tabela A.01 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira na condição de repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Bexiga	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Superfície óssea	1,4E-05	1,4E-05	1,00
Cérebro	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Mamas	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Esôfago	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Estômago	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Intestino delgado (parede)	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Intes. Grosso superior (parede)	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Intes. Grosso inferior (parede)	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Colon	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Rins	4,8E-06	4,9E-06	0,98
Fígado	2,0E-06	2,1E-06	0,94
Músculo	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Ovários	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Pâncreas	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Medula óssea vermelha	1,3E-06	1,4E-06	0,96
Vias Extratorácicas	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Pulmões	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Pele	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Baço	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Testículos	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Timo	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Tireóide	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Útero	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Restantes	4,8E-07	5,0E-07	0,96
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,3E-07</b>	<b>7,5E-07</b>	<b>0,97</b>

Tabela A.02 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira na condição de repouso, para incorporação de 1 bequerel de <sup>234</sup>U tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Bexiga	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Superfície óssea	3,7E-06	4,2E-06	0,88
Cérebro	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Mamas	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Esôfago	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Estômago	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Intestino delgado (parede)	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Intes. Grosso superior (parede)	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Intes. Grosso inferior (parede)	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Colon	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Rins	1,4E-06	1,6E-06	0,88
Fígado	5,0E-06	5,8E-06	0,86
Músculo	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Ovários	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Pâncreas	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Medula óssea vermelha	3,4E-07	4,0E-07	0,85
Vias Extratorácicas	1,2E-05	1,1E-05	1,09
Pulmões	2,3E-05	3,1E-05	0,74
Pele	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Baço	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Testículos	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Timo	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Tireóide	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Útero	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Restantes	1,4E-07	1,6E-07	0,88
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,9E-07</b>	<b>3,9E-07</b>	<b>0,74</b>

Tabela A.03 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira na condição de repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Bexiga	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Superfície óssea	3,9E-07	4,8E-07	0,81
Cérebro	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Mamas	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Esôfago	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. Grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. Grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,7E-08	1,05
Colon	2,9E-08	2,8E-08	1,04
Rins	1,5E-07	1,8E-07	0,83
Fígado	5,2E-08	6,3E-08	0,82
Músculo	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Ovários	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Pâncreas	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Medula óssea vermelha	3,8E-07	4,6E-07	0,83
Vias Extratorácicas	6,8E-05	5,9E-05	1,15
Pulmões	5,7E-05	7,4E-05	0,77
Pele	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Baço	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Testículos	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Timo	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Tireóide	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Útero	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Restantes	3,4E-05	4,7E-08	723,40
<b>Dose Efetiva</b>	<b>9,5E-06</b>	<b>8,9E-06</b>	<b>1,07</b>

Tabela A.04 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira na condição de repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Bexiga	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Superfície óssea	1,2E-05	1,3E-05	0,96
Cérebro	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Mamas	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Esôfago	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Estômago	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Intestino delgado (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Intes. Grosso superior (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Intes. Grosso inferior (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Colon	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Rins	4,3E-06	4,4E-06	0,97
Fígado	1,8E-06	1,9E-06	0,93
Músculo	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Ovários	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Pâncreas	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,2E-06	1,00
Vias Extratorácicas	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Pulmões	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Pele	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Baço	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Testículos	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Timo	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Tireóide	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Útero	4,1E-07	4,2E-07	0,97
Restantes	4,3E-07	4,5E-07	0,97
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,3E-07</b>	<b>7,6E-07</b>	<b>0,96</b>



Tabela A.05 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira na condição de repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Bexiga	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Superfície óssea	3,3E-06	3,8E-06	0,87
Cérebro	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Mamas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Esôfago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Estômago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. Grosso superior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. Grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Colon	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Rins	1,2E-06	1,4E-06	0,86
Fígado	4,5E-06	5,2E-06	0,87
Músculo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Ovários	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Pâncreas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Medula óssea vermelha	3,1E-07	3,6E-07	0,86
Vias Extratorácicas	1,1E-05	9,6E-06	1,15
Pulmões	1,9E-05	2,6E-05	0,73
Pele	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Baço	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Testículos	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Timo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Tireóide	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Útero	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Restantes	1,3E-07	1,5E-07	0,87
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,4E-07</b>	<b>3,4E-07</b>	<b>0,71</b>

Tabela A.06 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira na condição de repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Bexiga	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Superfície óssea	3,5E-07	4,3E-07	0,81
Cérebro	1,1E-08	1,4E-08	0,80
Mamas	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Esôfago	1,4E-08	1,7E-08	0,82
Estômago	1,5E-08	1,6E-08	0,94
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. Grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. Grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,7E-08	1,05
Colon	2,9E-08	2,8E-08	1,04
Rins	1,4E-07	1,6E-07	0,88
Fígado	4,9E-08	5,9E-08	0,83
Músculo	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Ovários	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Pâncreas	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Medula óssea vermelha	3,5E-07	4,3E-07	0,81
Vias Extratorácicas	6,0E-05	5,2E-05	1,15
Pulmões	4,9E-05	6,4E-05	0,77
Pele	1,2E-08	1,4E-08	0,86
Baço	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Testículos	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Timo	1,4E-08	1,7E-08	0,82
Tireóide	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Útero	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Restantes	3,0E-05	4,2E-08	714,28
<b>Dose Efetiva</b>	<b>8,2E-06</b>	<b>7,7E-06</b>	<b>1,06</b>

Tabela A.07 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira na condição de repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Bexiga	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Superfície óssea	1,2E-05	1,2E-05	1,00
Cérebro	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Mamas	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Esôfago	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Estômago	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Intestino delgado (parede)	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Intes. Grosso superior (parede)	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Intes. Grosso inferior (parede)	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Colon	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Rins	4,3E-06	4,4E-06	0,97
Fígado	1,8E-06	1,9E-06	0,93
Músculo	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Ovários	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Pâncreas	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Medula óssea vermelha	1,3E-06	1,3E-06	1,00
Vias Extratorácicas	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Pulmões	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Pele	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Baço	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Testículos	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Timo	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Tireóide	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Útero	4,0E-07	4,2E-07	0,95
Restantes	4,3E-07	4,5E-07	0,96
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,3E-07</b>	<b>7,5E-07</b>	<b>0,97</b>

Tabela A.08 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira na condição de repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Bexiga	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Superfície óssea	3,2E-06	3,6E-06	0,89
Cérebro	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Mamas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Esôfago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Estômago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Colon	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Rins	1,2E-06	1,4E-06	0,86
Fígado	4,4E-06	5,2E-06	0,85
Músculo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Ovários	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Pâncreas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Medula óssea vermelha	3,2E-07	3,7E-07	0,86
Vias Extratorácicas	1,1E-05	9,6E-06	1,15
Pulmões	1,8E-05	2,6E-05	0,72
Pele	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Baço	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Testículos	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Timo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Tireóide	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Útero	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Restantes	1,3E-07	1,5E-07	0,87
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,4E-07</b>	<b>3,3E-07</b>	<b>0,73</b>

Tabela A.09 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira na condição de repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Bexiga	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Superfície óssea	3,5E-07	4,3E-07	0,81
Cérebro	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Mamas	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Esôfago	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,7E-08	1,05
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	1,3E-07	1,6E-07	0,81
Fígado	4,6E-08	5,7E-08	0,81
Músculo	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Ovários	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Pâncreas	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Medula óssea vermelha	3,5E-07	4,3E-07	0,81
Vias Extratorácicas	6,0E-05	5,2E-05	1,15
Pulmões	4,8E-05	6,1E-05	0,79
Pele	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Baço	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Testículos	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Timo	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Tireóide	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Útero	1,1E-08	1,3E-08	0,85
Restantes	3,0E-05	4,2E-08	690,48
<b>Dose Efetiva</b>	<b>8,0E-06</b>	<b>7,4E-06</b>	<b>1,08</b>

Tabela A.10 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Bexiga	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Superfície óssea	1,3E-05	1,4E-05	0,93
Cérebro	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Mamas	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Esôfago	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Estômago	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Intestino delgado (parede)	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Intes. grosso superior (parede)	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Intes. grosso inferior (parede)	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Colon	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Rins	4,6E-06	4,9E-06	0,94
Fígado	1,9E-06	2,1E-06	0,90
Músculo	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Ovários	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Pâncreas	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Medula óssea vermelha	1,3E-06	1,4E-06	0,96
Vias Extratorácicas	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Pulmões	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Pele	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Baço	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Testículos	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Timo	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Tireóide	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Útero	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Restantes	4,7E-07	5,0E-07	0,94
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,0E-07</b>	<b>7,5E-07</b>	<b>0,93</b>

Tabela A.11 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Bexiga	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Superfície óssea	3,3E-06	4,2E-06	0,79
Cérebro	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Mamas	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Esôfago	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Estômago	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Colon	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Rins	1,2E-06	1,6E-06	0,73
Fígado	4,5E-06	5,7E-06	0,79
Músculo	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Ovários	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Pâncreas	1,1E-07	1,5E-07	0,73
Medula óssea vermelha	3,1E-07	3,9E-07	0,79
Vias Extratorácicas	1,2E-05	1,1E-05	1,09
Pulmões	2,3E-05	2,8E-05	0,82
Pele	1,1E-06	1,5E-06	0,73
Baço	1,1E-06	1,5E-06	0,73
Testículos	1,1E-06	1,5E-06	0,73
Timo	1,1E-06	1,5E-06	0,73
Tireóide	1,1E-06	1,5E-06	0,73
Útero	1,1E-06	1,5E-06	0,73
Restantes	1,3E-07	1,6E-07	0,81
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,9E-07</b>	<b>3,6E-07</b>	<b>0,81</b>

Tabela A.12 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Bexiga	1,1E-08	1,6E-08	0,69
Superfície óssea	3,4E-07	4,7E-07	0,72
Cérebro	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Mamas	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Esôfago	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,8E-08	3,8E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	1,3E-07	1,8E-07	0,72
Fígado	4,5E-08	6,2E-08	0,73
Músculo	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Ovários	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Pâncreas	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Medula óssea vermelha	3,3E-07	4,5E-07	0,73
Vias Extratorácicas	6,7E-05	6,2E-05	1,08
Pulmões	5,4E-05	7,0E-05	0,77
Pele	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Baço	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Testículos	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Timo	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Tireóide	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Útero	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Restantes	3,4E-05	4,8E-08	708,33
<b>Dose Efetiva</b>	<b>9,0E-06</b>	<b>8,4E-06</b>	<b>1,07</b>



Tabela A.13 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Bexiga	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Superfície óssea	1,3E-05	1,3E-05	1,00
Cérebro	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Mamas	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Esôfago	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Estômago	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Intestino delgado (parede)	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Intes. grosso superior (parede)	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Intes. grosso inferior (parede)	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Colon	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Rins	4,3E-06	4,6E-06	0,93
Fígado	1,8E-06	1,9E-06	0,93
Músculo	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Ovários	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Pâncreas	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,3E-06	0,92
Vias Excretoras	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Pulmões	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Pele	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Baço	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Testículos	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Timo	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Tireóide	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Útero	4,2E-07	4,3E-07	0,98
Restantes	4,5E-07	4,6E-07	0,98
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,4E-07</b>	<b>7,8E-07</b>	<b>0,95</b>

