

**MINISTÉRIO DA SAÚDE  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA SERGIO AROUCA**

**AVALIAÇÃO DAS DOSES DE RADIAÇÃO EM PACIENTES  
ADULTOS E PEDIÁTRICOS EM EXAMES DE  
RADIODIAGNÓSTICO**

**RIO DE JANEIRO**

**2006**

**AVALIAÇÃO DAS DOSES DE RADIAÇÃO EM PACIENTES  
ADULTOS E PEDIÁTRICOS EM EXAMES DE  
RADIODIAGNÓSTICO**

**ADELAJA OTOLORIN OSIBOTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Curso de Doutorado. Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana (CESTEH), Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP) Fundação Oswaldo Cruz, FIOCRUZ.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Cecília Pedrosa de Azevedo

**RIO DE JANEIRO**

**2006**

**DEDICATÓRIA**

**À minha mãe, por me dar “vida” e pela dedicação em me dar educação.**

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Ana Cecília Pedrosa de Azevedo, pela sua disponibilidade em me orientar, dando-me os materiais necessários para a realização da minha pesquisa;

A Third World Organization for Women in Science – TWOWS, ICTP, Trieste, Itália – pela bolsa de estudos para a realização da minha pesquisa;

Ao International Center for Theoretical Physics, Trieste, Itália – pela oportunidade em me tornar um membro do Centro – Junior Associate, pelo acesso à biblioteca do ICTP e pela disponibilidade de seus computadores;

A Olabisi Onabanjo University, Ago-Iwoye, Nigéria – pela minha liberação para meus estudos fora do país;

À ENSP – Fiocruz – pela oportunidade em desenvolver minha pesquisa nessa Instituição;

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa PRCQ – Proteção Radiológica e Controle de Qualidade – Dr. Lassance Cunha, Sérgio, Marcos, Eliete e Profa. Dra. Ana Cecília Pedrosa de Azevedo;

Aos meus irmãos e irmãs – pelo suporte emocional e seu apoio;

Aos amigos no Brasil e fora do Brasil – Adriana, Francinaldo, Sérgio, Telma, Valéria, Dolapo, Idowu e Ayodele;

À Embaixada da Nigéria no Brasil – por providenciar os documentos necessários para minha admissão na FIOCRUZ.

## RESUMO

O desenvolvimento de métodos práticos para avaliação de dose em pacientes de radiologia é desejável para os Programas de Controle e Garantia de Qualidade, inclusive a dosimetria em pacientes, que hoje em dia é um requisito legal na maioria dos países tais como o Brasil. Este trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa realizada em pacientes adultos e pediátricos em vários hospitais no Estado do Rio de Janeiro. A Dose de Entrada na Pele (DEP), a Dose Efetiva (DE) e a Dose nos Órgãos (DO) foram avaliadas para vários exames que incluem abdômen, coluna cervical, tórax, pelve, coluna lombar, coluna torácica, ombro e crânio em projeções de AP, PA e LAT, totalizando 1085 radiografias de pacientes pediátricos e 2096 radiografias de pacientes adultos. Para exame pediátrico, os pacientes foram separados em quatro faixas etárias 0-1, 1-5, 5-10 e 10-15 anos. O uso de pacotes de aplicativos para determinar DEP, DE e DO é um recurso moderno em dosimetria e está sendo amplamente usado em hospitais. O software usado neste trabalho é o DoseCal, que usa os parâmetros de exposição, as características do paciente e o rendimento do tubo de raios X para a estimativa de dose de entrada na pele. Para pacientes pediátricos, foi realizado também, levantamento de dados para exames feitos nas salas da Unidade de Terapia Intensiva, UTI, que usa equipamentos de radiografia móveis. O estudo na Unidade de Terapia Intensivo inclui uma pesquisa da frequência de exames em bebês classificados de acordo com o peso ao nascimento. De um total de 621 radiografias realizadas, 501 foram exames de tórax e 115 exames de abdômen. Os valores de DEP e DE variaram amplamente entre neonatos. Eles foram determinados pelo número de radiografias dadas, de acordo com os sintomas clínicos. Também, foram observadas grandes variações para o mesmo tipo de exame e projeção. Por outro lado, a gama extensa de DEP reflete a disparidade de técnicas de radiografia e demonstram que o princípio ALARA não está sendo aplicado em hospitais do Rio de Janeiro, sugerindo a necessidade de estabelecer e implementar níveis de referência nacionais.

**Palavras-chave:** Dose de Entrada na Pele, Dose Efetiva, Dose nos Órgãos, DoseCal software, Radiografias em Adultos, Radiologia Pediátricas.

## ABSTRACT

The development of practical methods for patient dose assessment in radiology is furthermore desirable since the Quality Assurance Programs, including patient dosimetry, are a legal requirement nowadays in most countries, as well as in Brazil. This work presents the results of a survey performed for adult and pediatric patients carried out in various large public hospitals in Rio de Janeiro state. The Entrance Surface Dose (ESD), the Effective Dose (ED) and the Body Organ Dose (BOD) were evaluated for various examinations which include abdomen, cervical spine, chest, pelvis, lumbar spine, thoracic spine, shoulder and skull in AP, PA and LAT projections. The use of software packages to perform ESD, ED and BOD is a modern resource in dosimetry and is being widely used in hospitals. The software used in this work was the DoseCal. The software makes use of the technical exposure parameters and the tube output of the X ray machine. For pediatric patients, studies were carried out for examinations done in the X-ray room (using fixed X ray equipments) and in the Intensive Care Unit, ICU using mobile X-ray equipments. For each examination, four age groups 0-1, 1-5, 5-10 and 10-15 years were studied. The study in the Intensive Care Unit includes a survey of the frequency of examinations on babies classified according to their birth weight. A total of 621 radiographs have been performed, namely, 501 chest radiographs and 115 abdominal radiographs. The mean value of ESD and ED varied widely among neonates. They are determined by the number of radiographs taken and this is dependent on the clinical symptoms. A total of 1085 and 2096 radiographs respectively in pediatric and adult patients for various examinations using fixed X ray equipments were evaluated in this research work. Also, wide variations for the same type of examination and projection were detected. On the other hand, the wide range of ESD reflects the disparity of radiographic techniques and demonstrates that the ALARA principle is not being applied in Rio de Janeiro hospitals. Therefore, there is need to establish and implement national reference levels.

Key-words: Entrance Skin Dose, Effective Dose, Body Organs Dose, DoseCal software, Adult radiographs, Paediatric radiology.

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.**

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AP	ântero-posterior
BEIR	Biological Effects of Ionizing Radiation
BERT	Background Equivalent Radiation Time
BSS	Basic Safety Standard
CEC	Commission of the European Communities
CIOMS	Council For International Organizations Of Medical Sciences
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
DE	Dose Efetiva
DEP	Dose de Entrada na Pele
DFP	Distância Foco-Pele
DNA	ácido desoxirribonucléico
DO	Dose nos Órgãos
DP	Desvio Padrão
EPA	Environmental Protection Agency
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IPSM	Institute of Physical Sciences in Medicine
LAT	Lateral
MS	Ministério da Saúde
NCRP	National Council for Radiation Protection and Measurement
NRD	Nível de Referência Diagnóstico



NRPB	National Radiation Protection Board
OMS	Organização Mundial de Saúde
PA	pósterio-anterior
PCGQ	Programa de Controle e Garantia da Qualidade
PDA	Produto Dose Área
SUS	Sistema Único de Saúde
TLD	Thermoluminescent Dosimeters
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.</b>	viii
<b>LISTA DE TABELAS</b>	xiii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xiv
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1   Objetivos e Justificativa.....	4
1.1.1   Objetivo Geral.....	5
1.1.2   Objetivos Específicos.....	5
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>6</b>
2.1   Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes.....	6
2.1.1   Efeitos não Estocásticos (Determinísticos) da Radiação.....	7
2.1.2   Efeitos Estocásticos da Radiação.....	7
2.1.3   Efeitos Somáticos da Radiação.....	8
2.1.4   Efeitos Genéticos da Radiação.....	8
2.1.4.1   Efeitos da Radiação no Feto.....	10
2.2   Proteção e Normas de Segurança de Radiação.....	11
2.2.1   Conceito de Otimização.....	14
2.2.2   Princípio de Justificação.....	16
2.3   Programa de Controle e Garantia de Qualidade em Radiodiagnóstico....	17

2.4	Dosimetria em Radiodiagnóstico.....	18
2.5	Radiologia Pediátrica.....	19
2.6	Radiologia em Adultos.....	21
2.7	Dose de Entrada na Pele.....	23
2.8	Dose Efetiva.....	23
2.9	Dose nos Órgãos.....	24
 <b>CAPÍTULO 3</b>		
	<b>REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>25</b>
 <b>CAPÍTULO 4</b>		
	<b>MATERIAL E MÉTODO.....</b>	<b>31</b>
4.1	Critérios de Seleção.....	31
4.2	Avaliação do Rendimento dos Aparelhos de Raios X.....	32
4.3	O Procedimento de Coleta de Dados.....	33
4.4	Avaliando Doses em Pacientes Usando um Programa Computacional....	34
 <b>CAPÍTULO 5</b>		
	<b>RESULTADOS E DISCUSÃO.....</b>	<b>40</b>
5.1	Doses em Pacientes Pediátricos.....	40
5.2	Doses em Pacientes Adultos.....	61
 <b>CAPÍTULO 6</b>		
	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>76</b>

**ANEXOS**

ANEXO 1: Descrição do tubo de raios X.....	88
ANEXO 2: Ficha de calibração de equipamento.....	91
ANEXO 3: Exemplo do Relatório realizado para um dos hospitais.....	92
ANEXO 4: Ficha de coleta de dados.....	100
ANEXO 5: Ficha de coleta de dados na UTI.....	101

## LISTA DE TABELAS

1.1	Doses Efetivas típicas e valores de BERT para alguns estudos de radiografia comuns para um adulto (Adaptado do Relatório IPISM 53).....	3
2.1	Níveis de Referência (ICRP, 2001).....	22
5.1.1	DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) para as quatro faixas etárias e exames no hospital A.....	42
5.1.2	DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) para as quatro faixas etárias e exames no hospital B.....	44
5.1.3	Nível de Referência para Diagnostico ( $\mu\text{Gy}$ ) Pediátricos (NRPB 2000).....	45
5.1.4	Tratamento estatístico dos dados dos pacientes para projeção AP de tórax, crânio, pelve e abdômen no hospital A.....	46
5.1.5	Tratamento estatístico dos dados dos pacientes para projeção AP de tórax, crânio, coluna lombar, abdômen e coluna cervical no hospital B.....	47
5.1.6	Doses nos Órgãos ( $\mu\text{Gy}$ ) no hospital A.....	49
5.1.7	Doses nos Órgãos ( $\mu\text{Gy}$ ) no hospital B.....	50
5.1.8	Parâmetros estatísticos e dados de paciente na UTI.....	59
5.1.9	DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) para 3 setores na UTI.....	59
5.1.10	Parâmetros de exposição para 3 setores na UTI.....	60
5.1.11	Comparação de DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) com outros autores.....	60
5.1.12	Doses nos Órgãos ( $\mu\text{Gy}$ ) na UTI.....	61
5.2.1	DEP (mGy) e DE (mSv) nos pacientes adultos em 9 hospitais.....	63
5.2.2	Tratamento estatístico dos dados nos pacientes adultos.....	65
5.2.3	Doses nos Órgãos (mGy) nos pacientes adultos.....	67
5.2.4	Valores de DEP (mGy), mínimo, máximo, média, máximo/mínimo e interquartil para pacientes adultos.....	69
5.2.5	Comparação de DEP com valores de referência internacionais (mGy) nos pacientes adultos.....	69

## LISTA DE FIGURAS

4.1	Tela de entrada de dados do programa DoseCal.....	36
4.2	Tela com os parâmetros de calibração.....	36
4.3	Curva dos valores da dose (mGy) em função de tensão (DoseCal User Manual, 2001).....	37
4.4	Tela de DoseCal Resultados .....	38
4.5	Tela de cálculo das Doses nos Órgãos.....	38
5.1.1	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP ( $\mu$ Gy) no Tórax LAT (pacientes pediátricos).....	52
5.1.1a	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para kV utilizados no Tórax LAT.....	52
5.1.1b	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para mAs utilizados no Tórax LAT.....	53
5.1.2	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP ( $\mu$ Gy) no Crânio AP (pacientes pediátricos).....	53
5.1.2a	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para kV utilizados no Crânio AP.....	54
5.1.2b	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para mAs utilizados no Crânio AP.....	54
5.1.3	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP ( $\mu$ Gy) no Abdomen AP (pacientes pediátricos).....	55
5.1.3a	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para kV utilizados no Abdômen AP.....	55
5.1.3b	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para mAs utilizados no Abdômen AP.....	56
5.2.1	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP (mGy) no Abdomen AP (pacientes adultos) .....	70
5.2.2	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP (mGy) na Coluna cervical AP (pacientes adultos).....	70
5.2.3	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP (mGy) na Coluna cervical LAT (pacientes adultos).....	71
5.2.4	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP (mGy) no Tórax PA (pacientes adultos).....	71
5.2.5	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP (mGy) no Tórax LAT (pacientes adultos).....	72

5.2.6	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP (mGy) no Crânio PA (pacientes adultos).....	72
5.2.7	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP (mGy) na Coluna Lombar AP (pacientes adultos).....	73
5.2.8	<i>Box &amp; Whiskers plot</i> para DEP (mGy) na Coluna Lombar LAT (pacientes adultos).....	73

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

O ser humano está exposto diariamente à radiação ionizante proveniente de fontes naturais (rochas, solos, cósmica, etc., ~70%) e fontes artificiais (~30%). Das fontes artificiais, constata-se que 85% têm origem nos procedimentos de radiodiagnóstico. As doses oriundas desses procedimentos são relativamente baixas, quando comparadas a outras atividades que envolvem o uso de radiações ionizantes, como por exemplo, a radiografia industrial e a radioterapia. No entanto, se levarmos em conta o número de pessoas que utilizam a radiologia como método diagnóstico, essa preocupação torna-se plenamente justificada, uma vez que um grande contingente de pessoas utiliza o radiodiagnóstico ao longo de suas vidas. Sendo assim, é extremamente importante que medidas de proteção radiológica sejam tomadas no sentido de prevenir as irradiações desnecessárias. Para se atingir esse objetivo devem ser aplicados os princípios da Proteção Radiológica: Justificação, Otimização e Limitação das Doses.

Como a Limitação das Doses não se aplica às exposições médicas, a Justificação e a Otimização tornam-se ainda mais importantes. No que se refere ao princípio da Justificação, que consiste na indicação clinicamente justificada, constata-se que, em muitos casos, esses exames poderiam ser dispensados. Observa-se que, na maioria das instituições, a exposição radiográfica é parte de um protocolo de rotina hospitalar pré-estabelecida, não necessariamente justificada ou necessária. Além disso, pouca ou nenhuma atenção é destinada à proteção do paciente. O Princípio da Otimização significa “o mais baixo possível”, consistente com uma qualidade de imagem adequada à obtenção da informação diagnóstica.

O radiodiagnóstico consiste no uso de raios X para investigar a estrutura e as funções do corpo humano. As técnicas usadas no radiodiagnóstico são muito variadas, e incluem raios X convencionais (radiografia), raios X da mama (mamografia), imagem contínua (fluoroscopia) e imagem de seção transversal (exploração por Tomografia Computadorizada, TC). As irradiações médicas devidas ao radiodiagnóstico são responsáveis, em países ocidentais, por pelo menos 300 exames por milhão de



habitantes, representando 90% das fontes artificiais aproximadamente. Este número de exames de irradiações médicas são 20 vezes mais que a contribuição das investigações da medicina nuclear, que também é irradiação médica e 1000 vezes mais que a contribuição advinda da indústria nuclear (VAN LOON, 1995).