Tabela A.14 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Bexiga	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Superfície óssea	3,5E-06	3,8E-06	0,92
Cérebro	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Mamas	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Esôfago	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Estômago	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Intestino delgado (parede)	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Intes. grosso superior (parede)	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Intes. grosso inferior (parede)	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Colon	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Rins	1,3E-06	1,4E-06	0,86
Fígado	4,7E-06	5,3E-06	0,89
Músculo	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Ovários	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Pâncreas	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Medula óssea vermelha	3,0E-07	3,6E-07	0,83
Vias Extratorácicas	1,1E-05	1,0E-05	1,10
Pulmões	2,1E-05	2,5E-05	0,80
Pele	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Baço	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Testículos	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Timo	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Tireóide	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Útero	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Restantes	1,4E-07	1,5E-07	0,92
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,6E-07</b>	<b>3,2E-07</b>	<b>0,81</b>

Tabela A.15 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,4E-08	1,6E-08	0,87
Bexiga	1,4E-08	1,6E-08	0,87
Superfície óssea	3,3E-07	4,3E-07	0,77
Cérebro	1,2E-08	1,4E-08	0,86
Mamas	1,4E-08	1,6E-08	0,87
Esôfago	1,5E-08	1,7E-08	0,76
Estômago	1,5E-08	1,6E-08	0,94
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,0E-08	2,2E-08	0,91
Intes. grosso inferior (parede)	3,4E-08	3,8E-08	0,89
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	1,4E-07	1,7E-07	0,82
Fígado	5,2E-08	6,0E-08	0,87
Músculo	1,3E-08	1,5E-08	0,73
Ovários	1,2E-08	1,4E-08	0,86
Pâncreas	1,4E-08	1,6E-08	0,87
Medula óssea vermelha	3,7E-07	4,3E-07	0,77
Vias Extratorácicas	6,1E-05	5,7E-05	1,09
Pulmões	5,4E-05	6,3E-05	0,79
Pele	1,2E-08	1,4E-08	0,86
Baço	1,4E-08	1,6E-08	0,87
Testículos	1,2E-08	1,4E-08	0,79
Timo	1,5E-08	1,7E-08	0,76
Tireóide	1,3E-08	1,5E-08	0,73
Útero	1,2E-08	1,4E-08	0,86
Restantes	3,0E-05	4,5E-08	666,67
<b>Dose Efetiva</b>	<b>8,5E-06</b>	<b>7,6E-06</b>	<b>1,12</b>

Tabela A.16 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Bexiga	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Superfície óssea	1,2E-05	1,2E-05	1,00
Cérebro	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Mamas	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Esôfago	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Estômago	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Intestino delgado (parede)	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Intes. grosso superior (parede)	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Colon	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Rins	4,2E-06	4,4E-06	0,95
Fígado	1,7E-06	1,9E-06	0,89
Músculo	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Ovários	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Pâncreas	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,3E-06	0,92
Vias Excretoras	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Pulmões	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Pele	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Baço	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Testículos	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Timo	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Tireóide	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Útero	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Restantes	4,2E-07	4,5E-07	0,93
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,1E-07</b>	<b>7,6E-07</b>	<b>0,93</b>

Tabela A.17 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Bexiga	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Superfície óssea	3,0E-06	3,6E-06	0,83
Cérebro	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Mamas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Esôfago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Estômago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Colon	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Rins	1,1E-06	1,4E-06	0,79
Fígado	4,2E-06	5,1E-06	0,82
Músculo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Ovários	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Pâncreas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Medula óssea vermelha	3,0E-07	3,7E-07	0,81
Vias Extratorácicas	1,1E-05	1,0E-05	1,10
Pulmões	1,9E-05	2,3E-05	0,78
Pele	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Baço	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Testículos	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Timo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Tireóide	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Útero	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Restantes	1,2E-07	1,4E-07	0,86
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,5E-07</b>	<b>3,0E-07</b>	<b>0,83</b>

Tabela A.18 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de <sup>238</sup>U tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Bexiga	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Superfície óssea	3,1E-07	4,0E-07	0,78
Cérebro	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Mamas	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Esôfago	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,8E-08	3,8E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	1,2E-07	1,6E-07	0,75
Fígado	4,3E-08	5,5E-08	0,78
Músculo	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Ovários	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Pâncreas	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Medula óssea vermelha	3,2E-07	3,7E-07	0,86
Vias Extratorácicas	6,0E-05	5,2E-05	1,09
Pulmões	4,7E-05	6,1E-05	0,77
Pele	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Baço	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Testículos	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Timo	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Tireóide	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Útero	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Restantes	2,9E-05	4,3E-08	674,42
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,8E-06</b>	<b>7,0E-06</b>	<b>1,11</b>

Tabela A.19 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Bexiga	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Superfície óssea	1,9E-05	1,8E-05	1,06
Cérebro	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Mamas	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Esôfago	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Estômago	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Intestino delgado (parede)	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Intes. grosso superior (parede)	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Intes. grosso inferior (parede)	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Colon	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Rins	6,5E-06	6,6E-06	0,98
Fígado	2,5E-06	2,5E-06	1,00
Músculo	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Ovários	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Pâncreas	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Medula óssea vermelha	1,8E-06	1,8E-06	1,00
Vias Excretoras	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Pulmões	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Pele	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Baço	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Testículos	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Timo	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Tireóide	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Útero	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Restantes	6,6E-07	6,5E-07	1,02
<b>Dose Efetiva</b>	<b>9,7E-07</b>	<b>9,6E-07</b>	<b>1,01</b>

Tabela A.20 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Bexiga	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Superfície óssea	3,6E-06	4,2E-06	0,86
Cérebro	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Mamas	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Esôfago	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Estômago	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Intestino delgado (parede)	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Intes. grosso superior (parede)	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Intes. grosso inferior (parede)	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Colon	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Rins	1,3E-06	1,6E-06	0,81
Fígado	4,7E-06	5,7E-06	0,84
Músculo	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Ovários	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Pâncreas	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Medula óssea vermelha	3,4E-07	3,9E-07	0,87
Vias Extratorácicas	1,5E-05	1,3E-05	1,15
Pulmões	7,0E-05	6,1E-05	1,15
Pele	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Baço	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Testículos	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Timo	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Tireóide	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Útero	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Restantes	1,4E-07	1,6E-07	0,88
<b>Dose Efetiva</b>	<b>8,6E-06</b>	<b>7,5E-06</b>	<b>1,15</b>



Tabela A.21 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Bexiga	8,9E-09	1,3E-08	0,69
Superfície óssea	2,7E-07	3,8E-07	0,71
Cérebro	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Mamas	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Esôfago	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Estômago	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,4E-08	2,4E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	4,2E-08	4,0E-08	1,05
Colon	3,2E-08	3,1E-08	1,03
Rins	1,0E-07	1,5E-07	0,72
Fígado	3,5E-08	5,1E-08	0,71
Músculo	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Ovários	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Pâncreas	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Medula óssea vermelha	2,6E-08	3,7E-08	0,70
Vias Extratorácicas	8,0E-05	7,2E-05	1,11
Pulmões	1,0E-04	1,0E-04	1,00
Pele	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Baço	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Testículos	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Timo	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Tireóide	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Útero	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Restantes	5,1E-05	5,1E-05	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,2E-05</b>	<b>1,2E-05</b>	<b>1,00</b>

Tabela A.22 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>brasileiro</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>caucasiano</i>	<i>Razão</i> (brasileiro/caucasiano)
Adrenais	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Bexiga	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Superfície óssea	1,7E-05	1,7E-05	1,00
Cérebro	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Mamas	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Esôfago	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Estômago	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Intestino delgado (parede)	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Intes. grosso superior (parede)	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Intes. grosso inferior (parede)	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Colon	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Rins	6,0E-06	5,9E-06	1,02
Fígado	2,3E-06	2,4E-06	0,96
Músculo	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Ovários	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Pâncreas	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Medula óssea vermelha	1,7E-06	1,6E-06	1,06
Vias Excretoras	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Pulmões	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Pele	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Baço	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Testículos	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Timo	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Tireóide	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Útero	5,7E-07	5,6E-07	1,02
Restantes	6,1E-07	6,0E-07	1,02
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,0E-06</b>	<b>1,0E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela A.23 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Bexiga	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Superfície óssea	3,3E-06	3,9E-06	0,85
Cérebro	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Mamas	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Esôfago	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Estômago	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Colon	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Rins	1,2E-06	1,4E-06	0,86
Fígado	4,4E-06	5,3E-06	0,83
Músculo	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Ovários	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Pâncreas	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Medula óssea vermelha	3,1E-07	3,7E-07	0,84
Vias Extratorácicas	1,4E-05	1,2E-05	1,17
Pulmões	5,6E-05	5,0E-05	1,11
Pele	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Baço	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Testículos	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Timo	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Tireóide	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Útero	1,1E-07	1,4E-07	0,79
Restantes	1,3E-07	1,5E-07	0,87
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,9E-06</b>	<b>6,2E-06</b>	<b>1,11</b>

Tabela A.24 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	9,7E-09	1,4E-08	0,70
Bexiga	9,7E-09	1,4E-08	0,70
Superfície óssea	2,5E-07	3,6E-07	0,69
Cérebro	7,9E-09	1,1E-08	0,72
Mamas	9,7E-09	1,4E-08	0,70
Esôfago	1,0E-08	1,4E-08	0,71
Estômago	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,4E-08	2,4E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	4,2E-08	4,0E-08	1,05
Colon	3,2E-08	3,1E-08	1,03
Rins	9,5E-08	1,4E-07	0,68
Fígado	3,4E-08	4,9E-08	0,71
Músculo	8,6E-09	1,2E-08	0,73
Ovários	7,9E-09	1,1E-08	0,72
Pâncreas	9,3E-09	1,3E-08	0,72
Medula óssea vermelha	2,5E-07	3,5E-07	0,71
Vias Extratorácicas	7,4E-05	6,6E-05	1,12
Pulmões	8,4E-05	8,7E-05	0,98
Pele	8,2E-09	1,2E-08	0,68
Baço	9,2E-09	1,3E-08	0,71
Testículos	7,9E-09	1,1E-08	0,72
Timo	1,0E-08	1,4E-08	0,71
Tireóide	8,6E-09	1,2E-08	0,72
Útero	7,9E-09	1,1E-08	0,72
Restantes	4,7E-08	4,7E-08	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,0E-05</b>	<b>1,0E-05</b>	<b>1,00</b>

Tabela A.25 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Bexiga	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Superfície óssea	1,6E-05	1,6E-05	1,00
Cérebro	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Mamas	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Esôfago	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Estômago	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Intestino delgado (parede)	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Intes. grosso superior (parede)	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Intes. grosso inferior (parede)	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Colon	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Rins	5,8E-06	5,7E-06	1,02
Fígado	2,2E-06	2,3E-06	0,96
Músculo	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Ovários	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Pâncreas	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Medula óssea vermelha	1,7E-06	1,6E-06	1,06
Vias Excretoras	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Pulmões	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Pele	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Baço	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Testículos	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Timo	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Tireóide	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Útero	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Restantes	5,9E-07	5,8E-07	1,02
<b>Dose Efetiva</b>	<b>9,8E-07</b>	<b>9,7E-07</b>	<b>1,02</b>

Tabela A.26 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Bexiga	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Superfície óssea	3,1E-06	3,6E-06	0,86
Cérebro	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Mamas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Esôfago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Estômago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Colon	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Rins	1,2E-06	1,4E-06	0,86
Fígado	4,2E-07	5,1E-07	0,84
Músculo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Ovários	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Pâncreas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Medula óssea vermelha	3,1E-07	3,7E-07	0,84
Vias Extratorácicas	1,3E-05	1,1E-05	1,18
Pulmões	5,0E-05	4,0E-05	1,25
Pele	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Baço	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Testículos	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Timo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Tireóide	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Útero	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Restantes	1,2E-07	1,5E-07	0,80
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,1E-07</b>	<b>5,7E-07</b>	<b>1,08</b>

Tabela A.27 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Bexiga	7,9E-09	1,1E-08	0,73
Superfície óssea	2,3E-07	3,3E-07	0,67
Cérebro	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Mamas	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Esôfago	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Estômago	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,5E-08	2,4E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	4,2E-08	4,0E-08	1,05
Colon	3,2E-08	3,1E-08	1,03
Rins	9,1E-08	1,3E-07	0,71
Fígado	3,2E-08	4,6E-08	0,71
Músculo	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Ovários	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Pâncreas	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Medula óssea vermelha	2,4E-08	3,5E-08	0,69
Vias Extratorácicas	7,0E-05	6,3E-05	1,11
Pulmões	7,7E-05	8,0E-05	0,96
Pele	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Baço	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Testículos	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Timo	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Tireóide	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Útero	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Restantes	4,5E-08	4,5E-08	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>9,1E-06</b>	<b>9,6E-06</b>	<b>0,96</b>

**B – Aplicação de Parâmetros Fisiológicos Obtidos em Função de Dados Antropométricos da População Brasileira**

Tabela B.01 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região nordeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região nordeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Bexiga	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Superfície óssea	1,3E-05	1,3E-05	1,00
Cérebro	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Mamas	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Esôfago	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Estômago	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Intestino delgado (parede)	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Intes. grosso superior (parede)	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Colon	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Rins	4,4E-06	4,4E-06	1,00
Fígado	1,7E-06	1,7E-06	1,00
Músculo	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Ovários	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Pâncreas	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Medula óssea vermelha	1,3E-06	1,3E-06	1,00
Vias Extratorácicas	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Pulmões	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Pele	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Baço	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Testículos	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Timo	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Tireóide	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Útero	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Restantes	4,5E-07	4,5E-07	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,7E-07</b>	<b>6,7E-06</b>	<b>1,00</b>



Tabela B.02 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região nordeste, para incorporação de 1 bequerel de <sup>234</sup>U tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região nordeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Bexiga	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Superfície óssea	2,7E-05	2,6E-05	1,03
Cérebro	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Mamas	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Esôfago	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Estômago	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Intestino delgado (parede)	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Intes. grosso superior (parede)	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Intes. grosso inferior (parede)	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Colon	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Rins	9,8E-07	9,4E-07	1,04
Fígado	3,6E-07	3,4E-07	1,05
Músculo	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Ovários	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Pâncreas	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Medula óssea vermelha	2,4E-07	2,4E-07	1,00
Vias Extratorácicas	1,4E-05	1,4E-05	1,00
Pulmões	1,7E-05	1,7E-05	1,00
Pele	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Baço	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Testículos	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Timo	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Tireóide	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Útero	8,7E-08	8,8E-08	0,99
Restantes	1,1E-07	1,0E-07	1,05
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,2E-06</b>	<b>2,2E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela B.03 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região nordeste, para incorporação de 1 bequerel de <sup>234</sup>U tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região nordeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Bexiga	8,0E-09	7,4E-09	1,08
Superfície óssea	2,4E-07	2,2E-07	1,09
Cérebro	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Mamas	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Esôfago	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,9E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	9,2E-08	8,5E-08	1,06
Fígado	3,2E-07	3,0E-07	1,06
Músculo	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Ovários	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Pâncreas	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Medula óssea vermelha	2,3E-08	2,1E-08	1,10
Vias Extratorácicas	7,5E-05	7,1E-05	1,05
Pulmões	3,9E-05	3,7E-05	1,05
Pele	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Baço	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Testículos	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Timo	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Tireóide	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Útero	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Restantes	3,7E-05	3,8E-05	0,98
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,5E-06</b>	<b>7,3E-06</b>	<b>1,03</b>

Tabela B.04 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região nordeste, para incorporação de 1 bequerel de <sup>235</sup>U tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região nordeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Bexiga	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Superfície óssea	1,2E-05	1,2E-05	1,00
Cérebro	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Mamas	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Esôfago	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Estômago	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Intestino delgado (parede)	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Intes. grosso superior (parede)	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Colon	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Rins	4,1E-06	4,1E-06	1,00
Fígado	1,6E-06	1,6E-06	1,00
Músculo	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Ovários	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Pâncreas	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,2E-06	1,00
Vias Extratorácicas	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Pulmões	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Pele	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Baço	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Testículos	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Timo	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Tireóide	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Útero	3,9E-07	3,9E-07	1,00
Restantes	4,2E-07	4,1E-07	1,02
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,0E-06</b>	<b>7,0E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela B.05 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região nordeste, para incorporação de 1 bequerel de <sup>235</sup>U tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região nordeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	8,5E-08	8,1E-08	1,05
Bexiga	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Superfície óssea	2,4E-05	2,4E-05	1,00
Cérebro	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Mamas	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Esôfago	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Estômago	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Intestino delgado (parede)	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Intes. grosso superior (parede)	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Intes. grosso inferior (parede)	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Colon	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Rins	8,6E-07	8,7E-07	0,99
Fígado	3,0E-07	3,3E-07	0,97
Músculo	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Ovários	8,5E-08	8,1E-08	1,05
Pâncreas	8,5E-08	8,2E-08	1,05
Medula óssea vermelha	2,2E-07	2,3E-07	0,96
Vias Extratorácicas	1,3E-05	1,3E-05	1,00
Pulmões	1,5E-05	1,5E-05	1,00
Pele	8,5E-08	8,1E-08	1,00
Baço	8,5E-08	8,2E-08	1,04
Testículos	8,5E-08	8,1E-08	1,05
Timo	8,5E-08	8,2E-08	1,04
Tireóide	8,5E-08	8,2E-08	1,04
Útero	8,5E-08	8,1E-08	1,05
Restantes	9,8E-08	9,4E-08	1,04
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,9E-06</b>	<b>1,9E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela B.06 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região nordeste, para incorporação de 1 bequerel de <sup>235</sup>U tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região nordeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	8,5E-09	7,8E-09	1,08
Bexiga	7,8E-09	7,8E-09	1,00
Superfície óssea	2,2E-07	2,1E-07	1,05
Cérebro	7,0E-09	6,5E-09	1,08
Mamas	8,4E-09	7,8E-09	1,08
Esôfago	8,8E-09	8,2E-09	1,07
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,9E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	8,5E-08	7,9E-08	1,08
Fígado	3,1E-07	2,8E-07	1,10
Músculo	7,6E-09	7,1E-09	1,07
Ovários	7,0E-09	6,5E-09	1,08
Pâncreas	8,1E-09	7,6E-09	1,07
Medula óssea vermelha	2,2E-08	2,0E-08	1,10
Vias Extratorácicas	6,9E-05	7,0E-05	0,98
Pulmões	3,4E-05	3,1E-05	1,10
Pele	7,3E-09	6,8E-09	1,07
Baço	8,0E-09	7,4E-09	1,09
Testículos	7,0E-09	6,5E-09	1,08
Timo	8,8E-09	8,2E-09	1,07
Tireóide	7,6E-09	7,0E-09	1,08
Útero	7,0E-09	6,5E-09	1,08
Restantes	3,4E-05	3,5E-05	0,98
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,7E-06</b>	<b>6,6E-06</b>	<b>1,05</b>

Tabela B.07 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região nordeste, para incorporação de 1 bequerel de <sup>238</sup>U tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região nordeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Bexiga	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Superfície óssea	1,1E-05	1,1E-05	1,00
Cérebro	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Mamas	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Esôfago	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Estômago	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Intestino delgado (parede)	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Intes. grosso superior (parede)	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Colon	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Rins	3,9E-06	3,9E-06	1,00
Fígado	1,6E-06	1,5E-06	1,04
Músculo	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Ovários	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Pâncreas	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,2E-06	1,00
Vias Extratorácicas	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Pulmões	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Pele	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Baço	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Testículos	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Timo	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Tireóide	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Útero	3,8E-07	3,7E-07	1,01
Restantes	4,0E-07	4,0E-07	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,8E-07</b>	<b>6,7E-07</b>	<b>1,01</b>

Tabela B.08 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região nordeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região nordeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Bexiga	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Superfície óssea	2,3E-06	2,2E-06	1,05
Cérebro	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Mamas	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Esôfago	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Estômago	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Intestino delgado (parede)	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Intes. grosso superior (parede)	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Intes. grosso inferior (parede)	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Colon	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Rins	8,3E-07	8,4E-07	0,95
Fígado	3,2E-07	3,1E-07	1,03
Músculo	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Ovários	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Pâncreas	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Medula óssea vermelha	2,4E-07	2,3E-07	1,03
Vias Extratorácicas	1,2E-05	1,2E-05	1,00
Pulmões	1,4E-05	1,4E-05	1,00
Pele	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Baço	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Testículos	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Timo	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Tireóide	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Útero	8,2E-08	7,8E-08	1,05
Restantes	9,4E-08	9,0E-08	1,05
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela B.09 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região nordeste, para incorporação de 1 bequerel de <sup>238</sup>U tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região nordeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Bexiga	7,1E-09	6,6E-09	1,08
Superfície óssea	2,1E-07	1,9E-07	1,09
Cérebro	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Mamas	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Esôfago	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,9E-08	1,00
Colon	3,0E-08	3,0E-08	1,00
Rins	8,2E-08	7,6E-08	1,08
Fígado	2,6E-08	2,6E-08	1,00
Músculo	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Ovários	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Pâncreas	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Medula óssea vermelha	2,2E-08	2,0E-08	1,08
Vias Extratorácicas	6,6E-05	6,6E-05	1,00
Pulmões	3,2E-05	3,0E-05	1,06
Pele	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Baço	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Testículos	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Timo	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Tireóide	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Útero	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Restantes	3,3E-05	3,3E-05	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,3E-06</b>	<b>6,1E-06</b>	<b>1,03</b>



Tabela B.10 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sudeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sudeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Bexiga	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Superfície óssea	1,3E-05	1,3E-05	1,00
Cérebro	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Mamas	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Esôfago	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Estômago	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Intestino delgado (parede)	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Intes. grosso superior (parede)	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Colon	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Rins	4,4E-06	4,4E-06	1,00
Fígado	1,7E-06	1,7E-06	1,00
Músculo	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Ovários	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Pâncreas	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Medula óssea vermelha	1,3E-06	1,3E-06	1,00
Vias Extratorácicas	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Pulmões	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Pele	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Baço	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Testículos	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Timo	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Tireóide	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Útero	4,2E-07	4,2E-07	1,00
Restantes	4,5E-05	4,5E-05	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,7E-06</b>	<b>6,7E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela B.11 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sudeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] região sudeste</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Bexiga	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Superfície óssea	2,6E-06	2,6E-06	1,01
Cérebro	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Mamas	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Esôfago	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Estômago	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Intestino delgado (parede)	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Intes. grosso superior (parede)	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Intes. grosso inferior (parede)	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Colon	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Rins	9,4E-07	9,4E-07	1,00
Fígado	3,4E-07	3,4E-07	1,00
Músculo	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Ovários	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Pâncreas	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Medula óssea vermelha	2,5E-07	2,4E-07	1,03
Vias Extratorácicas	1,4E-05	1,4E-05	1,00
Pulmões	1,7E-05	1,7E-05	1,00
Pele	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Baço	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Testículos	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Timo	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Tireóide	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Útero	8,9E-08	8,8E-08	1,01
Restantes	1,0E-07	1,0E-07	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,2E-06</b>	<b>2,2E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela B.12 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sudeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sudeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Bexiga	7,0E-09	7,4E-09	0,95
Superfície óssea	2,3E-07	2,2E-07	1,03
Cérebro	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Mamas	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Esôfago	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,9E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	8,7E-08	8,5E-08	1,02
Fígado	3,0E-08	3,0E-08	1,00
Músculo	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Ovários	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Pâncreas	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Medula óssea vermelha	2,2E-08	2,1E-08	1,04
Vias Extratorácicas	7,6E-05	7,1E-05	1,07
Pulmões	3,7E-05	3,7E-05	1,07
Pele	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Baço	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Testículos	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Timo	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Tireóide	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Útero	7,2E-09	7,1E-09	1,01
Restantes	3,8E-05	3,8E-05	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,3E-06</b>	<b>7,3E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela B.13 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sudeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sudeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Bexiga	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Superfície óssea	1,2E-05	1,2E-05	1,00
Cérebro	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Mamas	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Esôfago	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Estômago	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Intestino delgado (parede)	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Intes. grosso superior (parede)	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Intes. grosso inferior (parede)	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Colon	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Rins	4,1E-06	4,1E-06	1,00
Fígado	1,6E-06	1,6E-06	1,00
Músculo	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Ovários	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Pâncreas	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Medula óssea vermelha	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Vias Extratorácicas	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Pulmões	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Pele	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Baço	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Testículos	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Timo	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Tireóide	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Útero	3,8E-07	3,9E-07	0,99
Restantes	4,1E-07	4,1E-07	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,9E-06</b>	<b>7,0E-06</b>	<b>0,99</b>