No entanto, apesar das vantagens no uso dos raios X, sabe-se que eles podem causar dano biológico ou lesão aos seres humanos (United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, UNSCEAR, 1993) tendo sido muitos danos reportados na literatura (RAINBOW, *et. al.* 1992; WEBER, *et. al.* 1995). Dados coletados em países desenvolvidos mostraram que o uso diagnóstico de radiação pode contribuir para uma dose anual *per capita* de cerca de 1mSv. Nas atividades de pesquisas no Reino Unido (NRPB-W14, 2001), vários projetos de investigação nos últimos anos (entre 1996 e 2000) coletaram dados em exames de radiografias, calcularam e mediram doses em pacientes e estabeleceram boas práticas para obter uma alta qualidade em imagem com um mínimo da dose.

Na maior parte dos países desenvolvidos, o número dos procedimentos executados tem crescido e há uma tendência à aplicação de procedimentos mais complexos que, ao mesmo tempo, sujeitam os pacientes e a equipe de médica a doses de radiação mais elevadas. Por isso, no radiodiagnóstico há atualmente uma preocupação crescente com os efeitos da exposição à radiação. Isto pode ser observado nas recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (International Commission for Radiation Protection, ICRP). Esta Comissão estabeleceu os princípios básicos para todas as exposições à radiação no radiodiagnóstico - ICRP 60, (ICRP 1991a). Também, o Conselho da União Européia apresentou, em 1997, a diretriz orientadora Euratom 43/97 que estabelece a importância destes princípios básicos.

Considerando as pesquisas que fazem uso de radiação médica em vários países, Dickie e Fitchew (2004) obtiveram informações sobre a frequência média anual de vários procedimentos de radiografia e calcularam as doses em vários órgãos a partir desses procedimentos. Eles aplicaram um modelo de indução do câncer pela radiação. Com isso, calcularam o risco cumulativo para as doses recebidas pelos vários órgãos do corpo para derivar uma estimativa do risco atribuível de desenvolvimento de câncer. A

análise assegura que, na Austrália, aproximadamente 431 casos de câncer por ano (1,3% do total de casos) poderiam ser atribuíveis a exames de radiodiagnóstico. As porcentagens correspondentes para 14 outros países apresentaram variações entre 0,6% no Reino Unido e Polônia e 3,2% no Japão (DICKIE & FITCHEW, 2004). Pode-se notar, nestes estudos, que não há nova evidência que justifique a relação entre o uso de procedimentos radiodiagnósticos e as causas do câncer.

No entanto, os investigadores aplicaram rigorosamente um modelo existente de radiodiagnóstico de uma dada população para calcular a melhor estimativa que determine a magnitude do risco de indução do câncer. Eles reconhecem que há uma incerteza considerável relacionada a esta estimativa e que várias suposições tiveram que ser feitas ao se realizar a análise. Existe incerteza sobre o número e tipo de procedimentos radiológicos, bem como sobre a derivação destes dados de doses para órgãos individuais e para a associação do modelo de indução do câncer a baixas doses usadas em radiodiagnóstico.

É provável que os procedimentos de radiação médica conduzam a um aumento pequeno na incidência do câncer na população. A dose mais baixa de raios X em que há evidência epidemiológica elevada de risco do câncer é de 10-50 mSv para uma exposição aguda de corpo inteiro (BRENNER, *et. al.* 2003). É fácil negligenciar os possíveis efeitos colaterais da radiação, particularmente se o risco é muito baixo e o efeito não ficar aparente durante anos (período de latência). Desta forma, o grupo de maior risco localiza-se entre indivíduos com uma longa expectativa de vida. Crianças são mais suscetíveis aos efeitos carcinogênicos da radiação do que os adultos (BRENNER, *et. al.* 2003).

Recentemente foi proposto pelo IPSM (Institute of Physical Sciences in Medicine) um método de comparação da radiação devida a exames radiográficos com o Tempo Equivalente de Radiação Ambiental (Background Equivalent Radiation Time, BERT) A idéia consiste em converter a dose efetiva da exposição para o tempo em dias, semanas, meses ou anos para obter a mesma dose efetiva ao longo de um período prolongado devido à radiação ambiental. Este método foi também recomendado pelo Conselho Nacional Norte-Americano para Proteção de Radiação e Medida (National

Council for Radiation Protection and Measurement, NCRP). A Tabela 1.1 mostra o BERT equivalente para exames comuns de radiografia.

**Tabela 1.1:** Doses Efetivas típicas e valores de BERT para alguns estudos de radiografia comuns para um adulto (Adaptado do RELATÓRIO IPSM 53)

<b>Tipo de exame radiográfico</b>	<b>Dose Efetiva (mSv)</b>	<b>BERT – O tempo para obter a mesma dose devido à radiação ambiental</b>
Intraoral	0,06	1 semana
Tórax	0,08	10 dias
Coluna torácica	1,5	6 meses
Coluna lombar	3	1 ano
Seriografia do trato gastro-intestinal superior	4,5	1,5 anos
Seriografia do trato gastro-intestinal inferior	6	2 anos

De acordo com Chapple *et. al.*, (1992, p.225), “muitas pesquisas de doses para pacientes adultos foram levadas a cabo, mas poucos dados foram publicados sobre o nível de dose de radiação em pacientes pediátricos de radiodiagnóstico”. O referido autor descreveu uma das possíveis razões para publicações limitadas de dosimetria pediátrica como uma diferença maior em termos de tamanho entre paciente pediátrico e adulto. A segunda razão poderia ser justificada pela dificuldade dos técnicos de radiografia em decidir sobre a escolha dos fatores de exposição mais apropriados (kV e mAs). Além disso, diferentes tipos de técnicas radiográficas para pacientes pediátricos dificultam pesquisas amplas conclusivas sobre aplicação de doses junto a estes grupos populacionais (CHIH I LEE, 2002).

## 1.1 Objetivos e Justificativa

A partir de 1998, quando a legislação brasileira a respeito das “Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico” foi publicada (Ministério da Saúde, MS, Portaria 453/98), diversas iniciativas das agências reguladoras e das universidades foram implementadas, principalmente no que se refere

ao Controle de Qualidade e a Proteção Radiológica. Uma das principais exigências dessa Portaria é a implantação do Programa de Controle e Garantia da Qualidade (PCGQ) em todo estabelecimento médico que faça uso de radiações ionizantes. O PCGQ propõe:

- execução de testes de aceitação dos equipamentos;
- análise de rejeição de filmes;
- monitoramento do desempenho do processamento radiográfico;
- monitoramento dos negatoscópios; e
- avaliação das doses aplicadas a pacientes submetidos a exames radiológicos.

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo principal deste trabalho consiste numa avaliação das doses em radiodiagnóstico no Estado do Rio de Janeiro, observando as boas práticas, identificando técnicas radiográficas e a proteção dos pacientes para os exames radiológicos mais comuns.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são:

- investigar o nível da dose de entrada na pele (DEP) dos pacientes adultos e pediátricos que se submetem a exames radiográficos no Estado do Rio de Janeiro;
- avaliar as Doses Efetivas (DE) pacientes adultos e pediátricos;
- avaliar as Doses nos Órgãos (DO) em pacientes adultos e pediátricos; avaliar as técnicas radiográficas empregadas nos exames;
- frequência dos exames realizados na Unidade de Terapia Intensiva.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Imagens de radiografia constituem o método não invasivo mais antigo de observar o interior do corpo humano. Difere de todas as outras modalidades de imagens porque requer a irradiação do paciente. Na realidade, imagens radiográficas são sombras das partes internas do corpo e o contraste em imagens por raios X é gerado pela absorção ou espalhamento dos raios X. O único método prático atualmente disponível para produzir imagens radiográficas é o uso de tubo de raios X. O anexo 1 discute em detalhe do tubo de raios X.

#### 2.1 Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes

Toda radiação interage com a matéria viva, resultando em depósito de energia. A energia da radiação absorvida em tecidos vivos inicia reações físicas e químicas, que podem resultar em mudanças biológicas. A natureza desta interação e a quantidade de energia depositada determinam, geralmente, o efeito biológico no organismo.

Uma molécula particularmente sensível dentro da célula é o ácido desoxirribonucléico (DNA). Há evidências de que os danos ao DNA provocados pela radiação ionizante, particularmente pela ruptura do DNA, sejam responsáveis por muitos dos efeitos danosos observados em estudos clínicos, como lesões na pele, diversos tipos de câncer, efeitos genéticos em grupos humanos irradiados e nas investigações experimentais com animais. Os danos celulares provocados pela radiação podem conduzir à morte da célula. A dose da radiação pode ser elevada e muitas células serem lesadas, mortas ou funcionalmente danificadas, por exemplo, a medula óssea que produz o sangue, ou o epitélio intestinal, ambos tecidos muito sensíveis aos efeitos da radiação. Exposições severas dos tecidos podem ser fatais. Efeitos mais sutis podem ocorrer, como no desenvolvimento do cérebro (EUR 19959, 2002). A exposição à radiação ionizante pode simplesmente ser vista como uma das causas de câncer. Um artigo recente publicado no *Lancet*, um dos jornais médicos mais importantes na área

médica, tenta quantificar o risco da indução do câncer a partir de procedimentos diagnósticos dos raios X, calculado sobre a média da população (BERRINGTON & DARBY, 2004).

McEwan, *et. al.* (1994) usam dados publicados a partir de um estudo de doses aplicadas em pacientes que realizaram exames radiográficos na Nova Zelândia para calcular os riscos de câncer fatal e leucemia, e concluem que os riscos atribuíveis de todos os tipos de câncer e leucemia são respectivamente 1% e 4,5%.

### **2.1.1 Efeitos não Estocásticos (Determinísticos) da Radiação**

São aqueles efeitos que se manifestam a partir de uma determinada dose (dose limiar) e, à medida que essa dose aumenta, tem-se uma maior gravidade do efeito observado, a severidade do dano produzido aumenta com a dose a partir do limiar; se o tecido atingido é vital e o dano suficientemente grande, pode ocorrer a morte do indivíduo. A morte pode ocorrer após uma exposição aguda à radiação que cause uma severa redução de células de um ou mais órgãos vitais do corpo. Os efeitos não estocásticos são todos de origem somática, como por exemplo: anemia, leucemia, eritema, catarata etc.

### **2.1.2 Efeitos Estocásticos da Radiação**

São aqueles efeitos que não necessitam de uma dose limiar para se manifestar e à medida que a dose de radiação aumenta, teremos um aumento na probabilidade de ocorrência desse tipo de efeito. Efeitos estocásticos podem ocorrer a partir do dano produzido em uma única célula, apesar dos mecanismos de reparo e de defesa do organismo que inibem a sobrevivência do clone de células modificadas que gera o câncer. A probabilidade do câncer induzido pela radiação aumenta com a dose, sem nenhum limiar. Ao contrario dos não estocásticos, os efeitos estocásticos podem ser somáticos ou hereditários. Cânceres não aparecem imediatamente após exposição à radiação, mas apresentam um período de latência no qual nenhum efeito é observável,

ou seja, a severidade da condição maligna não é influenciada pela dose inicial. O período de latência é dependente do tipo de câncer, mas pode variar de dois a sete anos para leucemia e em até 50 anos para alguns cânceres sólidos. Conseqüentemente, o câncer é classificado como um efeito tardio.

A Academia Nacional de Ciências (1990), o BEIR V e o Comitê Científico das Nações Unidas para os Efeitos de Radiação Atômica (UNSCEAR, 1993) revisaram estudos de epidemiologia de radiação mais relevantes. Como revisado por Sankaranarayanan (1996), recentes estimativas de riscos genéticos do BEIR e comitês de UNSCEAR, como também a mais recente análise da progênie de sobreviventes de bomba atômica (Hiroshima e Nagasaki), indicam que riscos genéticos humanos são muitos menos significantes que riscos carcinogênicos.

### **2.1.3 Efeitos Somáticos da Radiação**

Os efeitos somáticos se manifestam somente no indivíduo irradiado e, neste caso, além de ocorrência de câncer, também pode haver ocorrência de tumores benignos em alguns órgãos. O problema que ainda persiste é saber se o desencadeamento desses efeitos depende de um limiar de radiação, abaixo do qual as doses seriam desprezíveis.

### **2.1.4 Efeitos Genéticos da Radiação**

Os núcleos de todas as células do corpo contêm um número de cromossomos nos quais há grande número de genes que determinam a natureza hereditária de cada indivíduo. Esses genes e cromossomos em cada célula do corpo são idênticos, metade herdada de cada pai, a partir do espermatozóide e óvulo que contém somente metade dos genes e cromossomos de cada célula do corpo. Assim é que um gene em particular é passado à metade de alguns filhos, a um quarto de netos e a um oitavo de alguns bisnetos, até que após um grande número de gerações estará amplamente disperso em uma população.

Os genes ocasionalmente sofrem uma ligeira alteração para uma forma diferente, conhecida como mutação. Se isso ocorre no espermatozóide ou na célula ovo, o gene será passado para as próximas gerações em sua forma modificada. Mutações normalmente ocorrem com baixa ocorrência, entre outras coisas, pela radiação dispersa natural vinda de raios cósmicos e de pequenas quantidades de radioatividade em nosso corpo ou nas vizinhanças. Muitas mutações produzem efeitos danosos na população, freqüentemente severos incluindo deficiência mental, cegueira, morte neonatal, morte fetal e malformações congênitas. Seus níveis de existência são dados pelo índice de mutação natural ao qual o gênero humano está sempre sujeito. Entretanto, a qualquer radiação adicional aos órgãos reprodutores, desde o momento de nossa própria concepção até a concepção de uma criança, aumenta o índice de mutação e, por essa razão, há ocorrência desses efeitos genéticos deletérios nas gerações futuras.

A enorme massa de informações obtidas em pesquisa com animais, plantas e vírus permitiu a formulação dos seguintes princípios gerais:

- os efeitos genéticos acarretados são permanentes, isto é, transmitem-se às gerações seguintes, com grande estabilidade.
- a relação entre dose e efeito é linear para as mutações genéticas, não parecendo haver um limite abaixo do qual uma dose de radiação se mostre ineficaz em sua ação.
- o seu efeito final independe, além disso, do período de tempo durante o qual se processou a irradiação, não sendo afetado por fracionamento ou por intermitências. Depende exclusivamente da dose total.
- as radiações possuem, também, o poder de provocar fraturas cromossômicas e cromatídicas (simples e isocromatídicas), de que decorrem rearranjos (inversões paracêntricas ou pericêntricas, transposições, anéis, translocações simples ou recíproca, deficiências e duplicações). Essas fraturas nem sempre se acham distribuídas ao acaso, ao longo dos cromossomos.
- as radiações também provocam efeitos "fisiológicos" nos cromossomos, como, por exemplo, alterações da viscosidade, capazes de ocasionar aglutinações cromáticas que, por ocasião da anáfase, conduzem às chamadas pseudopontes,



que dificultam o movimento dos cromossomos em direção aos pólos, assim criando condições para a ocorrência de fraturas.

Tanto as radiações internas quanto externas produzem efeitos qualitativos idênticos e quantitativos diversos, de acordo com o tipo e a dose de energia radiante aplicada. As alterações podem ser, portanto, reversíveis ou irreversíveis.

#### **2.1.4.1 Efeitos da Radiação no Feto**

Um efeito no feto é qualquer dano que acontece como resultado de exposição ao agente prejudicial durante a fase embrionária ou fetal de desenvolvimento. Este tipo de dano é altamente dependente da época da exposição com respeito ao estágio de gestação e pode provocar defeitos moderados ou severos a partir do nascimento até a ocorrência de malignidades na infância. Quando o número de células no embrião é pequeno e sua natureza ainda não é especializada, o efeito de dano para estas células provavelmente causará a morte do embrião. De uma maneira geral se considera que qualquer dano celular nesta fase cause mais provavelmente a morte do feto do que resulte em efeitos estocásticos. Esses efeitos se expressarão na criança nascida viva, apesar do fato de que o sistema nervoso central e o coração começam a se desenvolver na terceira semana de gestação. Durante o resto do período de gestação podem causar malformações nos órgãos. Estes efeitos são de caráter determinístico e têm um limite para os seres humanos calculados a partir de experiências com animais, de aproximadamente 0,1 Gy (RADIATION HEALTH SERIES, 2004).

Durante os estágios de pré-implantação e implantação organizada (0 a 14 dias depois da concepção), o embrião é relativamente insensível ao teratogênico e aos efeitos de crescimento-retardado efeitos provocados por radiação, mas é sensível a efeitos letais. Exposições suficientemente altas durante este período resultam em morte embrionária e reabsorção que, na ausência de controle, pode parecer como fracasso para conceber, simplesmente.

A possibilidade que irradiação fetal pudesse aumentar a incidência de retardamento mental severo foi constatada por Otake e Schull (1984) estes autores observaram que durante o período gestacional de 8-15 semanas, o risco de retardamento mental aumentou com um percentual de 40% por Sv sem limite inicial. Análises posteriores concluíram que os dados eram mais consistentes com um limiar de 0,2 Sv. Quase todos os dados referentes a animais e seres humanos revelaram não haver nenhuma incidência aumentada de malformação ou retardamento de crescimento a partir de exposições a raios-X abaixo de 0,05 Sv. Também não foram observadas mudanças funcionais ou bioquímicas, como da tiróide, fígado, ou relacionadas à fertilidade, a estas baixas doses fetais. Doses de 0,05 Sv ou inferiores supostamente não fazem aumentar significativamente a incidência de má-formação anatômica, retardamento de crescimento, retardamento mental, ou aborto espontâneo.

## **2.2 Proteção e Normas de Segurança de Radiação**

O principal objetivo da proteção radiológica, como declarado pela ICRP Publicação 60, é “prover um padrão apropriado de proteção para o ser humano sem limitar as práticas benéficas que dão origem à exposição à radiação”. Também como descrito por Benini, (2002), proteção de radiação está relacionada à proteção das pessoas, individualmente e em geral contra os efeitos danosos provocados por exposição à radiação, ainda permitindo que atividades necessárias e benéficas continuem sendo realizadas, sujeitas a controle de forma a evitar dano agudo e riscos de longo prazo. Com isso, é necessário obter a mais alta qualidade da imagem diagnóstica com a menor exposição de radiação do paciente, consistente com objetivos clínicos e considerando-se os custos. O Guia de Segurança (BSS-IAEA, 1996) apresenta recomendações de como satisfazer as exigências internacionais de segurança de radiação em práticas médicas que lidam com radiação ionizante. Isto inclui orientações a autoridades, inspeção e execução, como também na infra-estrutura e articulações a nível nacional, para permitir que os usuários obedeçam estas exigências. Entre estas iniciativas pode-se citar: o estabelecimento de níveis de orientação para exposições médicas diagnósticas e testes de aceitação para equipamentos emissores de radiação.

As metas futuras consistem em estabelecer padrões de desempenho mensuráveis e níveis de segurança de radiação e proteção. O desempenho de todo o equipamento de radiografia será avaliado no momento de sua instalação e monitorado pelo menos anualmente por um profissional qualificado para assegurar que está funcionando corretamente e que os pacientes não são expostos a doses desnecessárias de radiação. Monitoramentos adicionais ou mais freqüentes podem ser necessários após consertos que poderiam mudar a exposição à radiação de pacientes ou operadores e, ainda, a variação na qualidade da imagem. Os seguintes passos poderiam ser aplicados, reduzindo a dose e a taxa de dose de radiação:

- independente do tipo, potência e marca do aparelho, o uso de colimador ou diafragma, para irradiar apenas a área a ser estudada, reduzindo o volume de radiação secundária e a dose recebida, inclusive otimizando o resultado final da radiografia.
- a uniformização dos chassis e o correto conjunto de écrans/filme, ou seja, filme sensível à luz verde com écran emissores de luz verde e filme sensível à luz azul com écran rápidos ou ultra-rápidos emissores de luz azul, possibilitando estabelecer a constante do aparelho e uniformizar as exposições, evitando repetição de exames e otimizando o resultado final com menor índice de radiação, pois o conjunto adequado de chassis/écran/filme, permite reduzir sensivelmente os tempos de exposição e, conseqüentemente, a dose e taxa de dose de radiação.
- a correta armazenagem de filmes em depósito, que deverá estar isento de receber qualquer tipo de radiação e com temperatura adequada. E os filmes em uso, deverão estar também bem protegidos de radiação e em ambiente arejado, com temperatura e nível de umidade adequado, evitando o fog, que é um dos principais motivos da queda da resolução.
- uma revelação uniforme (quando manual) sempre com os mesmos tempos para revelação, facilitando a constância e um resultado final, padrão.
- uma câmara escura segura; sem risco de radiação; totalmente vedada contra luz externa, com eficiente filtro de luz de segurança e dotada de exaustor com segurança contra luz, possibilitando a estabilidade de temperatura e evitando o

acumulo de vapores químicos que danificam os filmes e prejudicam a saúde do funcionário da câmara escura.

- utilização e conservação dos divisores de filmes, cones localizadores, espessômetros e goniômetros.
- correta utilização de luvas plumblíferas, protetores plumblíferos de gônadas, protetores plumblíferos de tireóide, aventais plumblíferos e biombos baritados ou blindados com chumbo, visando à proteção de pacientes, profissionais envolvidos no exame e acompanhantes.
- a proteção da sala de exame, que deverá ser blindada com chumbo, inclusive as portas e possíveis janelas, que deverão ser blindadas com chumbo de espessura fixada pela CNEN, até 220 cm de altura da parede.
- ter um bom conhecimento de anatomia, possibilitando um correto posicionamento e evitando repetição de exames por erro técnico.
- o aparelho deve estar corretamente calibrado e com a manutenção feita regularmente, em tempo programado.
- nunca esquecer que a melhor radioproteção é a utilização de acessórios com tecnologia de ponta e um bom treinamento do profissional, de preferência com reciclagem pelo menos a cada 2 anos, e um congresso anual, para conhecer as últimas novidades e trocar idéias sobre técnica e tecnologia.

A quantidade de proteção específica que o ICRP desenvolveu para proteção radiológica permite a quantificação da extensão de exposição à radiação ionizante de corpo inteiro e parcial, irradiação externa e de tomadas de radionuclídeos. Elas são baseadas na avaliação da energia fornecida aos órgãos e tecidos do corpo. As doses calculadas podem ser comparadas com limites de doses indicados para pessoas que são ocupacionalmente expostas e/ou do público em geral. A proteção radiológica relacionada a baixas doses está principalmente preocupada com proteção contra câncer induzido por radiação e doenças hereditárias. Outras organizações pertinentes envolvidas no campo de proteção à radiação em Medicina são a OMS, ICRU, IAEA, UNSCEAR, BEIR, NCRP e NRPB.

Os princípios fundamentais de proteção radiológica - Otimização e Justificação (serão discutidos na próxima seção) têm os seguintes objetivos:

- i) efeitos determinísticos à saúde serão prevenidos mantendo doses a níveis abaixo dos limiares pertinentes, e;
- ii) a incidência de efeitos estocásticos à saúde deve ser reduzida a nível razoavelmente aceitável (CHENG E CHAN, 1997).

### 2.2.1 Conceito de Otimização

A introdução do conceito de otimização nas recomendações do ICRP foi uma conseqüência direta do reconhecimento, durante os anos 1940, do chamado efeito estocástico, associado com a impossibilidade de demonstrar a existência ou não de um limite para tipos de efeitos irreversíveis. Devido à incerteza da relação dose - efeito estocástico, o uso de um limite deixou de ser uma das garantias da ausência de risco. Isto levou a Comissão a adotar em 1950 uma atitude prudente e recomendar "*que todo esforço seja feito reduzindo exposições a todos os tipos de radiação ionizante ao nível mais baixo possível*" (parágrafo VI, ICRP, 1955). A adoção do "Princípio da Precaução" para a administração de efeitos estocásticos fez chamar a atenção imediatamente para o assunto de justificação da exposição. Estas considerações levaram a Comissão a alterar sua primeira formulação e recomendar que "*todas as doses sejam mantidas tão baixas quanto praticável e que qualquer exposição desnecessária seja evitada*" (parágrafo 45; Publicação 1; ICRP, 1959).

Na Publicação 9, foi descrita uma nova formulação da recomendação anterior "*como qualquer exposição pode envolver algum grau de risco, a Comissão recomenda que qualquer exposição desnecessária seja evitada, e que todas as doses sejam mantidas tão baixas quanto possíveis, levando-se em conta as condições econômicas e sociais*", (parágrafo 52; Publicação 9; ICRP, 1966b). A Comissão introduziu um modelo de custo-benefício para implementar o princípio em prática. A questão chave na Publicação 22 era a declaração de que "*é possível definir o ponto no qual pode ser dito que uma dose seja tão baixa quanto possível, levando-se em conta as condições*

*econômicas e sociais em que são realizadas, escolhendo a dose à qual os ganhos econômicos e sociais de reduzi-la mais adiante são iguais aos custos econômicos e sociais de alcançar aquela redução”* (parágrafo 11; ICRP, 1973).

Além disso, o advérbio “prontamente” foi substituído por “razoavelmente” (parágrafo 20; Publicação 22; ICRP, 1973), para descrever mais precisamente a intenção da Comissão em relação ao esforço que deva ser dedicado à redução do risco. Tal aproximação foi possível devido à disponibilidade das primeiras estimativas da magnitude dos riscos somáticos e genéticos associados com exposição a baixas doses e baixas taxas de doses publicadas pela Comissão em 1964 (Publicação 8, ICRP, 1966a). O risco derivado avaliado por unidade de exposição permitiu o desenvolvimento do conceito de detrimento, definido como a expressão matemática de “a expectativa do dano causado por uma dose de radiação” (parágrafo 21; Publicação 22; ICRP, 1973). Este conceito constitui um dos elementos básicos do modelo de custo-benefício por decidir se uma redução na dose é razoável ou não. Uma mudança secundária na formulação foi introduzida pela Publicação 26 (ICRP, 1977), onde o termo “considerações” foi substituído por “fatores”. Palavras semelhantes eram usadas na câmara sindical europeia diretiva 97/43/Euratom (O Conselho da União Europeia, 1997) e elas são conhecidas como o princípio de ALARA (As Low As Reasonably Achievable), tão baixo quanto razoavelmente exequível. Uma interpretação do princípio de ALARA, usada neste documento, é que a exposição do paciente deveria ser ajustada para obter a informação diagnóstica exigida, e não para adquirir a melhor qualidade de imagem possível.

Segundo Martin, *et al* (1999a), em radiografia digital há a possibilidade de ajustar a exposição a uma qualidade de imagem satisfatória por causa da dinâmica dos detectores digitais. Neste caso, a qualidade de imagem é mais determinada pela quantidade de ruído na imagem. Uma dose de detector alta normalmente resulta em melhor qualidade de imagem, mas também numa dose mais alta para o paciente. Um modo alternativo de aperfeiçoar um procedimento radiológico é substituir o sistema de detecção. Sistemas novos com eficiência de detecção mais alta podem levar a redução de dose sem sacrificar a qualidade de imagem. Neste caso, o treinamento dos técnicos também pode ser aperfeiçoado através de educação e treinamento adequados.

Estudos de otimização em radiologia diagnóstica, pelas razões supra citadas, tornaram-se importantes e, aparentemente, refletem situações clínicas específicas que podem ser inaplicáveis em situações práticas (STIEVE, *et. al.* 1993, HUDA & GKANATSIOS, 1997). Isto requer que os profissionais que dirigem e administram exposições médicas têm que estar familiarizados com doses típicas, métodos de medidas e, também, métodos de redução de dose. Embora as estratégias de otimização estejam baseadas em parâmetros físicos bem definidos, a diversidade de problemas diagnósticos, a variabilidade das características antropomórficas dos pacientes e a variedade de sistemas de imagem que são empregadas na prática destes exames, não permitem que a otimização seja processada automaticamente. Estas limitações práticas resultam em variações de doses aplicadas a pacientes e provavelmente na qualidade de imagem para o mesmo tipo de exame de radiografia sob condições diagnósticas semelhantes (IAEA 1995 & 1996, MUHOGORA, *et. al* 1999).

### **2.2.2 Princípio de Justificação**

Justificação de práticas e otimização de proteção são os princípios fundamentais que permitem manter doses individuais e o número de pacientes expostos tão baixos quanto possível. O princípio da Justificação implica que o benefício ao paciente, e à sociedade, de um procedimento radiológico, deve compensar os riscos para o paciente associados com a exposição à radiação, considerando a possibilidade do uso de técnicas alternativas que não envolvam a exposição à radiação ionizante, como por exemplo, da Ressonância Magnética e da Ultra-Sonografia. A justificação de uma prática que conduz a exposições médicas deveria ser cuidadosamente analisada. Com o objetivo de justificar cada tipo de exame diagnóstico, dever-se-iam levar em consideração as diretrizes pertinentes, como as estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde, OMS (OMS 1983, 1987, 1990). A exposição de seres humanos para investigação médica deve ser justificada, desde que esteja conforme as providências da Declaração de Helsinque (1964) que seguem as diretrizes para sua aplicação preparada pelo Conselho para Organizações Internacionais de Ciências Médicas (CIOMS, 1993) e Organização Mundial de Saúde (OMS, 1977). As recomendações do ICRP de 1990 da Publicação 60

apresentam o princípio de justificação, Há três níveis de justificação de uma prática em Medicina:

- o uso de radiação em Medicina é aceito como produzindo mais benefício do que dano,
- um procedimento com objetivo específico é definido e justificado, por exemplo, o exame de tórax para pacientes que mostram sintomas pertinentes,
- a aplicação do procedimento em um paciente individual deve ser justificada, i.e. a aplicação particular deve ser julgada no sentido de fazer mais bem que dano,

### **2.3 Programas de Controle e Garantia de Qualidade em Radiodiagnóstico.**

O programa de garantia de qualidade é um sistema de planos, testes, revisões, relatórios, registros e ações, que visam estabelecer procedimentos para monitorar o desempenho de instalações radiológicas, cujo propósito é proteger o público e trabalhadores envolvidos com o uso de radiação ionizante. A exposição desnecessária deve ser controlada, para reduzir a ocorrência de diagnósticos errôneos causados por equipamento defeituoso e erros de operação i.e. promover a obtenção da melhor informação diagnóstica ao menor custo e expondo a doses mínimas os pacientes submetidos a tais procedimentos. Controle de qualidade é parte do programa de garantia de qualidade que, por sua vez, se relaciona ao conjunto de operações (programação, coordenação e implementação) estruturadas para manter ou melhorar qualidade do serviço de radiologia. Estas atividades englobam o monitoramento, avaliação e manutenção a níveis exigidos de todas as características de desempenho dos equipamentos que podem ser definidas, medidas e controladas.

Em muitos aspectos, um programa de garantia de qualidade é a referência que os profissionais médicos em uma prática de radiologia adotam para assegurar que:

- o equipamento de radiografia trabalha corretamente,
- o paciente é posicionado corretamente,
- os fatores de técnica radiográfica são apropriados,
- o pessoal é treinado corretamente,
- o processamento dos filmes está adequado



- a interpretação das imagens radiográficas está correta e o seu resultado é devidamente comunicado ao paciente.

Em todas as instalações radiológicas deveria ser estabelecido um programa de garantia de qualidade, cuja estrutura e extensão é determinada pelas necessidades e complexidades de cada tipo de instalação como descrito pelo IAEA, 1996. Desta forma, um Programa de Garantia de Qualidade em radiologia diagnóstica deveria incluir a análise da dosimetria aplicada ao paciente como um dos itens mais pertinentes a ser avaliado, junto com a qualidade da imagem.

## 2.4 Dosimetria em Radiodiagnóstico

Em geral, as doses da radiação aplicadas em exames diagnósticos não são elevadas. No entanto, pode haver uma dose cumulativa em função da repetição de exames durante uma doença prolongada, ou ao longo de uma vida. O objetivo da dosimetria no radiodiagnóstico é assegurar uma imagem de qualidade elevada com uma dose de radiação mínima; servindo como referência na aplicação hospitalar a comparação das práticas e das doses locais com as recomendações internacionais. Também deve ser possível estimar um risco associado a um tipo de radiografia ou a um tipo particular de exame. A dose por radiografia pode fornecer informação sobre a capacidade de imagem do aparelho de raios X e prover informações sobre a proteção do paciente, assegurada tanto pelo equipamento quanto pelo procedimento do exame.