Tabela B.14 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sudeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sudeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Bexiga	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Superfície óssea	2,4E-06	2,4E-06	1,00
Cérebro	8,1E-08	8,1E-08	0,99
Mamas	8,1E-08	8,2E-08	0,99
Esôfago	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Estômago	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Colon	8,1E-08	8,2E-08	0,99
Rins	8,6E-07	8,7E-07	0,99
Fígado	3,1E-07	3,2E-07	0,98
Músculo	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Ovários	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Pâncreas	8,1E-08	8,1E-08	1,00
Medula óssea vermelha	2,2E-07	2,3E-07	0,96
Vias Extratorácicas	1,3E-05	1,3E-05	1,00
Pulmões	1,4E-05	1,5E-05	0,95
Pele	8,1E-08	8,1E-08	0,99
Baço	8,1E-08	8,1E-08	0,99
Testículos	8,1E-08	8,1E-08	0,99
Timo	8,1E-08	8,1E-08	0,99
Tireóide	8,1E-08	8,1E-08	0,99
Útero	8,1E-08	8,1E-08	0,99
Restantes	9,3E-08	9,4E-08	0,99
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>1,9E-06</b>	<b>0,96</b>

Tabela B.15 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sudeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sudeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	7,8E-09	7,8E-09	1,00
Bexiga	7,8E-09	7,8E-09	1,00
Superfície óssea	2,1E-07	2,1E-07	1,00
Cérebro	6,5E-09	6,5E-09	1,00
Mamas	7,8E-09	7,8E-09	1,00
Esôfago	8,1E-09	8,2E-09	0,99
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,9E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	7,8E-08	7,9E-08	0,99
Fígado	2,8E-08	2,8E-07	1,00
Músculo	7,0E-09	7,1E-09	0,99
Ovários	6,5E-09	6,5E-09	1,00
Pâncreas	7,5E-09	7,6E-09	0,99
Medula óssea vermelha	2,0E-08	2,0E-08	1,00
Vias Extratorácicas	7,0E-05	7,0E-05	1,00
Pulmões	3,2E-05	3,3E-05	0,98
Pele	6,7E-09	6,8E-09	0,99
Baço	7,4E-09	7,4E-09	1,00
Testículos	6,5E-09	6,5E-09	1,00
Timo	8,1E-09	8,2E-09	0,99
Tireóide	7,0E-09	7,0E-09	1,00
Útero	6,5E-09	6,5E-09	1,00
Restantes	3,5E-05	3,5E-05	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,5E-06</b>	<b>6,6E-06</b>	<b>0,98</b>

Tabela B.16 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sudeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sudeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Bexiga	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Superfície óssea	1,1E-05	1,1E-05	1,00
Cérebro	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Mamas	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Esôfago	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Estômago	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Intestino delgado (parede)	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Intes. grosso superior (parede)	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Colon	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Rins	3,9E-06	3,9E-06	1,00
Fígado	1,5E-06	1,5E-06	1,00
Músculo	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Ovários	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Pâncreas	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,2E-06	1,00
Vias Extratorácicas	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Pulmões	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Pele	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Baço	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Testículos	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Timo	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Tireóide	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Útero	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Restantes	4,0E-07	4,0E-07	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,7E-06</b>	<b>6,7E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela B.17 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sudeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sudeste</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Bexiga	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Superfície óssea	2,2E-06	2,2E-06	1,00
Cérebro	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Mamas	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Esôfago	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Estômago	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Intestino delgado (parede)	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Intes. grosso superior (parede)	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Intes. grosso inferior (parede)	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Colon	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Rins	8,4E-07	8,4E-07	1,00
Fígado	3,1E-07	3,1E-07	1,00
Músculo	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Ovários	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Pâncreas	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Medula óssea vermelha	2,3E-07	2,3E-07	1,00
Vias Extratorácicas	1,2E-05	1,2E-05	1,00
Pulmões	1,2E-05	1,3E-05	0,95
Pele	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Baço	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Testículos	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Timo	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Tireóide	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Útero	7,9E-08	7,8E-08	1,02
Restantes	9,1E-06	9,0E-08	1,01
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,7E-06</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>0,95</b>



Tabela B.18 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sudeste, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] região sudeste</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Bexiga	6,7E-09	6,6E-09	1,02
Superfície óssea	2,0E-07	1,9E-07	1,02
Cérebro	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Mamas	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Esôfago	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,9E-08	1,00
Colon	3,0E-08	3,0E-08	1,00
Rins	7,8E-08	7,6E-08	1,02
Fígado	2,7E-08	2,6E-08	1,04
Músculo	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Ovários	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Pâncreas	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Medula óssea vermelha	2,0E-08	2,0E-08	1,02
Vias Extratorácicas	6,6E-05	6,6E-05	1,00
Pulmões	3,0E-05	3,0E-05	1,00
Pele	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Baço	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Testículos	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Timo	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Tireóide	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Útero	6,4E-09	6,3E-09	1,02
Restantes	3,3E-05	3,3E-05	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,1E-06</b>	<b>6,1E-06</b>	<b>1,00</b>

Tabela B.19 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira da região sul, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sul</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Bexiga	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Superfície óssea	1,3E-05	1,3E-05	1,00
Cérebro	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Mamas	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Esôfago	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Estômago	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Intestino delgado (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Intes. grosso superior (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Intes. grosso inferior (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Colon	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Rins	4,4E-06	4,4E-06	1,00
Fígado	1,7E-06	1,7E-06	1,00
Músculo	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Ovários	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Pâncreas	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Medula óssea vermelha	1,3E-06	1,3E-06	1,00
Vias Extratorácicas	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Pulmões	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Pele	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Baço	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Testículos	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Timo	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Tireóide	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Útero	4,1E-07	4,2E-07	0,99
Restantes	4,4E-07	4,5E-07	0,99
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,6E-06</b>	<b>6,7E-06</b>	<b>0,99</b>

Tabela B.20 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sul, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sul</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Bexiga	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Superfície óssea	2,5E-06	2,6E-06	0,92
Cérebro	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Mamas	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Esôfago	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Estômago	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Intestino delgado (parede)	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Intes. grosso superior (parede)	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Intes. grosso inferior (parede)	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Colon	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Rins	9,2E-07	9,4E-07	0,98
Fígado	3,4E-07	3,4E-07	1,00
Músculo	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Ovários	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Pâncreas	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Medula óssea vermelha	2,4E-07	2,4E-07	1,00
Vias Extratorácicas	1,4E-05	1,4E-05	1,00
Pulmões	1,6E-05	1,7E-05	0,95
Pele	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Baço	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Testículos	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Timo	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Tireóide	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Útero	8,6E-08	8,8E-08	0,98
Restantes	1,0E-07	1,0E-07	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,1E-06</b>	<b>2,2E-06</b>	<b>0,95</b>

Tabela B.21 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sul, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sul</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	6,9E-09	7,1E-09	0,97
Bexiga	7,2E-09	7,4E-09	0,98
Superfície óssea	2,2E-07	2,2E-07	1,00
Cérebro	6,9E-09	7,1E-09	0,97
Mamas	6,9E-09	7,1E-09	0,97
Esôfago	6,9E-09	7,1E-09	0,97
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,9E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	8,3E-08	8,5E-08	0,98
Fígado	2,9E-08	3,0E-08	0,96
Músculo	6,9E-09	7,1E-09	0,97
Ovários	6,9E-09	7,1E-09	0,97
Pâncreas	6,9E-09	7,1E-09	0,97
Medula óssea vermelha	2,1E-08	2,1E-08	1,00
Vias Extratorácicas	7,6E-05	7,1E-05	1,07
Pulmões	3,6E-05	3,7E-05	0,97
Pele	6,9E-09	7,1E-09	0,98
Baço	6,9E-09	7,1E-09	0,98
Testículos	6,9E-09	7,1E-09	0,98
Timo	6,9E-09	7,1E-09	0,98
Tireóide	6,9E-09	7,1E-09	0,98
Útero	6,9E-09	7,1E-09	0,98
Restantes	3,8E-05	3,8E-05	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,2E-06</b>	<b>7,3E-06</b>	<b>0,99</b>

Tabela B.22 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sul, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sul</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Bexiga	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Superfície óssea	1,2E-05	1,2E-05	1,00
Cérebro	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Mamas	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Esôfago	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Estômago	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Intestino delgado (parede)	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Intes. grosso superior (parede)	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Intes. grosso inferior (parede)	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Colon	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Rins	4,0E-06	4,1E-06	0,98
Fígado	1,6E-06	1,6E-06	1,00
Músculo	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Ovários	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Pâncreas	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Medula óssea vermelha	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Vias Extratorácicas	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Pulmões	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Pele	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Baço	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Testículos	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Timo	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Tireóide	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Útero	3,8E-07	3,9E-07	0,97
Restantes	4,1E-07	4,1E-07	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,9E-06</b>	<b>7,0E-06</b>	<b>0,99</b>

Tabela B.23 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sul, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sul</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	7,9E-08	8,1E-08	0,98
Bexiga	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Superfície óssea	2,3E-06	2,4E-06	0,96
Cérebro	7,9E-08	8,1E-08	0,98
Mamas	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Esôfago	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Estômago	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Intestino delgado (parede)	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Intes. grosso superior (parede)	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Intes. grosso inferior (parede)	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Colon	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Rins	8,4E-07	8,7E-07	0,96
Fígado	3,1E-07	3,2E-07	0,96
Músculo	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Ovários	7,9E-08	8,1E-08	0,98
Pâncreas	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Medula óssea vermelha	2,2E-07	2,3E-07	0,96
Vias Extratorácicas	1,3E-05	1,3E-05	1,00
Pulmões	1,4E-05	1,5E-05	0,92
Pele	7,9E-08	8,1E-08	0,98
Baço	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Testículos	7,9E-08	8,1E-08	0,98
Timo	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Tireóide	7,9E-08	8,2E-08	0,97
Útero	7,9E-08	8,1E-08	0,98
Restantes	9,4E-08	9,4E-08	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>1,9E-06</b>	<b>0,95</b>