Há diversos métodos em dosimetria para medir as doses recebidas por pacientes, entre eles: Dosimetria Termoluminescente (TLD), medidores PDA (Produto Dose-Área) e câmaras de ionização. A seleção do método de dosimetria mais apropriado é uma tarefa importante, que deve considerar a situação clínica e a cooperação individual dos pacientes. O Grupo de Trabalho de Dosimetria do IPSM recomendou que medidas diretas da Dose de Entrada na Pele (DEP) deveriam ser feitas usando dosimetria termoluminescente (TLDs) (IPSM, 1992), uma vez que o TLD é pequeno e equivalente ao tecido humano, não interfere na imagem radiográfica, (DENDY & GOLDSTONE, 1999; FAULKNER *et al*, 1989). TLD é apropriado para fazer medidas da DEP dos pacientes, fornecendo uma boa medida nesse ponto. No entanto, as medidas da DEP que

usam TLD requerem um investimento considerável em equipamentos para sua leitura, aquecimento e manipulação. A preparação e leitura de TLDs exigem uma alta especialização e trabalho intenso. As pesquisas de medidas da dose nos pacientes usando TLDs são caras, não sendo, por isso, apropriadas para aplicação em grande escala (FAULKNER, *et. al*, 1989).

Métodos alternativos de dosimetria podem ser utilizados quando as medidas de TLD não são praticáveis. A DEP pode ser calculada a partir dos fatores da exposição (kV e mAs), Distância Foco-Pele (DFP), tamanho de campo e fator de retroespalhamento. As medidas indiretas da dose podem ser feitas usando câmaras de ionização e medidores de produto dose-área. A câmara de ionização pode ser convenientemente posicionada numa superfície lisa para a medida da exposição aos raios X. Por outro lado, a medida do produto dose-área (PDA) é relacionada ao tamanho do campo e pode ser usada monitorando a colimação do feixe de raios X. Além disso, a grandeza de medida DAP é apropriada para ser utilizada em grande escala, obtendo medidas de dose, pediátricas ou de adultos, porque é simples de registrar e não interfere na realização do exame, (McDONALD, *et. al*, 1996).

Além do uso de DAP, programas de computador também podem ser usados para calcular as DEPs. Esses métodos são práticos e significativamente mais baratos, Comparando-se as doses determinadas pelos dois métodos (TLDs e um programa) a diferença encontrada foi de  $\pm 20\%$  por Davies, *et. al* (1997). Vários artigos foram publicados, tal como Faulkner, *et al*, (1989), que calcularam a dose de entrada na pele a partir do conhecimento de fatores da técnica radiográfica, do rendimento de tubo e do fator de retroespalhamento. Begum (2001) mediu a DEP e calculou as doses em 29 órgãos do corpo humano e a DE (Dose Efetiva) usando o programa XDOSE, baseado no método de Monte Carlo.

## **2.5 Radiologia Pediátrica**

Em exames de crianças, os riscos para cânceres fatais (por exemplo, irradiação de corpo-inteiro) e desordens hereditárias severas (por exemplo, irradiação das gônadas)

são maiores que para a população geral. A exigência de posicionamento correta e controle de pacientes pediátricos, e os critérios para a qualidade de imagem necessária na radiologia pediátrica diferem em relação aos aplicados em radiografias de adultos. Por isso que, na União Européia, reconheceu-se que os critérios de qualidade necessitaram ser especificamente adaptados à radiologia pediátrica (relatório EUR 16261). Isto é suportado pelo fato da expectativa de vida mais longa, os riscos, manifestações de efeitos prejudiciais da radiação serem maiores nas crianças do que nos adultos. A exposição à radiação nos primeiros dez anos da vida é estimada, para determinados efeitos prejudiciais, em ter um risco da vida três a quatro vezes maior do que após exposições entre as idades de 30 e 40 anos, e cinco a sete vezes maior quando comparado a exposições após a idade de 50 anos (relatório UNSCEAR, 1988).

Há muitas razões pelas quais os critérios de imagem aplicáveis aos adultos podem não ser apropriados para imagens pediátricas. Por exemplo: o menor tamanho do corpo, a composição do corpo dependendo da idade, a falta de cooperação da criança ao tirar uma radiografia e as diferenças no comportamento do organismo (por exemplo, taxa de batimentos cardíacos mais alta e respiração mais rápida). Os tempos de exposição devem ser curtos para minimizar problemas de movimentação. Filtração adicional de 1mm de alumínio, mais 0,1-0,2 mm de cobre (equivalente a aproximadamente 3-6 mm de alumínio) são recomendadas. Também deve ser notado que o tamanho do campo inapropriado é um erro freqüente em radiologia pediátrica. Um campo muito pequeno pode resultar em perda de detalhes anatômicos importantes e um campo grande não só prejudicará o contraste de imagem e a resolução, aumentando a quantidade de radiação espalhada, mas também resultará em energia de radiação ionizante desnecessária que é depositada no corpo fora da região de interesse. Há menos radiação espalhada em uma criança que em um adulto, por isso o uso de grades é freqüentemente desnecessário. Equipamentos de fácil remoção da grade deveriam ser usados (CHIH-I LEE, 2002). Desta forma, aplicam-se doses muito reduzidas de irradiação para pacientes pediátricos, devendo os técnicos de radiologia ser treinados em métodos pediátricos especiais. (RADIATION HEALTH SERIES, 2004).

## 2.6 Radiologia em Adultos

A Comissão da Comunidade Europeia (CEC) contribui para a evolução da segurança do uso da radiação pelo estabelecimento de exigências legais para a proteção das pessoas que se submetem a exames de Radiologia e no estabelecimento dos critérios de qualidade para radiografias diagnósticas de adultos (relatório EUR 16260).

Em radiologia de adultos, é dada atenção especial às pacientes femininas na avaliação de dose de radiação e risco. Em geral, o tamanho de corpos femininos e de órgãos são menores que os masculinos (assim as doses de radiação absorvidas por mulheres serão mais altas); as gônadas femininas estão dentro do corpo e situadas mais próximas de vários órgãos importantes tais como bexiga urinária, fígado, rins e intestinos. O risco de câncer de mama é significativamente mais alto do que em pacientes do sexo masculino; e no caso de gravidez, a exposição do embrião/feto e da criança em fase de lactação traz preocupações especiais.

A Diretriz Orientadora do Conselho 97/43/EURATOM (1997) introduz o conceito de Nível de Referência Diagnóstico (NRD), definido como níveis de doses em práticas radiológicas em pacientes de tamanho padrão para exames típicos e tipos de equipamentos definidos. Estes níveis não devem ser excedidos em procedimentos padrão quando a boa prática é aplicada. O objetivo de um NRD é promover o controle da exposição no radiodiagnóstico, ajudando a evitar exposição desnecessária à radiação. A tabela 2.1 mostra os Níveis da Referência para os pacientes adultos e pediátricos em radiodiagnóstico.

**Tabela 2.1:** Níveis de Referência (ICRP 2001)

Radiografias Pediátricas (valores de Dose de Entrada na Pele (DEP) $\mu$ Gy).	NRPB 2000					EC 1996b, 1999a.
	0 ano	1 ano	5 anos	10 anos	15 anos	
Tórax AP & PA	**	50	70	120	**	100 (5 anos)
Tórax LAT	**	**	**	**	**	200 (5 anos)
Tórax AP (neonato)	50	**	**	**	**	80
Crânio AP & PA	**	800	1100	1100	1100	1500 (5 anos)
Crânio LAT	**	500	800	800	800	1000 (5anos)
Pelve AP (infantil)	**	**	**	**	**	200
Pelve AP (criança)	**	500	600	700	2000	900 (5 anos)
Abdômen AP	**	400	500	800	1200	1000 (5anos)
Radiografias de Adultos DEP (mGy)	(REINO UNIDO) IPSM 1992	(BSS) IAEA 1996	(GERAL) EC 1990, 1996a, 1999a.	(E.U.A) AAPM 1999	(GERAL) NRPB 1999	
Crânio AP/PA	5	5	5	5	5	
Crânio LAT	3	3	3	3	3	
Coluna Cervical AP	**	**	**	**	**	**
Tórax PA	0,3	0,4	0,3	**	0,3	
Tórax LAT	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Coluna Torácica AP	**	7	**	**	**	**
Coluna Torácica LAT	**	20	**	**	**	**
Abdômen AP	10	10	10	10	10	
Coluna Lombar AP/PA	10	10	10	10	10,5	
Coluna Lombar LAT	30	30	30	30	30	
Pelve AP	10	10	10	10	**	

## 2.7 Dose de Entrada na Pele (DEP)

A dose de entrada na pele (DEP) é a dose na entrada levando em consideração o fator de retroespalhamento. É definida para qualquer radiação ionizante e expressa a energia absorvida em um ponto, dada por:

$$D = \frac{\overline{d\epsilon}}{dm} \quad (2.3)$$

onde  $\overline{d\epsilon}$  é o valor esperado de energia depositada pela radiação ionizante no elemento de massa  $dm$ .

A DEP é considerada como o melhor indicador de efeitos determinísticos, tais como a morte de um número elevado de células, podendo levar ao colapso do tecido, que deixa de exercer suas funções no organismo (ICRP 2000). A unidade para dose no Sistema Internacional é o Gray (Gy).

## 2.8 Dose Efetiva (DE)

O risco à indução do câncer de uma dose equivalente depende do órgão que recebe a dose. Um método é requerido para permitir a comparação dos riscos quando órgãos diferentes são irradiados. A grandeza "dose efetiva" é usada para esta finalidade. Assim, a dose efetiva é considerada como o melhor indicador do risco estocástico, como por exemplo, a indução de malignidades. A dose efetiva é calculada determinando a dose equivalente para cada órgão irradiado e multiplicando por um fator de peso específico para cada órgão ou tipo de tecido. Dose Efetiva é então definida pela relação:

$$DE = \sum_T w_T H_T \quad (2.4)$$

onde  $H_T$  é a dose equivalente média no tecido ou órgão e  $w_T$  é o fator de peso do tecido,  $H_T$  é dada por:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R} \quad (2.5)$$

onde  $D_{T,R}$  é a dose absorvida média no tecido ou órgão T, para uma dada radiação R e  $w_R$  é o fator de peso da radiação.

A unidade para a dose efetiva é o Sievert (Sv), O cálculo de dose efetiva é descrito em detalhes no relatório da ICRP 60 (ICRP 1991a) e da ICRP 73 (ICRP 1996).

## 2.9 Dose nos Órgãos (DO)

A Dose no Órgão, DO é definida como a dose da radiação recebida por um órgão específico.

$$D = \frac{\epsilon_T}{m_T} \quad (2.6)$$

onde  $\epsilon_T$  é a energia total depositada no órgão ou tecido de massa  $m_T$ .

Há alguma variação na dose recebida por diferentes partes do órgão, O detalhe é descrito no relatório do Comitê 1 (ICRP 2005).

### CAPITULO 3

## REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Uma breve história da evolução da informação e da metodologia para a avaliação de doses de radiação são apresentadas no relatório de orientação de EPA (1998). Este documento contém também tabelas dos valores das doses equivalentes para vários órgãos e tecidos do corpo. Desde a década de 80, a NRPB tem conduzido estudos de dose em pacientes no Reino Unido (DARBY, *et. al.*, 1980; NRPB/RCR, 1990 e IPSM/NRPB/CoR, 1992) e publicou as recomendações para a redução das doses nos pacientes. Alguns dos principais documentos são:

- 1983-85      *National Patient Dose Survey for routine X ray examinations*
- 1990         *NRPB/RCR Patient Dose Reduction Document*
- 1992         *National Protocol for Patient Dose Measurements*
- 1993         *National Patient Dose Database*

Depois das recomendações dos documentos, vários artigos foram publicados no Reino Unido. Faulkner, *et. al.*, Manchester (1989) calcularam a Dose de Entrada na Pele (DEP) a partir dos fatores da técnica radiográfica, do rendimento do tubo de raios X e do fator de retroespalhamento. Seus resultados foram normalizados das DEP para calcular a dose de radiação nos vários órgãos críticos. Esse estudo também incluiu a investigação de vários métodos para reduzir a dose de radiação nos neonatos. Inicialmente, isto envolve uma mudança na técnica radiográfica e o uso de borracha plumbífera posicionada sobre a incubadora. A conclusão do trabalho foi que as modificações da técnica radiográfica reduziram a DEP de 92  $\mu\text{Gy}$  para 58  $\mu\text{Gy}$ , (uma redução de 37%). Posteriormente, eles introduziram o uso de uma combinação tela-filme com écrans de terras raras para substituir as telas de tungstato de cálcio que proporcionou uma redução ainda maior.

Wraith *et. al.*, (1995) avaliaram a dose de radiação recebida por crianças numa Unidade Neonatal na Maternidade de Aberdeen (Escócia). A qualidade da imagem radiográfica foi avaliada por radiologistas pediátricos que utilizaram os critérios do CEC (1992). Os seus resultados revelaram uma relação clara entre DEP e o peso do



paciente, indicando que doses de referência para crianças pudessem ser relacionadas ao peso. O PDA para exame de tórax AP foi de 12,3 mGy cm<sup>2</sup> para um sistema com filtração de 2,5 mm Al, utilizando 50 kV com sistema tela-filme de velocidade 200. Uma adição de 0,1 mm de Cu na filtração do tubo de raios X reduziu a DEP em 50%. No entanto esse procedimento não foi adotado, pois prejudicava a qualidade da imagem. O uso de substâncias químicas mais rápidas no processo de revelação, o aumento da filtração para 3,5 mm de Al e um aumento do potencial de tubo para 60 kV resultaram numa redução de 40% na DEP, com um valor médio de 37 µGy mantendo uma qualidade de imagem satisfatória.

Simpson *et. al.*, (1998) avaliaram a DEP para 364 exames de tórax com equipamento de radiografia móvel na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e 30 na enfermaria no *Aberdeen Royal Infirmary*. O resultado mostrou que as DEP para tórax na UTI eram 50% maiores que na enfermaria, sendo que os dois locais utilizavam o mesmo sistema tela-filme. A diferença na DEP foi causada pelo uso de distâncias foco-pele menores na UTI.

Lowe *et. al.*; (1999) estudaram a variação da DEP em 144 exames de tórax em neonatos em cinco localidades da região de *North West Thames*. Concluiu-se que a DEP apresentou uma variação de até 160 µGy com uma variação apreciável entre as localidades e também dentro de uma mesma instituição.

Armpilia *et. al.* (2002) em Londres, avaliaram as doses de radiação nos pacientes neonatos, nos exames de tórax e abdômen, na UTI do *Royal Free Hospital*. A DEP foi calculada de medidas executadas na própria unidade dentro do Programa de Controle de Qualidade. A DEP calculada através de parâmetros de exposição, variou de 28 a 58 µGy, com um valor médio por radiografia de 36±6 µGy, calculado de uma média de 95 exames. A DEP estimada com TLD variou de 18 a 58 µGy para 30 exames. Nos seus trabalhos, eles assumiram que os neonatos e fetos são igualmente susceptíveis a efeitos carcinogênicos da radiação, o que envolve um superestimação de risco. O risco de indução de câncer por radiação na infância (para uma radiografia) foi calculado como sendo da ordem (0.3–1.3) x 10<sup>-6</sup>. Esses resultados são próximos ao valor de referência

de DEP publicados pela CCE em 1996 (80  $\mu\text{Gy}$ ) e o valor de 50  $\mu\text{Gy}$ , publicado pelo Comitê de Proteção Radiológica Nacional (NRPB) em 2000.

Nos outros países na Europa, outros trabalhos foram publicados, como por exemplo: Ruiz *et. al.* (1991) na Espanha, que mediram as doses de radiação em pacientes em salas de raios X dedicadas à radiologia pediátrica em dois hospitais. Os exames estudados incluíram abdômen, bacia, crânio, coluna torácica, e tórax. Os pacientes foram classificados em quatro faixas etárias: 0-1 ano, 1-5 anos, 5-10 anos e 10-14 anos. Seus estudos mostraram os valores de DEP e as diferenças nos resultados para cada exame, por exemplo, nos exames de tórax para faixa etária de 0-1, 1-5, 5-10 anos, as DEP foram 270, 290, 435  $\mu\text{Gy}$  respectivamente e no crânio para mesma faixa etária, as DEP foram 2175, 2640 e 3475  $\mu\text{Gy}$  respectivamente. No ano 2000, na mesma Espanha, Geleijns *et al* mediram a DEP para três projeções frequentemente aplicadas em radiologia pediátrica em 14 hospitais. As DEP apresentaram valores de 2,5 a 4,5 abaixo dos limites da Comissão Européia. No entanto, foi observada uma variação de 3 a 10 vezes na DEP. As DE mais altas foram encontradas para pélvis e exame de abdômen de crianças de 5-anos, apresentando os valores de 26  $\mu\text{Sv}$  e 43  $\mu\text{Sv}$  respectivamente. Para outras investigações os valores médios da DE variaram de 5 a 10  $\mu\text{Sv}$ .

Gallini *et. al.* (1992) na Itália mediram as DEPs em 314 adultos e 216 crianças. Os exames foram: tórax, joelho, coluna lombar, pélvis e crânio em sete departamentos radiológicos na Província de Brescia (Itália). Grandes variações na DEP e na DO foram reportadas, tanto para adultos quanto para crianças. No ano de 2005, Compagnone, *et. al* calcularam a DE em exames de radiodiagnóstico convencional em um grande hospital italiano para pacientes adultos e pediátricos. Os valores de DEP obtidos estão consideravelmente abaixo do nível de referência italiano para todas as projeções, mas algumas variações foram notadas em alguns exames.

Papadimitriou *et. al.* (2001) Grécia estudaram a técnica radiográfica e a qualidade da imagem para três exames comuns (tórax PA, pélvis AP e coluna lombar LAT) e compararam com as recomendações dos Critérios Europeus. A DEP foi medida usando dosímetros termoluminescentes de LiF. As DE foram calculadas usando um

programa de Monte Carlo. O resultado obtido mostrou doses abaixo dos níveis de referência europeus, mas com uma diferença de um fator de 3 entre as diferentes salas de raios X. Também, Gogos, *et. al.* (2003) mediram a dose de entrada na pele em vários exames radiológicos em um grande hospital pediátrico na Grécia. As DE foram calculadas através da DEP medidas usando coeficientes de conversão apropriados. Foi informado que os valores de DEP ficaram bem abaixo do nível de referência para todos os exames estudados, com exceção do tórax, devido ao baixo potencial do tubo e filtração inadequada.

O trabalho de Aroua *et al* (2004) na Suíça estabeleceu um nível de referência diagnóstica (NRD) para vários tipos de exames executados em diagnóstico e radiologia intervencionista. As doses para 257 tipos de exames radiológicos foram estabelecidas durante o ano de 1998.

Ziliukas e Morkunas (2005) realizam estudo com o objetivo de estabelecer o nível de referência na Lituânia. A pesquisa utilizou TLDs. Os resultados demonstraram que os níveis de referência diagnósticos lituanos estão próximos aos níveis da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) e da Comissão da Comunidade Européia.

Bogucarskis *et. al.*, (2005) na Letônia, em seus estudos trataram da estimativa das doses recebidas por pacientes que são submetidos a exames radiológicos em vários hospitais para estabelecer níveis de referência de dose na Letônia. As medidas utilizaram TLDs calibrados e fixados à pele do paciente. Foi constatada uma grande discrepância nas doses nos pacientes e nas técnicas radiográficas entre hospitais. As DEP encontradas foram maiores do que as da CEC.

Le Heron *et. al.* (1994) na Nova Zelândia, tentaram estabelecer os níveis de referência através de um laboratório nacional de radiação para procedimentos específicos de radiografia, com o objetivo de que a dose para um paciente padrão em qualquer estabelecimento médico na Nova Zelândia não deveria, sob circunstâncias normais, exceder esse limite. A Dose Efetiva (DE) foi escolhida por estes autores como a grandeza mais apropriada para avaliar essas doses.

NG, K-H *et. al.*, (1998) na Malásia avaliaram as DEP recebidas pelos pacientes para sete tipos de exames de raios X em 12 projeções usando TLDs. Os seus resultados foram comparáveis com dados do Reino Unido (SHRIMPION *et. al.*, 1986), E.U.A. (CRCPD/CDRH, 1992) e da Agência Internacional de Energia Atômica, 1996 (International Atomic Energy Agency, IAEA).

Begum (2001) em Bangladesh mediu as DEPs para exames de raios X mais comuns, como tórax PA, coluna AP, coluna LAT, crânio AP, crânio LAT e pélvis AP em quatro hospitais de Dhaka. As Doses nos Órgãos para os 29 órgãos do corpo e a DE foram calculadas usando os valores da DEP. As DO e as DE foram calculadas usando o programa XDOSE baseado no método de Monte Carlo. Foi observado que a variação da DEP era muito grande. A relação entre os valores máximo e mínimo da DEP variou entre 4.8 e 35.9  $\mu\text{Gy}$ . Por conseguinte, a variação da DO também foi grande para o mesmo tipo de exame de raios X e na mesma instituição. As DE foram determinadas e comparadas com as DE de alguns outros países. Na maioria dos casos, foi encontrado que as DE medidas eram mais baixas que as DE de outros países.

Muhogora *et. al.* (2001) investigaram a possibilidade de reduzir a dose em pacientes de radiodiagnóstico nos cinco principais hospitais da Tanzânia. O potencial de redução de doses em exames de tórax PA foi de 15% a 50%. Para abdômen AP e pélvis AP, as reduções de dose variaram de 24% a 73% e de 25% a 72% respectivamente. As reduções de dose para coluna lombar AP e projeções de LAT variaram de 4% a 58% e de 16% a 77% respectivamente. As medidas de redução utilizadas nos seus trabalhos incluíram redução da mAs, aumento da velocidade do sistema tela-filme, da kV e da filtração. A maioria das radiografias obtidas depois da implementação de medidas de redução de dose foi de boa qualidade e útil para diagnóstico, de acordo com a opinião dos radiologistas.

Ono *et. al.* (2003) no Japão investigaram a frequência e tipo de exames de raios X em neonatos, classificados de acordo com o peso em uma UTI neonatal. No seu estudo, foram incluídos 2408 neonatos que foram admitidos na UTI do hospital Oita Prefectural entre janeiro de 1994 e de setembro 1999. O estudo revelou que os neonatos com pouca idade gestacional e com baixo peso ao nascer necessitaram ficar mais tempo

internados na UTI e fizeram mais exames utilizando equipamento transportável. O número médio de exames de raios X executado em neonatos com menos de 750 g ao nascer, foi de 26 filmes por neonato. Com respeito à tomografia computadorizada e à fluoroscopia, nenhuma relação significativa foi encontrada entre o peso ao nascer e o número de exames. O estudo revelou que a DEP por neonato era dependente no peso ao nascer, enquanto que a dose máxima não era dependente do peso ao nascer.

Brindhaban e Al-Khalifah (2004) no Kuwait calcularam a DEP e a DE para crianças prematuras em três UTI para três exames radiográficos: abdômen, tórax e crânio. Para isso foi utilizado um simulador radiográfico de água. A DEP variou entre 58 e 102  $\mu\text{Gy}$  para radiografias abdominais, entre 51-102  $\mu\text{Gy}$  para tórax e entre 58-145  $\mu\text{Gy}$  para exames de crânio. Os valores da DE para abdômen, tórax e crânio variaram entre 36-46, 20-36 e 8-18  $\mu\text{Sv}$  por exame, respectivamente.

No Brasil, Freitas *et. al.* (2004) utilizaram um sistema de avaliação com kit postal e avaliaram a DEP de tórax no Estado de São Paulo. Um total de 917 valores de DEP foi medido, correspondendo a 588 pacientes e 74 salas de exame. A DEP para pacientes foi analisada de acordo com peso e idade e foram observadas variações grandes nesses valores. Num trabalho prévio dos mesmos autores (2003), um simulador antropomórfico foi irradiado para simular o paciente. Doses absorvidas foram determinadas com TLDs colocados externa e internamente no simulador. Os valores médios da DEP em PA e LAT foram 0.22 mGy (de 0.07 a 0.61 mGy) e 0.98 mGy (de 0.30 a 4.01 mGy), respectivamente. A DO para um exame completo (PA e LAT) foi 0.15 e 0.24 mGy para a tiróide e o pulmão, respectivamente.

## CAPITULO 4

### MATERIAL E MÉTODO

#### 4.1 Critérios de Seleção

Este trabalho de pesquisa focaliza adultos e crianças entre 0 e 15 anos de idade classificados em 4 faixas etárias de 0 - 1, 1 - 5, 5 - 10, 10 - 15 anos. Cinco áreas principais serão investigadas neste trabalho de pesquisa:

1. Cálculos das DEP e DE em função das faixas etárias dos pacientes pediátricos usando equipamentos fixos.
2. Cálculos da DO em pacientes pediátricos.
3. A frequência de exames por raios X e as doses de radiação nos bebês classificados de acordo com o peso ao nascer na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) usando equipamentos transportáveis (móveis).
4. Cálculo das DEP e DE em pacientes adultos.
5. Cálculo das DO em pacientes adultos.

A primeira parte da avaliação no pacientes pediátricos incluiu de dois hospitais: o Hospital Municipal Jesus e o Instituto Fernandes Figueira, da Fundação Oswaldo Cruz. Esses hospitais serão chamados aleatoriamente de A e B. A DEP e a DE foram avaliadas exames de para tórax, crânio, abdômen, coluna lombar, coluna cervical e pélvis nas projeções AP, PA e LAT.

A segunda parte do trabalho avaliou a frequência de exames radiográficos, a DEP e a DE fornecidas aos pacientes durante procedimentos de radiológica pediátrica com o uso de equipamentos de radiografia transportáveis na Unidade de Terapia Intensiva (UTI). Três setores da UTI foram incluídos na pesquisa, são eles: Berçário Alto Risco (BAR), 1ª Enfermaria (1ª ENF) e Unidade de Pacientes Graves (UPG). Os exames são para bebês e crianças com infecções tais como infecção de Sistema Nervoso Central (SNC) e infecções respiratórias, que exigem o uso de equipamentos de radiografia móveis, para evitar o transporte de crianças ao Departamento de Radiologia do hospital.

Para se obter uma estimativa dos valores médios de DEP, foram feitas medidas em pacientes adultos (mais de 15 anos de idade) em uma amostra representativa de pacientes, com um peso médio de 66 kg (45-94 kg).

Foram selecionados os hospitais listados abaixo para o trabalho de pesquisa porque eles são hospitais públicos e privados que atendem ao Sistema Único de Saúde (SUS) com número grande de pacientes, que atendem a uma grande porcentagem da população do Estado de Rio de Janeiro. Esses hospitais foram recomendados pelo Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado de Saúde, Rio de Janeiro (CVS-SES-RJ) pois são hospitais que representam centros regionais do Estado (Angra dos Reis, Cabo Frio, Campos, Niterói, Rio de Janeiro e Itaperuna).

- Hospital Geral de Bonsucesso, Rio de Janeiro;
- Instituto Fernandes Figueira IFF-FIOCRUZ, Rio de Janeiro (adultos e pediátricos);
- Hospital Municipal Jesus, Rio de Janeiro;
- Hospital Municipal Miguel Couto, Rio de Janeiro;
- Instituto de Pesquisas Clinicas Evandro Chagas IPEC-FIOCRUZ, Rio de Janeiro;
- Hospital Universitário Antonio Pedro - UFF, Niterói;
- Hospital São José Operário, Cabo Frio;
- Santa Casa de Misericórdia de Angra dos Reis;
- Santa Casa de Misericórdia de Campos;
- Hospital São José do Avaí, Itaperuna.

No total, 1085 radiografias para pacientes pediátricos nas salas de raios X, 621 na UTI e 2096 radiografias para pacientes adultos foram estudadas.

#### **4.2 Avaliação do rendimento dos aparelhos de raios X**

Para cada aparelho de raios X, em cada hospital selecionado, foi feita a avaliação do rendimento a 10mAs e uma distância de 1m, utilizando câmaras de ionização calibradas – Nero 8000-Inovision e a Radcheck Plus 06-526. Os resultados foram

armazenados no programa DoseCal. O total de aparelhos de raios X utilizados para este trabalho foi de 21 fixos e 3 móveis, todos de radiologia convencional e com mais de 10 anos de uso. Os equipamentos móveis incluíam MEDIROL - Medisor, FNX 90 CTI e FNX 85, enquanto os equipamentos fixos foram das marcas Siemens, modelo RG 150/100GL, Intecal CR 125, CGR, Dinan AF 500, Medisor R-3 DR 154-3, General Electric, RORIX DR 154-3 e Philips.

O Anexo 2 exemplifica a ficha usada para calibração dos equipamentos. No Anexo 3 encontra-se um exemplo de relatório que é feito para cada hospital ao avaliar o desempenho dos equipamentos de raios X.

Deve ser esclarecido que os dados foram obtidos com os equipamentos na situação em que se encontravam para que refletissem a realidade dos hospitais avaliados. No entanto, após cada avaliação, um relatório completo foi fornecido a cada um dos hospitais chamando a atenção dos responsáveis sobre as situações de não conformidade e o que deveria ser feito para melhorar o desempenho desses equipamentos.

#### **4.3 O Procedimento de Coleta de Dados**

A primeira parte da coleta de dados consistiu em obter as características dos pacientes: idade, sexo e peso. No caso de hospitais com mais de uma sala de exame, o número da sala também era anotado. As informações foram registradas conforme o formulário no Anexo 4. Os pacientes foram identificados por números, a fim de garantir o anonimato. O Anexo 5 mostra o exemplo do formulário utilizado nos setores da UTI.

A segunda parte da coleta de dados consistiu em anotar a técnica radiográfica utilizada em cada exame. Os exames estudados foram: crânio, ombro, abdômen, tórax, coluna cervical, coluna torácica, coluna lombar e pelve com projeções AP (ântero-posterior), PA (póstero-anterior) e LAT (lateral). As técnicas radiográficas incluem o potencial de tubo (kV); o produto da corrente pelo tempo de exposição (mAs) e a Distância Foco-Pele (DFP) em cm.



No processo de levantamento de dados, foi necessário estar presente nas salas de exames, pois nem sempre era possível contar com a colaboração dos técnicos no preenchimento da ficha de coleta de dados.

Todos os hospitais selecionados para este trabalho são públicos e privados, com mais de 80 leitos e atendimento médio de pelo menos 50 pacientes por dia no setor de Radiologia.

As amostras coletadas foram obtidas durante os seguintes períodos:

- Hospital Geral de Bonsucesso, Rio de Janeiro – 4 meses;
- Instituto Fernandes Figueira IFF-FIOCRUZ, Rio de Janeiro (adultos e pediátricos) – 4 meses;
- Hospital Municipal Jesus, Rio de Janeiro – 4 meses;
- Hospital Municipal Miguel Couto, Rio de Janeiro – 4 meses;
- Instituto de Pesquisas Clinicas Evandro Chagas IPEC-FIOCRUZ, Rio de Janeiro – 3 meses;
- Hospital Universitário Antonio Pedro - UFF, Niterói – 3 meses;
- Hospital São José Operário, Cabo Frio – 1 semana;
- Santa Casa de Misericórdia de Angra dos Reis - 2 meses;
- Santa Casa de Misericórdia de Campos -1 semana;
- Hospital São José do Avaí, Itaperuna – 1 mês.