Tabela B.24 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sul, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sul</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	7,5E-09	7,8E-09	0,96
Bexiga	7,5E-09	7,8E-09	0,96
Superfície óssea	2,0E-07	2,1E-07	0,94
Cérebro	6,2E-09	6,5E-09	0,96
Mamas	7,5E-09	7,8E-09	0,96
Esôfago	7,8E-09	8,2E-09	0,95
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,9E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	7,5E-08	7,9E-08	0,95
Fígado	2,7E-08	2,8E-08	0,97
Músculo	6,7E-09	7,1E-09	0,95
Ovários	6,2E-09	6,5E-09	0,96
Pâncreas	7,2E-09	7,6E-09	0,95
Medula óssea vermelha	1,9E-08	2,0E-08	0,97
Vias Extratorácicas	7,0E-05	7,0E-05	1,00
Pulmões	3,1E-05	3,3E-05	0,94
Pele	6,4E-09	6,8E-09	0,95
Baço	7,1E-09	7,4E-09	0,96
Testículos	6,2E-09	6,5E-09	0,96
Timo	7,8E-09	8,1E-09	0,95
Tireóide	6,7E-09	7,0E-09	0,96
Útero	6,2E-09	6,5E-09	0,96
Restantes	3,5E-05	3,5E-05	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,4E-06</b>	<b>6,6E-06</b>	<b>0,97</b>

Tabela B.25 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sul, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sul</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Bexiga	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Superfície óssea	1,1E-05	1,1E-05	1,00
Cérebro	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Mamas	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Esôfago	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Estômago	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Intestino delgado (parede)	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Intes. grosso superior (parede)	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Colon	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Rins	3,9E-06	3,9E-06	1,00
Fígado	1,5E-06	1,5E-06	1,00
Músculo	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Ovários	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Pâncreas	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,2E-06	1,00
Vias Extratorácicas	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Pulmões	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Pele	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Baço	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Testículos	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Timo	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Tireóide	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Útero	3,7E-07	3,7E-07	1,00
Restantes	4,0E-07	4,0E-07	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,7E-06</b>	<b>6,7E-06</b>	<b>1,00</b>



Tabela B.26 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sul, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sul</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Bexiga	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Superfície óssea	2,2E-06	2,2E-06	1,00
Cérebro	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Mamas	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Esôfago	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Estômago	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Intestino delgado (parede)	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Intes. grosso superior (parede)	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Intes. grosso inferior (parede)	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Colon	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Rins	8,2E-07	8,4E-07	0,98
Fígado	3,0E-07	3,1E-07	0,97
Músculo	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Ovários	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Pâncreas	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Medula óssea vermelha	2,3E-07	2,3E-07	1,00
Vias Extratorácicas	1,2E-05	1,2E-05	1,00
Pulmões	1,2E-05	1,3E-05	0,95
Pele	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Baço	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Testículos	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Timo	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Tireóide	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Útero	7,7E-08	7,8E-08	0,99
Restantes	8,9E-08	9,0E-08	0,99
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,7E-06</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>0,94</b>

Tabela B.27 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano em exercício leve e com os parâmetros da população brasileira da região sul, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] região sul</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Bexiga	6,5E-09	6,6E-09	0,98
Superfície óssea	1,9E-07	1,9E-07	1,00
Cérebro	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Mamas	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Esôfago	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,9E-08	1,00
Colon	3,0E-08	3,0E-08	1,00
Rins	7,5E-08	7,6E-08	0,98
Fígado	2,6E-08	2,6E-08	1,00
Músculo	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Ovários	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Pâncreas	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Medula óssea vermelha	2,0E-08	2,0E-08	1,00
Vias Extratorácicas	6,7E-05	6,6E-05	1,01
Pulmões	2,9E-05	2,9E-05	1,00
Pele	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Baço	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Testículos	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Timo	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Tireóide	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Útero	6,2E-09	6,3E-09	0,98
Restantes	3,3E-05	3,3E-05	1,00
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,0E-06</b>	<b>6,1E-06</b>	<b>0,98</b>

## C – Aplicação de Parâmetros Fisiológicos Obtidos em Função da Altura para o Homem Brasileiro

Tabela C.01 – Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva devido à incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo S calculada para o homem brasileiro com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m e 1,90 m, em exercício leve.

<i>Órgão / tecido</i>	<i>Caucasiano</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>Brasileiro</i>
		<i>1,60 m</i>	<i>1,70 m</i>	<i>1,80 m</i>	<i>1,90 m</i>
Adrenais	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Bexiga	7,4E-09	7,3E-09	6,5E-09	5,5E-09	5,3E-09
Superfície Óssea	2,2E-07	2,2E-07	2,0E-07	1,7E-07	1,6E-07
Cérebro	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Mamas	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Esôfago	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,5E-08	1,5E-08	1,5E-08
Intest. Delgado	1,6E-08	1,6E-08	1,6E-08	1,6E-08	1,6E-08
Intest. Grosso Superior	2,2E-08	2,2E-08	2,2E-08	2,2E-08	2,2E-08
Intest. Grosso Inferior	3,9E-08	3,9E-08	3,9E-08	3,9E-08	4,0E-08
Colon	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	3,0E-08
Rins	8,5E-08	8,4E-08	7,5E-08	6,4E-08	6,1E-08
Fígado	3,0E-08	2,9E-08	2,6E-08	2,2E-08	2,1E-08
Músculo	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Ovários	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Pâncreas	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Medula Óssea	2,1E-08	2,1E-08	1,9E-08	1,6E-08	1,5E-08
Região Extra Torácica	7,1E-05	7,6E-05	7,8E-05	7,9E-05	7,9E-05
Pulmões	3,7E-05	3,6E-05	3,3E-05	2,9E-05	2,8E-05
Pele	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Baço	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Testículos	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Timo	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Tireóide	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Útero	7,1E-09	7,0E-09	6,2E-09	5,3E-09	5,0E-09
Restantes	3,8E-05	3,8E-05	3,9E-05	3,9E-05	4,0E-05
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,3E-06</b>	<b>7,2E-06</b>	<b>6,8E-06</b>	<b>6,6E-06</b>	<b>6,3E-06</b>

Tabela C.02 – Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva devido à incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo M calculada para o homem brasileiro com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m e 1,90 m, em exercício leve.

<i>Órgão / tecido</i>	<i>Caucasiano</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>
		<i>1,60 m</i>	<i>1,70 m</i>	<i>1,80 m</i>	<i>1,90 m</i>
Adrenais	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Bexiga	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Superfície Óssea	2,6E-06	2,5E-06	2,4E-06	2,2E-06	2,1E-06
Cérebro	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Mamas	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Esôfago	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Estomago	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Intest. Delgado	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Intest. Grosso Superior	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Intest. Grosso Inferior	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Colon	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Rins	9,4E-07	9,3E-07	8,6E-07	7,9E-07	7,7E-07
Fígado	3,4E-07	3,4E-07	3,2E-07	2,9E-07	2,8E-07
Músculo	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Ovários	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Pâncreas	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Medula Óssea	2,4E-07	2,4E-07	2,3E-07	2,1E-07	2,0E-07
Região Extra Torácica	1,4E-05	1,4E-05	1,4E-05	1,4E-05	1,4E-05
Pulmões	1,7E-05	1,6E-05	1,5E-05	1,4E-05	1,3E-05
Pele	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Baço	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Testículos	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Timo	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Tireóide	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Útero	8,8E-08	8,7E-08	8,1E-08	7,4E-08	7,2E-08
Restantes	1,0E-07	1,0E-07	9,4E-08	8,7E-08	7,3E-06
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,2E-06</b>	<b>2,1E-06</b>	<b>1,9E-06</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>2,2E-06</b>

Tabela C.03 – Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva devido à incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F calculada para o homem brasileiro com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m e 1,90 m, em exercício leve.

<i>Órgão / tecido</i>	<i>Caucasiano</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>
		<i>1,60 m</i>	<i>1,70 m</i>	<i>1,80 m</i>	<i>1,90 m</i>
Adrenais	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Bexiga	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Superfície Óssea	1,3E-05	1,3E-05	1,3E-05	1,2E-05	1,2E-05
Cérebro	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Mamas	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Esôfago	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Estomago	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Intest. Delgado	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Intest. Grosso Superior	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Intest. Grosso Inferior	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Colon	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Rins	4,4E-06	4,4E-06	4,3E-06	4,3E-06	4,2E-06
Fígado	1,7E-06	1,7E-06	1,7E-06	1,6E-06	1,6E-06
Músculo	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Ovários	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Pâncreas	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Medula Óssea	1,3E-06	1,3E-06	1,2E-06	1,2E-06	1,2E-06
Região Extra Torácica	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Pulmões	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Pele	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Baço	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Testículos	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Timo	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Tireóide	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Útero	4,2E-07	4,2E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
Restantes	4,5E-07	4,5E-07	4,4E-07	4,3E-07	4,3E-07
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,7E-07</b>	<b>6,7E-07</b>	<b>6,6E-07</b>	<b>6,5E-07</b>	<b>6,4E-07</b>

Tabela C.04 – Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva devido à incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo S calculada para o homem brasileiro com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m e 1,90 m, em exercício leve.

<i>Órgão / tecido</i>	<i>Caucasiano</i>	<i>brasileiro</i>			
		<i>1,60 m</i>	<i>1,70 m</i>	<i>1,80 m</i>	<i>1,90 m</i>
Adrenais	7,9E-09	7,6E-09	6,9E-09	6,2E-09	5,6E-09
Bexiga	7,9E-09	7,6E-09	6,9E-09	6,2E-09	5,6E-09
Superfície Óssea	2,1E-07	2,0E-07	1,8E-07	1,6E-07	1,5E-07
Cérebro	6,5E-09	6,4E-09	5,7E-09	5,2E-09	4,7E-09
Mamas	7,9E-09	7,6E-09	6,9E-09	6,2E-09	5,6E-09
Esôfago	8,2E-09	8,0E-09	7,2E-09	6,5E-09	5,8E-09
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,5E-08	1,5E-08	1,5E-08
Intest. Delgado	1,6E-08	1,6E-08	1,6E-08	1,6E-08	1,6E-08
Intest. Grosso Superior	2,2E-08	2,2E-08	2,2E-08	2,2E-08	2,2E-08
Intest. Grosso Inferior	3,9E-08	3,9E-08	3,9E-08	3,9E-08	4,0E-08
Colon	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08	2,9E-08
Rins	7,9E-08	7,7E-08	6,9E-08	6,2E-08	5,6E-08
Fígado	2,8E-08	2,8E-08	2,5E-08	2,3E-08	2,0E-08
Músculo	7,1E-09	6,9E-09	6,2E-09	5,6E-09	5,0E-09
Ovários	6,5E-09	6,4E-09	5,7E-09	5,2E-09	4,7E-09
Pâncreas	7,6E-09	7,4E-09	6,6E-09	6,0E-09	5,4E-09
Medula Óssea	2,0E-08	2,0E-08	1,8E-08	1,6E-08	1,5E-08
Região Extra Torácica	7,0E-05	7,0E-05	7,1E-05	7,2E-05	7,3E-05
Pulmões	3,3E-05	3,1E-05	2,9E-05	2,6E-05	2,4E-05
Pele	6,8E-09	6,6E-09	5,9E-09	5,4E-09	4,8E-09
Baço	7,5E-09	7,3E-09	6,5E-09	5,9E-09	5,3E-09
Testículos	6,5E-09	6,4E-09	5,7E-09	5,2E-09	4,7E-09
Timo	8,2E-09	8,0E-09	7,2E-09	6,5E-09	5,8E-09
Tireóide	7,0E-09	6,9E-09	6,2E-09	5,6E-09	5,0E-09
Útero	6,5E-09	6,4E-09	5,7E-09	5,2E-09	4,7E-09
Restantes	3,5E-05	3,5E-05	3,6E-05	3,6E-05	3,6E-05
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,6E-06</b>	<b>6,4E-06</b>	<b>6,1E-06</b>	<b>5,9E-06</b>	<b>5,6E-06</b>

Tabela C.05 – Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva devido à incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo M calculada para o homem brasileiro com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m e 1,90 m, em exercício leve.