#### **4.4 Avaliando Doses em Pacientes usando um Programa Computacional**

Neste trabalho de pesquisa, o programa DoseCal está sendo usado; o programa é rápido e permite processar grandes volumes de dados. O programa foi especialmente desenvolvido para avaliar a DEP, a DO e a DE que os pacientes recebem quando são submetidos aos exames radiológicos mais comuns. O DoseCal foi desenvolvido no Radiological Protection Center do Saint George's Hospital em Londres e generosamente cedido para este trabalho de pesquisa. Em trabalho anterior (MOHAMADAIN, *et. al.*, 2003) foi testada a validade/eficiência desse programa, que demonstrou grau de confiabilidade maior que 90%.

Os exames disponíveis são listados na NRPB-SR262 (Hart *et. al.* 1994) (adulto) e NRPB-SR279 (Hart *et. al.* 1996) (pediátrico). Estes relatórios do software, publicados pelo Comitê Nacional da Proteção Radiológica (National Radiation Protection Board, NRPB) no Reino Unido contêm os coeficientes de conversão que são aplicados às DEPs calculadas e aos valores medidos de PDA para gerar as DO e DE para adultos e crianças. Os coeficientes da conversão são gerados por simulações de Monte Carlo em simuladores matemáticos. Para que o programa funcione adequadamente, é necessário fornecer o rendimento do tubo de raios X em mGy/mAs, o qual pode ser facilmente obtido utilizando-se uma câmara de ionização devidamente calibrada. Uma vez conhecidos os valores do rendimento, a corrente, a quilovoltagem, o tempo de exposição e a Distância Foco-Pele (DFP), a fórmula (5) fornecerá a DEP (DAVIES *et. al.*, 1997).

$$DEP = RENDIMENTO \times \left(\frac{kV}{80}\right)^2 \times \left(\frac{100}{DFP}\right)^2 \times mAs \times FRE$$

Onde RENDIMENTO é o valor obtido em mGy/mAs, do tubo de raios X a 80kV e na distância de 1m, normalizado para 10 mAs, kV é o potencial aplicado ao tubo (em quilovolts), mAs é o produto da corrente pelo tempo de exposição, a DFP está em cm e FRE é o fator de retroespalhamento.

As Figuras 4.1 e 4.2 mostram a tela de entrada de dados do DoseCal e os parâmetros de calibração respectivamente. A Figura 4.3 mostra a curva de calibração de kV e as doses correspondentes.

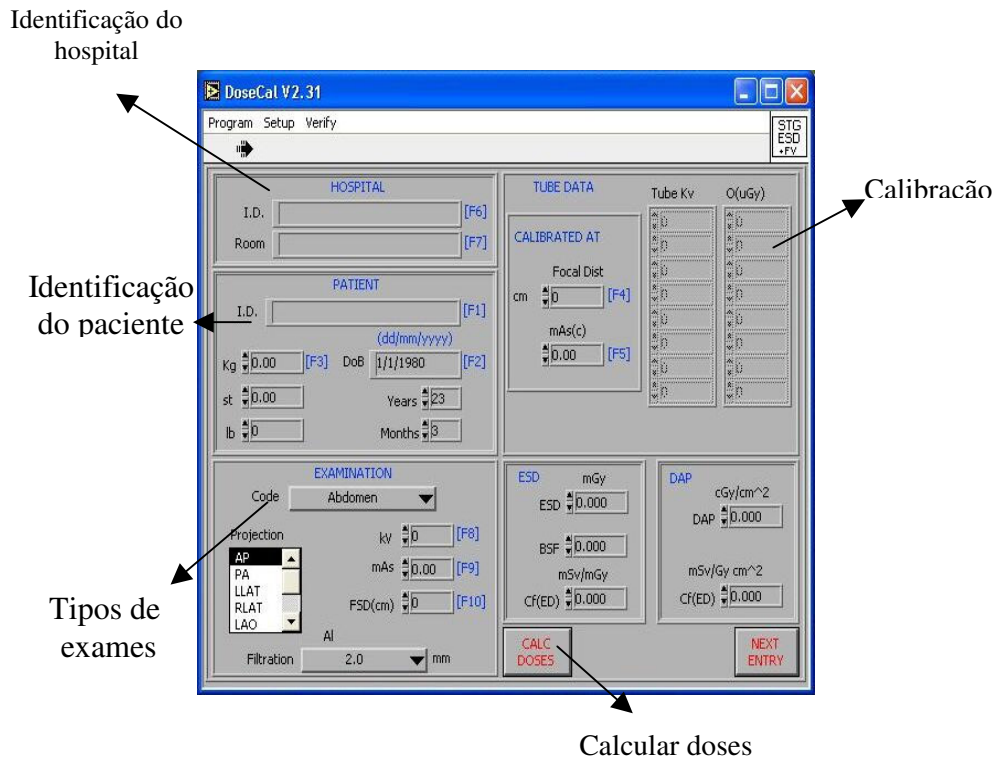


Figura 4.1: Tela de entrada de dados do programa DoseCal

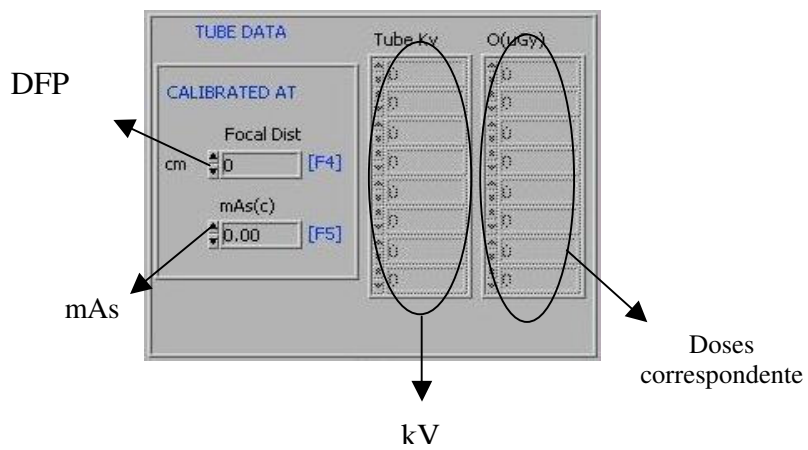
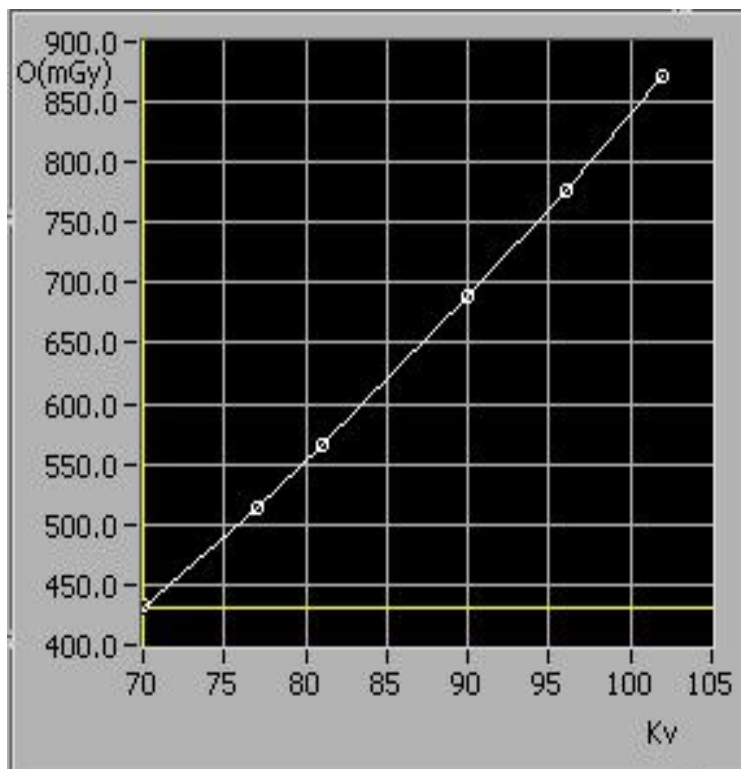


Figura 4.2: Tela com os parâmetros de calibração



**Figura 4.3:** Curva dos valores da dose (mGy) em função de tensão (DoseCal User Manual, 2001).

Quando a página da entrada de dados estiver completa, o usuário pressiona o botão CALC DOSES, para ser apresentada a DEP e a DE. A DEP é calculada usando as correções das escalas aplicadas aos dados originais da saída do tubo e aos fatores de retroespalhamento selecionados dos relatórios do NRPB. No DoseCal a dose efetiva é calculada dos valores da DEP calculada aplicando os coeficientes da conversão. A Figura 4.4 mostra a página dos resultados do DoseCal. O usuário pode então gerar a lista das DO pressionando o botão “VIEW ORGAN DOSES”. A Figura 4.5 mostra a página da DO.

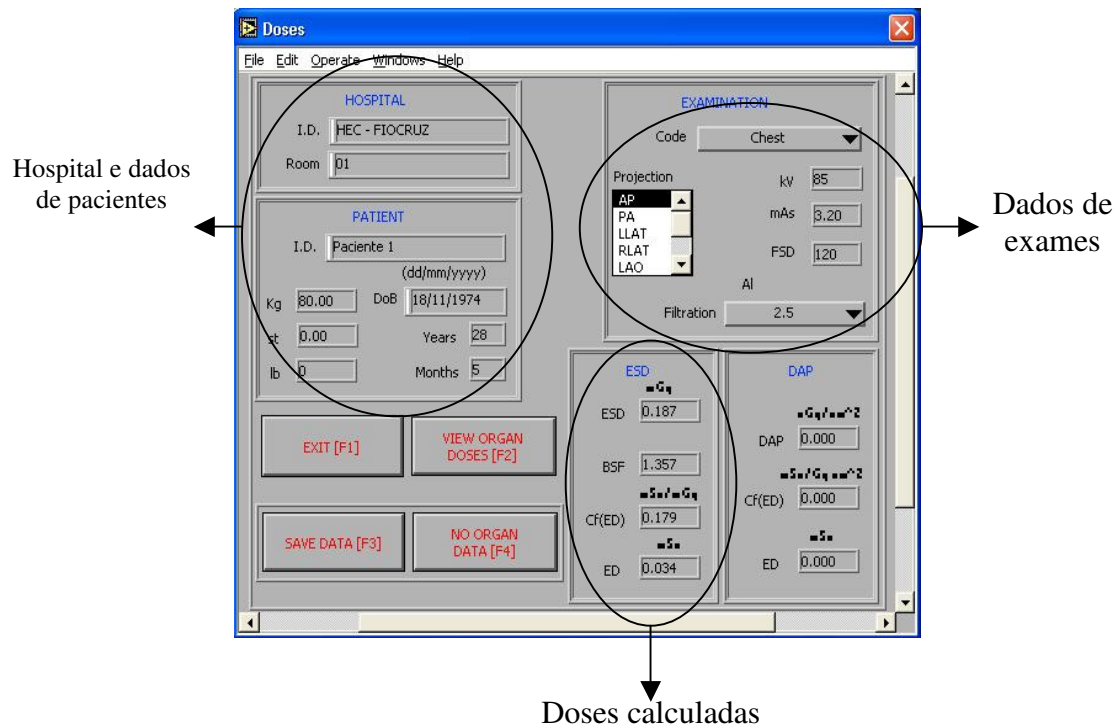


Figura 4.4: Tela do DoseCal resultados

The screenshot shows the 'Organ Doses' software window with a table of Mean Absorbed Dose (mGy) for various organs. The table has three columns: Organ Name, ESD, and DAP. An 'EXIT (F1)' button is visible in the top right corner.

Organ	ESD	DAP
Adrenals	2.711E-1	0.000E+0
Brain	0.000E+0	0.000E+0
Breasts	2.100E-2	0.000E+0
Eye lenses	0.000E+0	0.000E+0
Gall bladder	2.145E+0	0.000E+0
Stomach	2.171E+0	0.000E+0
Small intestine	1.788E+0	0.000E+0
Upper large intestine	2.171E+0	0.000E+0
Lower large intestine	1.443E+0	0.000E+0
Heart	7.021E-2	0.000E+0
Kidneys	3.848E-1	0.000E+0
Liver	1.196E+0	0.000E+0
Lungs	4.934E-2	0.000E+0
Ovaries	1.391E+0	0.000E+0
Pancreas	9.426E-1	0.000E+0
Skin	4.433E-1	0.000E+0
Spleen	5.421E-1	0.000E+0
Testicles	2.607E-1	0.000E+0
Thymus	9.231E-3	0.000E+0
Thyroid	0.000E+0	0.000E+0
Urinary bladder	2.906E+0	0.000E+0
Uterus	1.820E+0	0.000E+0
Esophagus	6.696E-2	0.000E+0
Residual tissues	5.909E-1	0.000E+0
Head region	0.000E+0	0.000E+0
Trunk region	9.361E-1	0.000E+0
Leg region	3.926E-2	0.000E+0
Skeleton	3.120E-1	0.000E+0
Active(red) marrow	2.282E-1	0.000E+0

Figura 4.5: Tela de cálculo das Doses nos Órgãos

A fim de analisar as doses da radiação, os dados fornecidos do programa DoseCal tiveram que ser convertidos e processados usando programas estatísticos, Microsoft Excel e/ou Microcal Origin.

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho de pesquisa, os resultados apresentados referem-se a estudos de dosimetria em dois hospitais de pacientes pediátricos, três setores na UTI e nove hospitais para pacientes adultos. Os resultados obtidos nos hospitais pediátricos e de adultos são apresentados, assim como a comparação das médias da DEP, DE e DO entre exames de raios X mais comuns. As comparações dos fatores técnicos e parâmetros dos pacientes também são apresentados para todos os hospitais estudados.

#### 5.1 Doses em Pacientes Pediátricos

Os resultados das doses pediátricas estão divididos em duas partes, a primeira parte é o resultado obtido dos exames em salas que usam os equipamentos de radiografia fixos e a segunda refere-se ao resultado do estudo nas Unidades de Terapia Intensiva (UTI) de um dos hospitais onde são utilizados equipamentos transportáveis.

A Tabela 5.1.1 apresenta os dados estatísticos para a DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) para exames de tórax, crânio, pelve e abdômen nas projeções AP, PA e LAT no hospital A, com um total de 653 exames. Os parâmetros estatísticos mais importantes apresentados são: média, mínimo, 1<sup>o</sup> quartil, 3<sup>o</sup> quartil, máximo, desvio padrão (DP), mediano e número de exames. Os dados ausentes aparecem como (\*\*), pois para algumas faixas etárias, esse tipo particular de projeção não é usado/apropriado. Foram detectadas variações significativas no valor médio da DEP.

Similarmente, a Tabela 5.1.2 apresenta os dados estatísticos do hospital B, para exames de tórax, crânio, coluna lombar, abdômen e coluna cervical nas projeções AP, PA e LAT, num total de 432 exames. Para os exames comuns aos dois hospitais, observou-se que os valores médios da dose são bastante diferentes. Para tórax, a maior

diferença foi observada no grupo de idade 0-1 para a projeção LAT. O hospital A apresentou um valor de 105  $\mu\text{Gy}$  enquanto que o hospital B apresentou um valor de 190  $\mu\text{Gy}$ . Uma diferença maior foi observada no grupo de idade 5-10 anos para exames de abdômen e de crânio sendo que o hospital A apresenta os valores mais elevados, 1238 e 2041  $\mu\text{Gy}$  respectivamente, quando comparados aos valores de 308 e 754  $\mu\text{Gy}$  no hospital B. Nos exames de crânio, foram observadas diferenças para quase todos os grupos e projeções em todas as faixas etárias.

Comparando os valores médios de DEP ao nível de referência diagnóstico da Tabela 5.1.3 (NRPB 2000), para os grupos de idade 0-1 e 1-5 anos, o hospital B apresentou valores mais altos (67 e 77  $\mu\text{Gy}$ ) respectivamente do que valor de referência (50 e 70  $\mu\text{Gy}$ ) em exame de tórax AP enquanto nenhuma faixa etária apresentou valores acima do valor de referência para a projeção PA. Na projeção LAT de exame de crânio para as faixas etárias de 1-5 e 5-10 anos os valores das médias das DEPs (979 e 915  $\mu\text{Gy}$ ), respectivamente, são mais elevados que o nível de referência de 800  $\mu\text{Gy}$ . Todos valores médios de DEP para projeções AP/PA de crânio estão abaixo do nível de referência. No hospital A todos os resultados para o crânio apresentaram valores mais elevados quando comparados ao nível de referência, à exceção do grupo de idade 1-5 anos (projeção LAT), assim como no exame de abdômen. Os exames de pelve para 0-1, 1-5 e 5-10 anos de idade apresentaram também valores mais elevados (513, 797, 1286  $\mu\text{Gy}$ ) do que os níveis de referência de 500, 600 e 700  $\mu\text{Gy}$  respectivamente.

A Tabela 5.1.4 apresenta os dados estatísticos dos parâmetros radiográficos (quilovoltagem e mAs) e dados dos pacientes para as projeções AP, PA e LAT de tórax, crânio, pelve e abdômen para o hospital A.

A Tabela 5.1.5 apresenta dados equivalentes para o hospital B. Outra vez, pode-se observar que uma grande variação entre as técnicas radiográficas foi encontrada.

Com respeito aos resultados da DE ( $\mu\text{Sv}$ ), as maiores discrepâncias encontradas foram para o exame de abdômen na projeção do AP para a faixa 5-10 anos de idade. No hospital B o valor foi de 51  $\mu\text{Sv}$  quando que no hospital A foi 212  $\mu\text{Sv}$ .



Com respeito à DO, os resultados podem ser vistos nas Tabelas 5.1.6 e 5.1.7, as quais apresentam os resultados dos hospitais A e B respectivamente. As mamas e o timo apresentaram os valores de exposição mais altos quando foram realizados exames de tórax, enquanto que, em exames de abdômen e crânio, o estômago e o cristalino foram os órgãos mais expostos. Para os exames de coluna lombar e pelve, os órgãos mais expostos foram a bexiga e os testículos, respectivamente.

As Figuras 5.1.1, 5.1.2 e 5.1.3 mostram as figuras do tipo *Box & Whiskers plots* de DEP, kV (Figuras 5.1.1a, 5.1.2a e 5.1.3a) e mAs (Figuras 5.1.1b, 5.1.2b e 5.1.3b) (usando programa Statistica) para alguns exames comuns ao dois hospitais para pacientes pediátricos. A figura ilustra a mediana, os *outliers* e os extremos na “caixa clássica” onde o valor superior da caixa representa os 75% e o valor mais baixo da caixa representa os 25%. O coeficiente de *outliers* é igual a 1.5.

**Tabela 5.1.1:** DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) para as quatro faixas etárias e exames no hospital A.

Idade (anos)	0-1			1-5			5-10			10-15	
	AP	PA	LAT	AP	PA	LAT	AP	PA	LAT	AP	PA
<b>Exames</b>	<b>Tórax</b>										
<b>DEP (<math>\mu\text{Gy}</math>)</b>											
<b>Media</b>	52	**	105	63	56	104	64	90	158	**	112
<b>Mínimo</b>	20	**	52	27	40	59	39	35	73	**	54
<b>1<sup>o</sup> Quartil</b>	41	**	76	48	45	81	53	54	92	**	66
<b>3<sup>o</sup> Quartil</b>	56	**	158	66	67	118	73	101	167	**	119
<b>Maximo</b>	161	**	190	393	85	232	110	360	452	**	304
<b>DP</b>	14	**	53	18	11	28	15	36	73	**	49
<b>Mediana</b>	4	**	75	53	51	93	55	77	119	**	92
<b>No de exames</b>	36	**	7	91	21	35	11	41	9	**	14
<b>DE (<math>\mu\text{Sv}</math>)</b>	9	**	13	9	6	11	9	11	15	**	12
<b>Exames</b>	<b>Crânio</b>										
<b>DEP (<math>\mu\text{Gy}</math>)</b>											

<b>Media</b>	1203	**	**	1609	**	585	2041	2069	834	2554	**
<b>Mínimo</b>	594	**	**	132	**	92	718	1343	171	1620	**
<b>1<sup>0</sup> Quartil</b>	1032	**	**	1340	**	482	1552	1530	534	2410	**
<b>3<sup>0</sup> Quartil</b>	1400	**	**	1900	**	676	2467	2270	904	2960	**
<b>Maximo</b>	1740	**	**	3440	**	1440	3970	3570	2110	3500	**
<b>DP</b>	287	**	**	381	**	175	593	802	384	612	**
<b>Mediana</b>	1100	**	**	1620	**	580	1835	1779	723	2530	**
<b>No de exames</b>	8	**	**	130	**	40	61	7	21	7	**
<b>DE (µSv)</b>	46	**	**	28	**	11	24	20	11	27	**
<b>Exames</b>	<b>Pelve</b>										
<b>DEP (µGy)</b>											
<b>Media</b>	513	**	**	797	**	**	1286	**	**	1816	**
<b>Mínimo</b>	96	**	**	342	**	**	447	**	**	942	**
<b>1<sup>0</sup> Quartil</b>	388	**	**	605	**	**	938	**	**	1070	**
<b>3<sup>0</sup> Quartil</b>	517	**	**	880	**	**	1660	**	**	2450	**
<b>Maximo</b>	895	**	**	2240	**	**	2290	**	**	3580	**
<b>DP</b>	134	**	**	218	**	**	439	**	**	702	**
<b>Mediana</b>	494	**	**	732	**	**	1155	**	**	1415	**
<b>No de exames</b>	16	**	**	28	**	**	29	**	**	17	**
<b>DE (µSv)</b>	88	**	**	104	**	**	138	**	**	174	**
<b>Exames</b>	<b>Abdômen</b>										
<b>DEP (µGy)</b>											
<b>Media</b>	**	**	**	714	**	**	1238	**	**	**	**
<b>Mínimo</b>	**	**	**	172	**	**	887	**	**	**	**
<b>1<sup>0</sup> Quartil</b>	**	**	**	526	**	**	1050	**	**	**	**
<b>3<sup>0</sup> Quartil</b>	**	**	**	83	**	**	1420	**	**	**	**
<b>Maximo</b>	**	**	**	1440	**	**	1720	**	**	**	**
<b>DP</b>	**	**	**	209	**	**	252	**	**	**	**
<b>Mediana</b>	**	**	**	729	**	**	1070	**	**	**	**
<b>No de exames</b>	**	**	**	16	**	**	8	**	**	**	**
<b>DE (µSv)</b>	**	**	**	125	**	**	212	**	**	**	**

**Tabela 5.1.2:** DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) para as quatro faixas etárias e exames no hospital B.

Idade (anos)	0-1			1-5			5-10			10-15	
	AP	PA	LAT	AP	PA	LAT	AP	PA	LAT	AP	PA
<b>Exames</b>	<b>Tórax</b>										
<b>DEP (<math>\mu\text{Gy}</math>)</b>											
<b>Media</b>	67	**	190	77	32	109	79	62	113	**	83
<b>Mínimo</b>	13	**	33	17	17	27	32	31	39	**	39
<b>1<sup>o</sup> Quartil</b>	25	**	42	38	26	58	38	31	62	**	42
<b>3<sup>o</sup> Quartil</b>	102	**	294	78	39	109	123	87	178	**	91
<b>Maximo</b>	227	**	682	648	53	785	174	136	249	**	165
<b>DP</b>	46	**	179	40	9	64	42	28	56	**	33
<b>Mediana</b>	43	**	55	63	34	73	58	64	90	**	80
<b>No de exames</b>	22	**	11	51	11	44	17	11	18	**	6
<b>DE (<math>\mu\text{Sv}</math>)</b>	12	**	26	12	3	13	11	6	11	**	6
<b>Exames</b>	<b>Crânio</b>										
<b>DEP (<math>\mu\text{Gy}</math>)</b>											
<b>Media</b>	597	**	**	736	**	979	754	**	915	812	**
<b>Mínimo</b>	92	**	**	213	**	552	76	**	102	376	**
<b>1<sup>o</sup> Quartil</b>	281	**	**	438	**	879	508	**	566	467	**
<b>3<sup>o</sup> Quartil</b>	985	**	**	1110	**	1095	1080	**	1450	1067	**
<b>Maximo</b>	1202	**	**	1540	**	1320	1440	**	1550	1350	**
<b>DP</b>	368	**	**	344	**	209	309	**	443	323	**
<b>Mediana</b>	522	**	**	573	**	965	679	**	758	725	**
<b>No de exames</b>	11	**	**	37	**	8	38	**	11	11	**
<b>DE (<math>\mu\text{Sv}</math>)</b>	30	**	**	12	**	22	8	**	12	6	**
<b>Exames</b>	<b>Coluna Lombar</b>										
<b>DEP (<math>\mu\text{Gy}</math>)</b>											
<b>Media</b>	**	**	**	335	**	**	843	**	**	**	**
<b>Mínimo</b>	**	**	**	4	**	**	219	**	**	**	**
<b>1<sup>o</sup> Quartil</b>	**	**	**	141	**	**	698	**	**	**	**
<b>3<sup>o</sup> Quartil</b>	**	**	**	492	**	**	988	**	**	**	**
<b>Maximo</b>	**	**	**	1229	**	**	1455	**	**	**	**
<b>DP</b>	**	**	**	300	**	**	284	**	**	**	**
<b>Mediana</b>	**	**	**	155	**	**	858	**	**	**	**
<b>No de exames</b>	**	**	**	7	**	**	8	**	**	**	**
<b>DE (<math>\mu\text{Sv}</math>)</b>	**	**	**	28	**	**	65	**	**	**	**

Exames	Abdômen										
DEP ( $\mu\text{Gy}$ )											
Media	242	**	**	277	**	**	308	**	**	454	**
Mínimo	81	**	**	114	**	**	129	**	**	138	**
1 <sup>o</sup> Quartil	151	**	**	228	**	**	207	**	**	376	**
3 <sup>o</sup> Quartil	241	**	**	324	**	**	383	**	**	513	**
Maximo	900	**	**	426	**	**	660	**	**	1004	**
DP	93	**	**	71	**	**	128	**	**	187	**
Mediana	218	**	**	301	**	**	245	**	**	411	**
No de exames	17	**	**	28	**	**	16	**	**	7	**
DE ( $\mu\text{Sv}$ )	53	**	**	50	**	**	51	**	**	61	**
Exames	Coluna Cervical										
DEP ( $\mu\text{Gy}$ )											
Media	**	**	**	351	**	**	485	**	**	**	**
Mínimo	**	**	**	36	**	**	123	**	**	**	**
1 <sup>o</sup> Quartil	**	**	**	83	**	**	282	**	**	**	**
3 <sup>o</sup> Quartil	**	**	**	572	**	**	572	**	**	**	**
Maximo	**	**	**	1250	**	**	1327	**	**	**	**
DP	**	**	**	245	**	**	236	**	**	**	**
Mediana	**	**	**	251	**	**	378	**	**	**	**
No de exames	**	**	**	29	**	**	13	**	**	**	**
DE ( $\mu\text{Sv}$ )	**	**	**	15	**	**	21	**	**	**	**

**Tabela 5.1.3:** Níveis de Referência para Radiodiagnóstico Pediátrico -  $\mu\text{Gy}$  (NRPB 2000)

Exames	1-ano	5-anos	10-anos	15-anos
AP/PA Tórax	50	70	120	xx
PA/PA Crânio	800	1100	1100	1100
LAT Crânio	500	800	800	800
AP Pelve	500	600	700	2000
AP Abdômen	400	500	800	1200

**Tabela 5.1.4:** Tratamento estatístico dos dados dos pacientes para projeção AP de tórax, crânio, pelve e abdômen no hospital A.

	0-1				1-5				5-10				10-15			
	Idade (m)	Peso (kg)	kV	mAs	Idade (anos)	Peso (kg)	kV	mAs	Idade (anos)	Peso (kg)	kV	mAs	Idade (anos)	Peso (kg)	kV	mAs
<b>Tórax</b>																
Media	5,2	6,1	54	1,8	2,3	12,3	55	2,0	6,7	17,9	58	2,0	**	**	**	**
Mínimo	1,0	3,0	44	1,3	1,0	3,0	48	1,3	5,1	11,0	55	1,3	**	**	**	**
1 <sup>o</sup> Quartil	3,0	4,0	50	1,3	1,6	10,0	52	1,4	5,1	15,0	55	1,3	**	**	**	**
3 <sup>o</sup> Quartil	8,0	8,0	57	2,0	3,0	14,4	59	2,5	8,0	21,0	57	2,5	**	**	**	**
Maximo	9,0	12,0	62	3,2	5,0	31,0	63	6,4	10,0	24,0	73	3,2	**	**	**	**
DP	2,9	2,4	4,4	0,5	1,2	4,1	3,6	0,8	1,8	4,1	6	0,7	**	**	**	**
Mediana	5	5,0	55	1,6	2,0	12,0	55	1,6	6,1	17,5	55	1,8	**	**	**	**
No de exames	36	36	36	36	91	91	91	91	11	11	11	11	**	**	**	**
<b>Crânio</b>																
Media	7,6	8,8	64	12,9	2,4	14,2	68	16,8	7,2	25,4	68	19,8	11,7	38,0	71	23,0
Mínimo	3,0	6,0	57	9,0	1,0	7,0	55	5,0	5,1	11,0	55	8,0	11,0	23,0	66	18,0
1 <sup>o</sup> Quartil	7,0	8,0	63	12,5	1,6	11,0	66	14,0	5,2	20,0	66	16,0	12,0	30,0	70	18,0
3 <sup>o</sup> Quartil	9,0	10,0	66	14,0	3,0	16,0	70	20,0	8,0	51,0	70	25,0	12,1	59,0	73	32,0
Maximo	9,0	11,0	68	16,0	4,1	31,0	77	32,0	10,0	53,0	73	36,0	12,1	59,0	77	32,0
DP	2,1	2,0	4	2,3	0,96	4,4	4	4,6	1,5	9,4	4	5,2	0,5	15,3	4	6,4
Mediana	8,0	9,0	65	14,0	2,1	14,0	68	16,0	7	23,0	68	18,0	12,0	33,0	70	19,0
No de exames	8	8	8	8	130	130	130	130	61	61	61	61	7	7	7	7
<b>Pelve</b>																
Media	4,0	5,3	53	11,1	3,0	12,9	58	12,9	8,1	30,5	62	16,0	13,1	42,3	65	17,5
Mínimo	1,0	2,5	44	2,0	1,1	5,0	52	5,6	6	15,0	56	8,0	11,0	24,0	57	10,0
1 <sup>o</sup> Quartil	3,0	4,0	51	10,0	2,0	11,0	55	9,0	7,8	23,0	57	12,5	12,0	40,0	63	14,0
3 <sup>o</sup> Quartil	5,0	6,0	55	12,5	4,0	16,0	60	16,0	9,0	39,0	63	20,0	14,0	52,0	70	18,0
Maximo	8,0	10,0	57	16,0	5,0	20,0	70	20,0	9,8	52,0	70	25,0	15,0	54,0	73	32,0
DP	2,1	2,1	3	3,4	1,4	4,4	4	4,4	1,2	10,9	4	4,9	1,4	9,4	5	6,9
Mediana	4,0	5,0	52	10,0	3	12,0	57	12,5	8,5	27,0	61	16,0	13,5	42,0	63	16,0
No de exames	16	16	16	16	28	28	28	28	29	29	29	29	17	17	17	17
<b>Abdômen</b>																
Media	**	**	**	**	2,5	12,9	60	10,6	7,0	26,8	64	12,9	**	**	**	**

Mínimo	**	**	**	**	1,0	2,0	52	6,3	5,0	16,0	59	10,0	**	**	**	**
1 <sup>o</sup> Quartil	**	**	**	**	1,4	12,0	58	8,0	5,0	21,0	60	70,0	**	**	**	**
3 <sup>o</sup> Quartil	**	**	**	**	3,0	14,0	63	11,0	8,0	33,0	66	74,0	**	**	**	**
Maximo	**	**	**	**	5,0	21,0	68	25,0	10,0	39,0	70	16,0	**	**	**	**
DP	**	**	**	**	1,1	3,7	4	4,5	1,9	8,1	4	2,3	**	**	**	**
Mediana	**	**	**	**	3,0	12,0	60	10,0	7,0	25,0	63	12,5	**	**	**	**
No de exames	**	**	**	**	16	16	16	16	8	8	8	8	**	**	**	**

**Tabela 5.1.5:** Tratamento estatístico dos dados dos pacientes para projeção em AP de tórax, crânio, coluna lombar, abdômen e coluna cervical no hospital B.