<i>Órgão / tecido</i>	<i>Caucasiano</i>	<i>brasileiro</i>			
		<i>1,60 m</i>	<i>1,70 m</i>	<i>1,80 m</i>	<i>1,90 m</i>
Adrenais	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Bexiga	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Superfície Óssea	2,4E-06	2,3E-06	2,2E-06	2,1E-06	2,0E-06
Cérebro	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Mamas	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Esôfago	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Estômago	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Intest. Delgado	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Intest. Grosso Superior	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Intest. Grosso Inferior	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Colon	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Rins	8,6E-07	8,5E-07	8,0E-07	7,6E-07	7,1E-07
Fígado	3,2E-07	3,1E-07	2,9E-07	2,8E-07	2,6E-07
Músculo	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Ovários	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Pâncreas	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Medula Óssea	2,3E-07	2,2E-07	2,1E-07	2,0E-07	1,9E-07
Região Extra Torácica	1,3E-05	1,3E-05	1,3E-05	1,3E-05	1,3E-05
Pulmões	1,5E-05	1,4E-05	1,3E-05	1,2E-05	1,1E-05
Pele	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Baço	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Testículos	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Timo	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Tireóide	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Útero	8,1E-08	8,0E-08	7,5E-08	7,1E-08	6,7E-08
Restantes	9,4E-08	9,2E-08	8,7E-08	6,6E-06	6,7E-06
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,9E-06</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>1,6E-06</b>	<b>2,0E-06</b>	<b>1,9E-06</b>

Tabela C.06 – Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva devido à incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo F calculada para o homem brasileiro com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m e 1,90 m, em exercício leve.

<i>Órgão / tecido</i>	<i>Caucasiano</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>
		<i>1,60 m</i>	<i>1,70 m</i>	<i>1,80 m</i>	<i>1,90 m</i>
Adrenais	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Bexiga	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Superfície Óssea	1,2E-05	1,2E-05	1,2E-05	1,2E-05	1,1E-05
Cérebro	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Mamas	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Esôfago	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Estômago	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Intest, Delgado	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Intest, Grosso Superior	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Intest, Grosso Inferior	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Colon	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Rins	4,1E-06	4,1E-06	4,0E-06	4,0E-06	3,9E-06
Fígado	1,6E-06	1,6E-06	1,6E-06	1,5E-06	1,5E-06
Músculo	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Ovários	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Pâncreas	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Medula Óssea	1,2E-06	1,2E-06	1,2E-06	1,1E-06	1,1E-06
Região Extra Torácica	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Pulmões	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Pele	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Baço	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Testículos	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Timo	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Tireóide	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Útero	3,9E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Restantes	4,1E-07	4,1E-07	4,1E-07	4,0E-07	4,0E-07
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,0E-07</b>	<b>7,0E-07</b>	<b>6,9E-07</b>	<b>6,8E-07</b>	<b>6,7E-07</b>



Tabela C.07 – Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva devido à incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo S calculada para o homem brasileiro com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m e 1,90 m, em exercício leve.

<i>Órgão / tecido</i>	<i>Caucasiano</i>	<i>brasileiro</i>			
		<i>1,60 m</i>	<i>1,70 m</i>	<i>1,80 m</i>	<i>1,90 m</i>
Adrenais	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Bexiga	6,6E-09	6,5E-09	5,8E-09	5,2E-09	4,7E-09
Superfície Óssea	1,9E-07	1,9E-07	1,7E-07	1,5E-07	1,4E-07
Cérebro	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Mamas	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Esôfago	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,5E-08	1,5E-08	1,5E-08
Intest. Delgado	1,6E-08	1,6E-08	1,6E-08	1,6E-08	1,6E-08
Intest. Grosso Superior	2,2E-08	2,2E-08	2,2E-08	2,2E-08	2,2E-08
Intest. Grosso Inferior	3,9E-08	3,9E-08	3,9E-08	3,9E-08	4,0E-08
Colon	3,0E-08	3,0E-08	3,0E-08	3,0E-08	3,0E-08
Rins	7,6E-08	7,5E-08	6,7E-08	6,0E-08	5,4E-08
Fígado	2,6E-08	2,6E-08	2,3E-08	2,1E-08	1,9E-08
Músculo	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Ovários	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Pâncreas	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Medula Óssea	2,0E-08	2,0E-08	1,8E-08	1,6E-08	1,4E-08
Região Extra Torácica	6,6E-05	6,7E-05	6,8E-05	6,9E-05	6,9E-05
Pulmões	2,9E-05	2,8E-05	2,5E-05	2,3E-05	2,1E-05
Pele	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Baço	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Testículos	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Timo	6,3E-09	6,2E-09	5,5E-09	5,0E-09	4,5E-09
Tireóide	6,3E-09	6,2E-09	5,0E-09	5,0E-09	4,5E-09
Útero	6,3E-09	6,2E-09	5,0E-09	5,0E-09	4,5E-09
Restantes	3,3E-05	3,3E-05	3,4E-05	3,4E-05	3,5E-05
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,1E-06</b>	<b>6,0E-06</b>	<b>5,7E-06</b>	<b>5,4E-06</b>	<b>5,1E-06</b>

Tabela C.08 – Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva devido à incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M calculada para o homem brasileiro com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m e 1,90 m, em exercício leve.

<i>Órgão / tecido</i>	<i>Caucasiano</i>	<i>brasileiro</i>			
		<i>1,60 m</i>	<i>1,70 m</i>	<i>1,80 m</i>	<i>1,90 m</i>
Adrenais	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Bexiga	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Superfície Óssea	2,2E-06	2,2E-06	2,1E-06	1,9E-06	1,8E-06
Cérebro	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Mamas	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Esôfago	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Estômago	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Intest. Delgado	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Intest. Grosso Superior	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Intest. Grosso Inferior	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Colon	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Rins	8,4E-07	8,3E-07	7,7E-07	7,3E-07	6,9E-07
Fígado	3,0E-07	3,0E-07	2,8E-07	2,7E-07	2,5E-07
Músculo	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Ovários	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Pâncreas	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Medula Óssea	2,3E-07	2,3E-07	2,1E-07	2,0E-07	1,9E-07
Região Extra Torácica	1,2E-05	1,2E-05	1,2E-05	1,3E-05	1,3E-05
Pulmões	1,3E-05	1,2E-05	1,1E-05	1,0E-05	9,3E-06
Pele	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Baço	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Testículos	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Timo	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Tireóide	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Útero	7,8E-08	7,8E-08	7,3E-08	6,9E-08	6,5E-08
Restantes	9,0E-08	8,7E-08	6,3E-06	6,3E-06	6,4E-06
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>1,7E-06</b>	<b>2,0E-06</b>	<b>1,8E-06</b>	<b>1,7E-06</b>

Tabela C.09 – Coeficientes de dose equivalente e de dose efetiva devido à incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo F calculada para o homem brasileiro com 30 anos de idade e altura variando entre 1,60 m e 1,90 m, em exercício leve.

<i>Órgão / tecido</i>	<i>Caucasiano</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>	<i>brasileiro</i>
		<i>1,60 m</i>	<i>1,70 m</i>	<i>1,80 m</i>	<i>1,90 m</i>
Adrenais	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Bexiga	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Superfície Óssea	1,1E-05	1,1E-05	1,1E-05	1,1E-05	1,1E-05
Cérebro	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Mamas	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Esôfago	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Estomago	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Intest. Delgado	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Intest. Grosso Superior	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Intest. Grosso Inferior	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Colon	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Rins	3,9E-06	3,9E-06	3,9E-06	3,8E-06	3,8E-06
Fígado	1,5E-06	1,5E-06	1,5E-06	1,5E-06	1,5E-06
Músculo	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Ovários	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Pâncreas	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Medula Óssea	1,2E-06	1,2E-06	1,2E-06	1,2E-06	1,1E-06
Região Extra Torácica	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Pulmões	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Pele	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Baço	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Testículos	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Timo	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Tireóide	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Útero	3,7E-07	3,7E-07	3,7E-07	3,6E-07	3,6E-07
Restantes	4,0E-07	3,9E-07	3,9E-07	3,9E-07	3,8E-07
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,7E-07</b>	<b>6,7E-07</b>	<b>6,6E-07</b>	<b>6,6E-07</b>	<b>6,5E-07</b>

## D – Aplicação dos Novos Fatores de Peso para Órgãos e Tecidos

Tabela D.01 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Bexiga	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Superfície óssea	3,9E-07	4,7E-07	0,83
Cérebro	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Mamas	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Esôfago	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,7E-08	1,05
Colon	2,9E-08	2,8E-08	1,03
Rins	1,5E-07	1,8E-07	0,83
Fígado	5,2E-08	6,3E-08	0,92
Músculo	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Ovários	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Pâncreas	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Medula óssea vermelha	3,7E-08	4,6E-08	0,80
Vias Excretoras	6,8E-05	5,9E-05	1,15
Pulmões	5,7E-05	7,4E-05	0,77
Pele	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Baço	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Testículos	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Timo	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Tireóide	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Útero	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Restantes	4,9E-05	4,3E-05	1,14
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,5E-06</b>	<b>9,4E-06</b>	<b>0,80</b>

Tabela D.02 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Bexiga	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Superfície óssea	3,7E-06	4,2E-06	0,88
Cérebro	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Mamas	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Esôfago	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Estômago	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Intestino delgado (parede)	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Intes. grosso superior (parede)	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Intes. grosso inferior (parede)	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Colon	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Rins	1,4E-06	1,6E-06	0,87
Fígado	5,0E-07	5,8E-07	0,86
Músculo	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Ovários	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Pâncreas	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Medula óssea vermelha	3,4E-07	4,0E-07	0,85
Vias Extratorácicas	1,2E-05	1,1E-05	1,09
Pulmões	2,3E-05	3,1E-05	0,74
Pele	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Baço	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Testículos	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Timo	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Tireóide	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Útero	1,3E-07	1,5E-07	0,87
Restantes	1,0E-06	9,1E-07	1,09
<b>Dose Efetiva</b>	<b>3,0E-06</b>	<b>4,0E-06</b>	<b>0,75</b>

Tabela D.03 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Bexiga	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Superfície óssea	1,4E-05	1,4E-05	1,00
Cérebro	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Mamas	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Esôfago	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Estômago	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Intestino delgado (parede)	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Intes. grosso superior (parede)	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Intes. grosso inferior (parede)	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Colon	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Rins	4,8E-06	4,9E-06	0,98
Fígado	2,0E-06	2,1E-06	0,96
Músculo	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Ovários	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Pâncreas	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Medula óssea vermelha	1,3E-06	1,4E-06	0,93
Vias Extratorácicas	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Pulmões	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Pele	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Baço	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Testículos	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Timo	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Tireóide	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Útero	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Restantes	4,4E-07	5,0E-07	0,88
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,2E-07</b>	<b>7,5E-07</b>	<b>0,96</b>

Tabela D.04 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de <sup>234</sup>U tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Bexiga	1,2E-08	1,6E-08	0,75
Superfície óssea	3,6E-07	4,6E-07	0,78
Cérebro	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Mamas	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Esôfago	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,7E-08	1,05
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	1,4E-07	1,8E-07	0,78
Fígado	4,8E-08	6,2E-08	0,77
Músculo	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Ovários	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Pâncreas	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Medula óssea vermelha	3,5E-08	4,5E-08	0,78
Vias Extratorácicas	6,7E-05	6,2E-05	1,09
Pulmões	5,6E-05	7,0E-05	0,80
Pele	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Baço	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Testículos	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Timo	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Tireóide	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Útero	1,1E-08	1,5E-08	0,73
Restantes	4,8E-05	4,5E-05	1,07
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,3E-06</b>	<b>8,9E-06</b>	<b>0,82</b>

Tabela D.05 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Bexiga	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Superfície óssea	3,4E-06	4,1E-06	0,83
Cérebro	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Mamas	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Esôfago	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Estômago	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Intestino delgado (parede)	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Intes. grosso superior (parede)	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Intes. grosso inferior (parede)	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Colon	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Rins	1,3E-06	1,5E-06	0,85
Fígado	4,7E-07	5,7E-07	0,82
Músculo	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Ovários	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Pâncreas	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Medula óssea vermelha	3,2E-07	3,9E-07	0,82
Vias Extratorácicas	1,2E-05	1,1E-05	1,09
Pulmões	2,3E-05	2,8E-05	0,82
Pele	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Baço	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Testículos	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Timo	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Tireóide	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Útero	1,2E-07	1,4E-07	0,85
Restantes	9,8E-07	9,4E-07	1,04
<b>Dose Efetiva</b>	<b>3,1E-06</b>	<b>3,7E-06</b>	<b>0,84</b>



Tabela D.06 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Bexiga	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Superfície óssea	1,3E-05	1,4E-05	0,93
Cérebro	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Mamas	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Esôfago	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Estômago	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Intestino delgado (parede)	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Intes. grosso superior (parede)	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Intes. grosso inferior (parede)	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Colon	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Rins	4,7E-06	4,9E-06	0,96
Fígado	1,9E-06	2,1E-06	0,90
Músculo	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Ovários	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Pâncreas	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Medula óssea vermelha	1,3E-06	1,4E-06	0,93
Vias Extratorácicas	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Pulmões	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Pele	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Baço	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Testículos	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Timo	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Tireóide	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Útero	4,4E-07	4,7E-07	0,94
Restantes	4,3E-07	4,5E-07	0,95
<b>Dose Efetiva</b>	<b>7,0E-07</b>	<b>7,4E-07</b>	<b>0,94</b>

Tabela D.07 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>brasileiro</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>caucasiano</i>	<i>Razão</i> (brasileiro/caucasiano)
Adrenais	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Bexiga	1,2E-08	1,6E-08	0,75
Superfície óssea	2,7E-07	3,8E-07	0,71
Cérebro	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Mamas	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Esôfago	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Estômago	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,4E-08	2,4E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	4,2E-08	4,0E-08	1,05
Colon	3,2E-08	3,1E-08	1,03
Rins	1,0E-07	1,5E-07	0,67
Fígado	3,5E-08	5,1E-08	0,69
Músculo	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Ovários	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Pâncreas	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Medula óssea vermelha	2,6E-08	3,7E-08	0,70
Vias Extratorácicas	8,0E-05	7,2E-05	1,11
Pulmões	1,0E-04	1,0E-04	1,00
Pele	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Baço	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Testículos	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Timo	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Tireóide	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Útero	8,5E-09	1,2E-08	0,71
Restantes	5,7E-05	5,1E-05	1,11
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,3E-05</b>	<b>1,3E-05</b>	<b>1,00</b>

Tabela D.08 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>brasileiro</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>caucasiano</i>	<i>Razão</i> (brasileiro/caucasiano)
Adrenais	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Bexiga	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Superfície óssea	3,6E-06	4,2E-06	0,86
Cérebro	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Mamas	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Esôfago	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Estômago	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Intestino delgado (parede)	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Intes. grosso superior (parede)	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Intes. grosso inferior (parede)	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Colon	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Rins	1,3E-06	1,6E-06	0,81
Fígado	4,7E-07	5,7E-07	0,82
Músculo	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Ovários	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Pâncreas	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Medula óssea vermelha	3,4E-07	3,9E-07	0,87
Vias Extratorácicas	1,5E-05	1,3E-05	1,15
Pulmões	7,0E-05	6,1E-05	1,15
Pele	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Baço	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Testículos	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Timo	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Tireóide	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Útero	1,2E-07	1,5E-07	0,80
Restantes	1,2E-06	1,1E-06	1,09
<b>Dose Efetiva</b>	<b>8,7E-06</b>	<b>7,6E-06</b>	<b>1,14</b>

Tabela D.09 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Bexiga	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Superfície óssea	1,9E-05	1,8E-05	1,06
Cérebro	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Mamas	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Esôfago	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Estômago	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Intestino delgado (parede)	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Intes. grosso superior (parede)	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Intes. grosso inferior (parede)	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Colon	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Rins	6,5E-06	6,4E-06	1,02
Fígado	2,5E-06	2,5E-06	1,00
Músculo	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Ovários	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Pâncreas	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Medula óssea vermelha	1,8E-06	1,8E-06	1,00
Vias Extratorácicas	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Pulmões	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Pele	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Baço	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Testículos	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Timo	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Tireóide	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Útero	6,2E-07	6,1E-07	1,02
Restantes	6,0E-07	5,9E-07	1,02
<b>Dose Efetiva</b>	<b>9,6E-07</b>	<b>9,5E-07</b>	<b>1,01</b>

Tabela D.10 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Bexiga	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Superfície óssea	3,5E-07	4,3E-07	0,81
Cérebro	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Mamas	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Esôfago	1,4E-08	1,7E-08	0,82
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	0,94
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,7E-08	1,05
Colon	2,9E-08	2,8E-08	1,03
Rins	1,3E-07	1,6E-07	0,81
Fígado	4,9E-08	5,9E-08	0,83
Músculo	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Ovários	1,1E-08	1,4E-08	0,78
Pâncreas	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Medula óssea vermelha	3,5E-08	4,3E-08	0,81
Vias Excretoras	6,0E-05	5,2E-05	1,15
Pulmões	4,9E-05	6,4E-05	0,77
Pele	1,1E-08	1,4E-08	0,78
Baço	1,3E-08	1,6E-08	0,81
Testículos	1,1E-08	1,4E-08	0,78
Timo	1,4E-08	1,7E-08	0,82
Tireóide	1,2E-08	1,5E-08	0,80
Útero	1,1E-08	1,4E-08	0,78
Restantes	4,3E-06	3,8E-06	1,13
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,5E-06</b>	<b>8,2E-06</b>	<b>0,79</b>

Tabela D.11 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em repouso, para incorporação de 1 bequerel de <sup>235</sup>U tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Bexiga	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Superfície óssea	3,3E-06	3,8E-06	0,87
Cérebro	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Mamas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Esôfago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Estômago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Colon	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Rins	1,2E-06	1,4E-06	0,86
Fígado	4,5E-07	5,2E-07	0,86
Músculo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Ovários	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Pâncreas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Medula óssea vermelha	3,1E-07	3,6E-07	0,86
Vias Extratorácicas	1,1E-05	9,6E-06	1,14
Pulmões	1,9E-05	2,6E-05	0,73
Pele	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Baço	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Testículos	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Timo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Tireóide	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Útero	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Restantes	8,9E-07	8,1E-07	1,10
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,5E-06</b>	<b>3,4E-06</b>	<b>0,73</b>

Tabela D.12 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Bexiga	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Superfície óssea	1,2E-05	1,3E-05	0,92
Cérebro	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Mamas	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Esôfago	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Estômago	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Intestino delgado (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Intes. grosso superior (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Intes. grosso inferior (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Colon	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Rins	4,3E-06	4,4E-06	0,98
Fígado	1,8E-06	1,9E-06	0,95
Músculo	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Ovários	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Pâncreas	4,5E-07	4,7E-07	0,96
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,2E-06	1,00
Vias Extratorácicas	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Pulmões	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Pele	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Baço	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Testículos	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Timo	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Tireóide	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Útero	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Restantes	3,9E-07	4,1E-07	0,95
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,4E-07</b>	<b>6,6E-07</b>	<b>0,97</b>

Tabela D.13 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de <sup>235</sup>U tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,4E-08	1,6E-08	0,87
Bexiga	1,4E-08	1,6E-08	0,87
Superfície óssea	3,7E-07	4,2E-07	0,87
Cérebro	1,2E-08	1,3E-08	0,92
Mamas	1,4E-08	1,6E-08	0,87
Esôfago	1,5E-08	1,7E-08	0,85
Estômago	1,5E-08	1,6E-08	0,96
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,8E-08	3,8E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	1,4E-07	1,6E-07	0,88
Fígado	5,0E-08	5,8E-08	0,89
Músculo	1,2E-08	1,4E-08	0,86
Ovários	1,2E-08	1,3E-08	0,92
Pâncreas	1,3E-08	1,5E-08	0,89
Medula óssea vermelha	3,6E-08	4,2E-08	0,86
Vias Extratorácicas	5,9E-05	5,5E-05	1,08
Pulmões	5,2E-05	6,1E-05	0,85
Pele	1,2E-08	1,4E-08	0,86
Baço	1,3E-08	1,5E-08	0,88
Testículos	1,2E-08	1,3E-08	0,92
Timo	1,5E-08	1,7E-08	0,88
Tireóide	1,2E-08	1,4E-08	0,86
Útero	1,2E-08	1,3E-08	0,92
Restantes	4,2E-06	3,9E-06	1,08
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,8E-06</b>	<b>7,8E-06</b>	<b>0,86</b>



Tabela D.14 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Bexiga	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Superfície óssea	3,4E-06	3,7E-06	0,92
Cérebro	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Mamas	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Esôfago	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Estômago	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Intestino delgado (parede)	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Intes. grosso superior (parede)	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Intes. grosso inferior (parede)	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Colon	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Rins	1,3E-06	1,4E-06	0,89
Fígado	4,6E-07	5,1E-07	0,90
Músculo	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Ovários	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Pâncreas	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Medula óssea vermelha	3,2E-07	3,5E-07	0,92
Vias Extratorácicas	1,1E-05	1,0E-05	1,10
Pulmões	2,0E-05	2,4E-05	0,83
Pele	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Baço	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Testículos	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Timo	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Tireóide	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Útero	1,2E-07	1,3E-07	0,92
Restantes	8,7E-07	8,3E-07	1,05
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,7E-06</b>	<b>3,1E-06</b>	<b>0,87</b>

Tabela D.15 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Bexiga	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Superfície óssea	1,2E-05	1,3E-05	0,92
Cérebro	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Mamas	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Esôfago	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Estômago	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Intestino delgado (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Intes. grosso superior (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Intes. grosso inferior (parede)	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Colon	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Rins	4,7E-06	4,9E-06	0,96
Fígado	1,8E-06	1,9E-06	0,95
Músculo	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Ovários	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Pâncreas	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,2E-06	1,00
Vias Extratorácicas	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Pulmões	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Pele	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Baço	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Testículos	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Timo	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Tireóide	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Útero	4,1E-07	4,2E-07	0,98
Restantes	3,9E-07	4,1E-07	0,95
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,5E-07</b>	<b>6,6E-07</b>	<b>0,98</b>

Tabela D.16 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de <sup>235</sup>U tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	9,5E-09	1,3E-08	0,73
Bexiga	9,5E-09	1,3E-08	0,73
Superfície óssea	2,4E-07	3,5E-07	0,69
Cérebro	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Mamas	9,5E-09	1,3E-08	0,73
Esôfago	9,9E-09	1,4E-08	0,71
Estômago	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,4E-08	2,4E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	4,2E-08	4,0E-08	1,05
Colon	3,2E-08	3,1E-08	1,03
Rins	9,2E-08	1,3E-07	0,71
Fígado	3,3E-08	4,8E-08	0,70
Músculo	8,4E-09	1,2E-08	0,70
Ovários	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Pâncreas	9,1E-09	1,3E-08	0,71
Medula óssea vermelha	2,4E-08	3,4E-08	0,70
Vias Extratorácicas	7,1E-05	6,3E-05	1,13
Pulmões	7,8E-04	8,1E-04	0,96
Pele	7,9E-09	1,1E-08	0,72
Baço	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Testículos	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Timo	9,9E-09	1,4E-08	0,71
Tireóide	8,3E-09	1,2E-08	0,69
Útero	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Restantes	5,1E-05	4,5E-05	1,13
<b>Dose Efetiva</b>	<b>1,0E-05</b>	<b>1,0E-05</b>	<b>1,00</b>

Tabela D.17 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Bexiga	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Superfície óssea	3,2E-06	3,8E-06	0,84
Cérebro	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Mamas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Esôfago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Estômago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Colon	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Rins	1,2E-06	1,4E-06	0,84
Fígado	4,3E-07	5,1E-07	0,84
Músculo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Ovários	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Pâncreas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Medula óssea vermelha	3,0E-07	3,5E-07	0,86
Vias Extratorácicas	1,3E-05	1,2E-05	1,08
Pulmões	5,0E-05	4,6E-05	1,10
Pele	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Baço	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Testículos	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Timo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Tireóide	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Útero	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Restantes	1,0E-06	9,4E-07	1,06
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,3E-06</b>	<b>5,8E-06</b>	<b>1,09</b>

Tabela D.18 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{235}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>brasileiro</i>	$H_T(50)$ [Sv/Bq] <i>Caucasiano</i>	<i>Razão</i> (brasileiro/caucasiano)
Adrenais	5,6E-07	5,5E-07	1,02
Bexiga	5,6E-07	5,5E-07	1,02
Superfície óssea	1,7E-05	1,6E-05	1,05
Cérebro	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Mamas	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Esôfago	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Estômago	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Intestino delgado (parede)	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Intes. grosso superior (parede)	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Intes. grosso inferior (parede)	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Colon	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Rins	5,9E-06	5,7E-06	1,03
Fígado	2,3E-06	2,3E-06	1,00
Músculo	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Ovários	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Pâncreas	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Medula óssea vermelha	1,6E-06	1,6E-06	1,00
Vias Extratorácicas	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Pulmões	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Pele	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Baço	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Testículos	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Timo	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Tireóide	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Útero	5,5E-07	5,4E-07	1,03
Restantes	5,4E-07	5,3E-07	1,02
<b>Dose Efetiva</b>	<b>8,7E-07</b>	<b>8,5E-07</b>	<b>1,02</b>

Tabela D.19 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Bexiga	1,2E-08	1,4E-08	0,83
Superfície óssea	3,5E-07	4,3E-07	0,81
Cérebro	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Mamas	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Esôfago	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-08	3,7E-08	1,05
Colon	2,9E-08	2,8E-08	1,03
Rins	1,3E-07	1,6E-07	0,84
Fígado	4,6E-08	5,7E-08	0,81
Músculo	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Ovários	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Pâncreas	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Medula óssea vermelha	3,4E-08	4,1E-08	0,82
Vias Excretoras	6,0E-05	5,2E-05	1,15
Pulmões	4,9E-05	6,4E-05	0,77
Pele	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Baço	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Testículos	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Timo	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Tireóide	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Útero	1,1E-08	1,4E-08	0,79
Restantes	4,3E-05	3,7E-05	1,16
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,4E-06</b>	<b>8,1E-06</b>	<b>0,80</b>

Tabela D.20 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Bexiga	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Superfície óssea	3,3E-06	3,8E-06	0,86
Cérebro	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Mamas	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Esôfago	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Estômago	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Colon	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Rins	1,2E-06	1,4E-06	0,87
Fígado	4,4E-07	5,2E-07	0,85
Músculo	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Ovários	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Pâncreas	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Medula óssea vermelha	3,1E-07	3,5E-07	0,88
Vias Excretoras	1,1E-05	9,5E-06	1,15
Pulmões	1,9E-05	2,6E-05	0,73
Pele	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Baço	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Testículos	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Timo	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Tireóide	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Útero	1,1E-07	1,3E-07	0,87
Restantes	8,8E-07	8,0E-07	1,10
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,5E-06</b>	<b>3,4E-06</b>	<b>0,70</b>

Tabela D.21 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em repouso, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Bexiga	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Superfície óssea	1,2E-05	1,3E-05	0,92
Cérebro	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Mamas	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Esôfago	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Estômago	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Intestino delgado (parede)	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Intes. grosso superior (parede)	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Intes. grosso inferior (parede)	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Colon	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Rins	4,3E-06	4,4E-06	0,97
Fígado	1,8E-06	1,9E-06	0,95
Músculo	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Ovários	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Pâncreas	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,2E-06	1,00
Vias Extratorácicas	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Pulmões	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Pele	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Baço	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Testículos	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Timo	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Tireóide	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Útero	4,0E-07	4,2E-07	0,96
Restantes	3,9E-07	4,0E-07	0,98
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,4E-07</b>	<b>6,6E-07</b>	<b>0,97</b>



Tabela D.22 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Bexiga	1,1E-08	1,4E-08	0,77
Superfície óssea	3,2E-07	4,2E-07	0,76
Cérebro	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Mamas	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Esôfago	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Estômago	1,5E-08	1,5E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,2E-08	2,2E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	3,8E-08	3,8E-08	1,00
Colon	2,9E-08	2,9E-08	1,00
Rins	1,2E-07	1,6E-07	0,75
Fígado	4,3E-08	5,5E-08	0,78
Músculo	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Ovários	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Pâncreas	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Medula óssea vermelha	3,1E-08	4,0E-08	0,78
Vias Extratorácicas	5,9E-05	5,2E-05	1,09
Pulmões	4,8E-05	6,0E-05	0,80
Pele	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Baço	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Testículos	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Timo	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Tireóide	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Útero	1,0E-08	1,3E-08	0,77
Restantes	4,2E-05	3,9E-05	1,08
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,2E-06</b>	<b>7,7E-06</b>	<b>0,81</b>

Tabela D.23 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Bexiga	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Superfície óssea	3,1E-06	3,7E-06	0,84
Cérebro	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Mamas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Esôfago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Estômago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Colon	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Rins	1,1E-06	1,4E-06	0,79
Fígado	4,2E-07	5,1E-07	0,82
Músculo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Ovários	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Pâncreas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Medula óssea vermelha	2,9E-07	3,5E-07	0,83
Vias Extratorácicas	1,1E-05	1,0E-05	1,11
Pulmões	1,9E-05	2,4E-05	0,79
Pele	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Baço	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Testículos	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Timo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Tireóide	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Útero	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Restantes	8,6E-07	8,3E-07	1,04
<b>Dose Efetiva</b>	<b>2,6E-06</b>	<b>3,1E-06</b>	<b>0,84</b>

Tabela D.24 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo sentado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{234}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Bexiga	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Superfície óssea	1,2E-05	1,3E-05	0,92
Cérebro	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Mamas	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Esôfago	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Estômago	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Intestino delgado (parede)	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Intes. grosso superior (parede)	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Intes. grosso inferior (parede)	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Colon	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Rins	4,2E-06	4,4E-06	0,95
Fígado	1,7E-06	1,9E-06	0,89
Músculo	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Ovários	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Pâncreas	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Medula óssea vermelha	1,2E-06	1,2E-06	1,00
Vias Extratorácicas	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Pulmões	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Pele	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Baço	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Testículos	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Timo	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Tireóide	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Útero	3,9E-07	4,2E-07	0,93
Restantes	3,8E-07	4,0E-07	0,95
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,2E-07</b>	<b>6,6E-07</b>	<b>0,94</b>

Tabela D.25 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo S.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Bexiga	7,9E-09	1,1E-08	0,72
Superfície óssea	2,4E-07	3,4E-07	0,71
Cérebro	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Mamas	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Esôfago	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Estômago	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intestino delgado (parede)	1,6E-08	1,6E-08	1,00
Intes. grosso superior (parede)	2,4E-08	2,4E-08	1,00
Intes. grosso inferior (parede)	4,2E-08	4,0E-08	1,05
Colon	3,2E-08	3,1E-08	1,03
Rins	9,1E-08	1,3E-07	0,70
Fígado	3,2E-08	4,6E-08	0,70
Músculo	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Ovários	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Pâncreas	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Medula óssea vermelha	2,3E-08	3,3E-08	0,70
Vias Extratorácicas	7,0E-05	6,3E-05	1,11
Pulmões	7,7E-05	8,0E-05	0,96
Pele	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Baço	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Testículos	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Timo	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Tireóide	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Útero	7,6E-09	1,1E-08	0,69
Restantes	5,0E-05	4,5E-05	1,11
<b>Dose Efetiva</b>	<b>9,8E-06</b>	<b>1,0E-05</b>	<b>0,98</b>

Tabela D.26 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo M.

<i>Órgão alvo</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i><math>H_T(50)</math> [Sv/Bq] caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Bexiga	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Superfície óssea	3,2E-06	3,8E-06	0,84
Cérebro	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Mamas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Esôfago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Estômago	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intestino delgado (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso superior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Intes. grosso inferior (parede)	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Colon	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Rins	1,2E-06	1,4E-06	0,86
Fígado	4,2E-07	5,1E-07	0,82
Músculo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Ovários	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Pâncreas	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Medula óssea vermelha	3,0E-07	3,5E-07	0,86
Vias Extratorácicas	1,3E-05	1,1E-05	1,18
Pulmões	5,0E-05	4,5E-05	1,11
Pele	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Baço	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Testículos	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Timo	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Tireóide	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Útero	1,1E-07	1,3E-07	0,85
Restantes	1,0E-06	9,4E-07	1,06
<b>Dose Efetiva</b>	<b>6,2E-06</b>	<b>5,7E-06</b>	<b>1,09</b>

Tabela D.27 – Comparação entre os coeficientes de dose calculados com os parâmetros do homem caucasiano e com os parâmetros da população brasileira considerando um indivíduo em exercício pesado, para incorporação de 1 bequerel de  $^{238}\text{U}$  tipo F.

<i>Órgão alvo</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] brasileiro</i>	<i>H<sub>T</sub> (50) [Sv/Bq] Caucasiano</i>	<i>Razão (brasileiro/caucasiano)</i>
Adrenais	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Bexiga	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Superfície óssea	1,7E-05	1,6E-05	1,06
Cérebro	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Mamas	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Esôfago	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Estômago	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Intestino delgado (parede)	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Intes. grosso superior (parede)	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Intes. grosso inferior (parede)	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Colon	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Rins	5,8E-06	5,7E-06	1,02
Fígado	2,2E-06	2,3E-06	0,96
Músculo	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Ovários	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Pâncreas	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Medula óssea vermelha	1,6E-06	1,6E-06	1,00
Vias Extratorácicas	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Pulmões	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Pele	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Baço	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Testículos	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Timo	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Tireóide	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Útero	5,5E-07	5,4E-07	1,02
Restantes	5,3E-07	5,2E-07	1,02
<b>Dose Efetiva</b>	<b>8,6E-07</b>	<b>8,5E-07</b>	<b>1,01</b>

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)