	0-1				1-5				5-10				10-15			
	Idade (m)	Peso (kg)	kV	mAs	Idade (anos)	Peso (kg)	kV	mAs	Idade (anos)	Peso (kg)	kV	mAs	Idade (anos)	Peso (kg)	kV	mAs
<b>Tórax</b>																
Media	7,1	6,4	63	3,1	2,5	9,9	67	3,7	7,0	21,2	68	3,2	**	**	**	**
Mínimo	2,0	2,0	52	0,1	1,2	2,4	46	2,5	5,7	12,9	50	2,5	**	**	**	**
1 <sup>o</sup> Quartil	5,0	3,5	58	2,5	1,6	8,5	63	2,5	5,8	16	66	2,5	**	**	**	**
3 <sup>o</sup> Quartil	10,0	6,8	68	3,2	3,0	11,5	73	3,2	7,7	24	75	3,6	**	**	**	**
Maximo	11,0	20,0	78	10,0	4,8	17	75	25	9,7	34,0	77	5,1	**	**	**	**
DP	3,1	5,0	8	1,9	1,2	3,1	8	4,0	1,5	6,3	8	1,1	**	**	**	**
Mediana	8,0	4,5	60	2,5	6,3	10,0	67	2,5	6,3	20,5	70	2,5	**	**	**	**
No de exames	22	22	22	22	51	51	51	51	17	17	17	17	**	**	**	**
<b>Crânio</b>																
Media	7,4	10,1	63	21,6	3,7	16,8	64	19,6	6,9	21,8	66	20,3	12,3	31,9	65	19,9
Mínimo	7,0	4,0	55	12	1,4	6,5	50	5,0	5,2	13,0	50	10,0	10,0	21,8	52	10,0
1 <sup>o</sup> Quartil	7,0	6,6	55	20	3,0	12,0	63	20,0	5,5	16,4	64	20,0	11,0	29,0	65	20,0
3 <sup>o</sup> Quartil	8,0	13,3	68	25	4,8	23,0	68	20,0	7,8	26,0	70	20,0	14,0	35,0	66	25,0
Maximo	8,0	16,8	70	25	5,9	30,0	73	25,0	9,8	45,0	86	32,0	14,0	55,0	77	25,0
DP	0,5	4,2	6	4,0	1,2	6,5	6	4,1	1,4	6,6	7	4,5	1,6	9,3	7	5,2
Mediana	7,0	9,0	64	20	3,7	14,5	65	20,0	6,6	20,0	67	20,0	12,0	30,0	65	20,0
No de exames	11	11	11	11	37	37	37	37	38	38	38	38	11	11	11	11
<b>Coluna Lombar</b>																
Media	**	**	**	**	1,7	9,7	62	10,7	8,0	24,0	59	21,1	**	**	**	**
Mínimo	**	**	**	**	1,6	7,3	60	6,2	5,6	14,0	54	10,0	**	**	**	**

1 <sup>o</sup> Quartil	**	**	**	**	1,6	8,0	60	6,2	7,8	21,2	58	16,0	**	**	**	**
3 <sup>o</sup> Quartil	**	**	**	**	1,6	12,0	62	10,0	9,0	28,0	60	25,0	**	**	**	**
Maximo	**	**	**	**	1,9	12,0	66	25,0	9,8	30,0	66	32,0	**	**	**	**
DP	**	**	**	**	0,2	2,1	3	8,1	1,6	5,6	3	7,0	**	**	**	**
Mediana	**	**	**	**	1,6	9,2	60	6,2	7,9	25,0	58	20,0	**	**	**	**
No de exames	**	**	**	**	7	7	7	7	8	8	8	8	**	**	**	**
	<b>Abdômen</b>															
Media	6,2	4,5	59	6,5	3,6	14,3	63	6,6	7,1	15,7	62	10,2	12,1	32,1	62	15,2
Mínimo	2,0	1,9	50	5,0	1,3	7,0	55	2,5	5,3	9,1	52	5,0	11,0	17,0	55	3,2
1 <sup>o</sup> Quartil	3,0	2,5	55	5,0	2,9	9,1	60	5,0	6,5	10,0	60	6,4	11,0	25,0	58	8,0
3 <sup>o</sup> Quartil	8,0	4,5	62	6,2	4,6	17,0	66	6,5	7,4	20,0	66	10,0	14,0	40,0	66	25,0
Maximo	11,0	14,9	84	16,0	5,0	33,0	69	12,5	9,8	28,0	70	25,0	14,0	55,0	80	25,0
DP	3,0	3,8	8	3,0	1,1	6,7	4	2,4	1,2	6,0	5	6,2	1,5	12,5	8,4	9,5
Mediana	7,0	3,0	57	5,1	3,7	12,0	63	5,7	6,8	14,5	63	8,0	11,0	27,5	59	14,0
No de exames	17	17	17	17	28	28	28	28	16	16	16	16	7	7	7	7
	<b>Coluna Cervical</b>															
Media	**	**	**	**	3,0	12,3	58	12,0	7,4	19,8	58	16,2	**	**	**	**
Mínimo	**	**	**	**	1,4	1,8	48	5,0	5,5	13,0	50	8,0	**	**	**	**
1 <sup>o</sup> Quartil	**	**	**	**	2,4	9,4	52	8,0	6,4	15,0	50	12,5	**	**	**	**
3 <sup>o</sup> Quartil	**	**	**	**	3,5	14,8	63	20,0	8,7	24,0	60	20,0	**	**	**	**
Maximo	**	**	**	**	4,8	23,0	70	20,0	9,8	28,0	72	20,0	**	**	**	**
DP	**	**	**	**	0,9	5,1	6	5,9	1,7	5,5	8	5,1	**	**	**	**
Mediana	**	**	**	**	2,9	11,5	56	9,0	6,6	18,5	56	20,0	**	**	**	**
No de exames	**	**	**	**	29	29	29	29	13	13	13	13	**	**	**	**

Tabela 5.1.6: Doses nos Órgãos( $\mu\text{Gy}$ ) no hospital A

Idade(anos)	0-1			1-5			5-10			10-15		
Projeções	AP	PA	LAT	AP	PA	LAT	AP	PA	LAT	AP	PA	LAT
<b>Tórax</b>												
Mamas	37	**	38	44	6	36	46	10	55	**	11	**
Timo	36	**	27	41	3	21	40	6	27	**	7	**
Coração	26	**	28	29	8	23	27	14	31	**	16	**
Tiroide	25	**	24	18	2	13	3	3	5	**	3	**
Pulmões	22	**	42	23	23	37	22	39	51	**	45	**
Ossos	17	**	27	14	17	19	11	25	23	**	28	**
Esôfago	12	**	29	12	9	24	9	17	28	**	20	**
Fígado	12	**	24	11	7	19	15	16	48	**	18	**
Região de tronco	11	**	19	11	11	15	11	19	23	**	21	**
<b>Crânio</b>												
Cristalino	1125	**	**	1481	**	250	1841	24	334	2329	**	**
Região de cabeça	436	**	**	496	**	212	589	578	287	726	**	**
Tiróide	376	**	**	57	**	18	54	28	19	68	**	**
Ossos	316	**	**	375	**	146	387	233	164	362	**	**
Cérebro	309	**	**	328	**	144	333	367	174	401	**	**
Pele	126	**	**	121	**	48	108	92	49	106	**	**
Medula óssea	99	**	**	91	**	33	66	42	27	63	**	**
Tecidos residuais	71	**	**	48	**	23	30	35	18	26	**	**
Esôfago	23	**	**	7	**	3	9	6	3	5	**	**
<b>Pelve</b>												
Testículos	352	**	**	382	**	**	295	**	**	350	**	**
Bexiga	274	**	**	385	**	**	588	**	**	797	**	**
Útero	179	**	**	236	**	**	369	**	**	464	**	**
Intestino grosso superior	166	**	**	167	**	**	375	**	**	458	**	**
Intestino delgado	152	**	**	172	**	**	324	**	**	408	**	**
Ovários	141	**	**	179	**	**	268	**	**	347	**	**
Intestino grosso inferior	138	**	**	173	**	**	269	**	**	343	**	**
Região de tronco	83	**	**	100	**	**	180	**	**	226	**	**
Ossos	67	**	**	54	**	**	83	**	**	105	**	**
<b>Abdômen</b>												
Estômago	**	**	**	334	**	**	567	**	**	**	**	**
Bexiga	**	**	**	330	**	**	544	**	**	**	**	**
Fígado	**	**	**	266	**	**	429	**	**	**	**	**
Esfole bexiga	**	**	**	265	**	**	437	**	**	**	**	**
Intestino grosso superior	**	**	**	265	**	**	438	**	**	**	**	**
Útero	**	**	**	220	**	**	362	**	**	**	**	**
Intestino delgado	**	**	**	218	**	**	357	**	**	**	**	**
Ovários	**	**	**	168	**	**	269	**	**	**	**	**
Intestino grosso inferior	**	**	**	160	**	**	257	**	**	**	**	**



Tabela 5.1.7: Dose nos Órgãos ( $\mu\text{Gy}$ ) no hospital B

Idade(anos)	0-1			1-5			5-10			10-15	
Projeções	AP	PA	LAT	AP	PA	LAT	AP	PA	LAT	AP	PA
<b>Tórax</b>											
Mamas	48	**	73	55	3	40	56	6	38	**	5
Timo	46	**	52	51	2	25	48	4	17	**	3
Coração	33	**	70	36	4	33	32	8	25	**	7
Tiróide	31	**	46	26	1	18	38	14	3	**	1
Pulmões	28	**	74	30	12	39	27	24	31	**	25
Ossos	21	**	49	20	10	23	13	17	16	**	17
Esôfago	16	**	68	16	5	32	12	9	22	**	9
Fígado	14	**	19	15	3	12	19	9	12	**	9
Região de tronco	14	**	35	15	6	18	14	12	15	**	12
<b>Crânio</b>											
Cristalino	599	**	**	681	**	373	686	**	394	719	**
Região de cabeça	244	**	**	211	**	321	204	**	334	202	**
Tiróide	316	**	**	34	**	52	18	**	24	16	**
Ossos	173	**	**	161	**	221	142	**	206	112	**
Cérebro	166	**	**	132	**	226	112	**	206	104	**
Pele	74	**	**	56	**	78	42	**	64	35	**
Medula óssea	54	**	**	38	**	56	24	**	36	19	**
Tecidos residuais	44	**	**	21	**	40	11	**	25	8	**
Esôfago	18	**	**	3	**	7	2	**	4	1	**
<b>Coluna Lombar</b>											
Bexiga	**	**	**	179	**	**	305	**	**	**	**
Vesícula	**	**	**	132	**	**	219	**	**	**	**
Útero	**	**	**	111	**	**	183	**	**	**	**
Estômago	**	**	**	88	**	**	149	**	**	**	**
Intestino delgado	**	**	**	88	**	**	146	**	**	**	**
Intestino grosso superior	**	**	**	86	**	**	143	**	**	**	**
Ovários	**	**	**	73	**	**	119	**	**	**	**
Fígado	**	**	**	67	**	**	112	**	**	**	**
Pâncreas	**	**	**	58	**	**	95	**	**	**	**
<b>Abdômen</b>											
Estomago	120	**	**	131	**	**	137	**	**	172	**
Bexiga	116	**	**	130	**	**	133	**	**	167	**
Fígado	103	**	**	105	**	**	104	**	**	120	**
Vesícula	113	**	**	106	**	**	104	**	**	133	**
Intestino grosso superior	99	**	**	105	**	**	105	**	**	130	**
Útero	81	**	**	88	**	**	87	**	**	102	**
Intestino delgado	83	**	**	87	**	**	86	**	**	104	**
Ovários	66	**	**	68	**	**	64	**	**	75	**
Intestino grosso inferior	59	**	**	64	**	**	63	**	**	71	**
<b>Coluna Cervical</b>											
Tiróide	**	**	**	255	**	**	356	**	**	**	**

<b>Região de cabeça</b>	**	**	**	52	**	**	74	**	**	**	**
<b>Ossos</b>	**	**	**	25	**	**	36	**	**	**	**
<b>Pele</b>	**	**	**	11	**	**	16	**	**	**	**
<b>Esôfago</b>	**	**	**	8	**	**	12	**	**	**	**
<b>Timo</b>	**	**	**	5	**	**	8	**	**	**	**
<b>Medula óssea</b>	**	**	**	5	**	**	7	**	**	**	**
<b>Região de tronco</b>	**	**	**	4	**	**	6	**	**	**	**
<b>Pulmões</b>	**	**	**	3	**	**	4	**	**	**	**

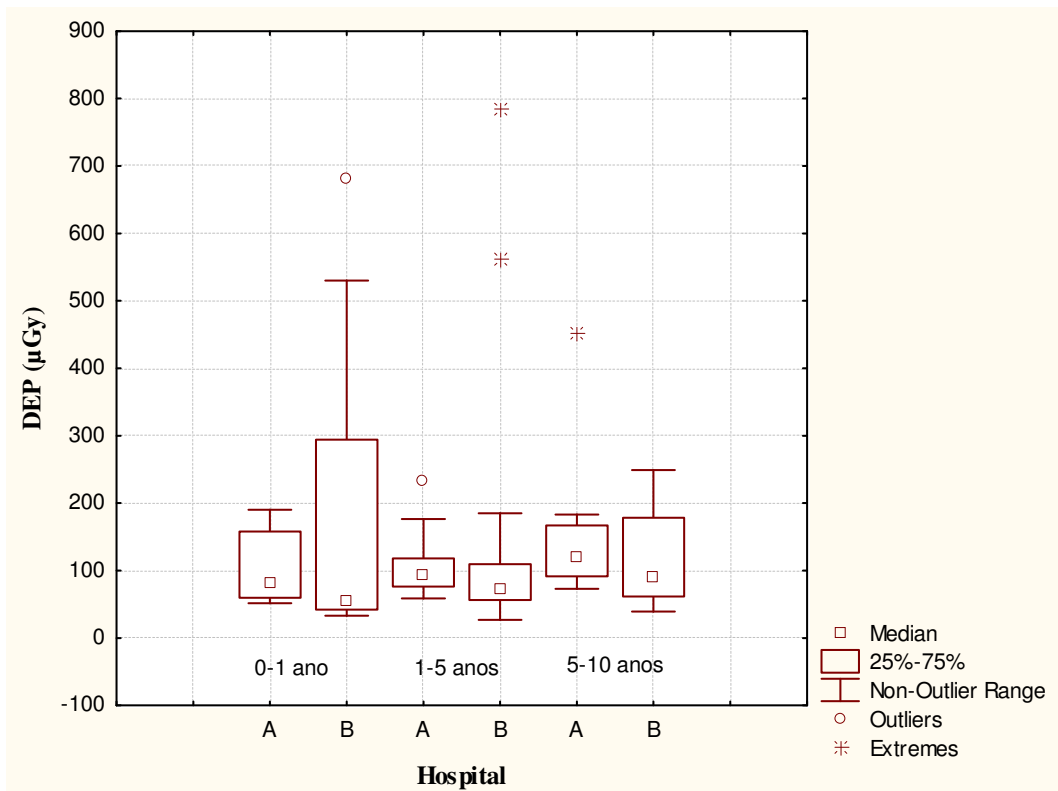


Figura 5.1.1: Box & Whiskers plot para DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) no Tórax LAT (pacientes pediátricos)

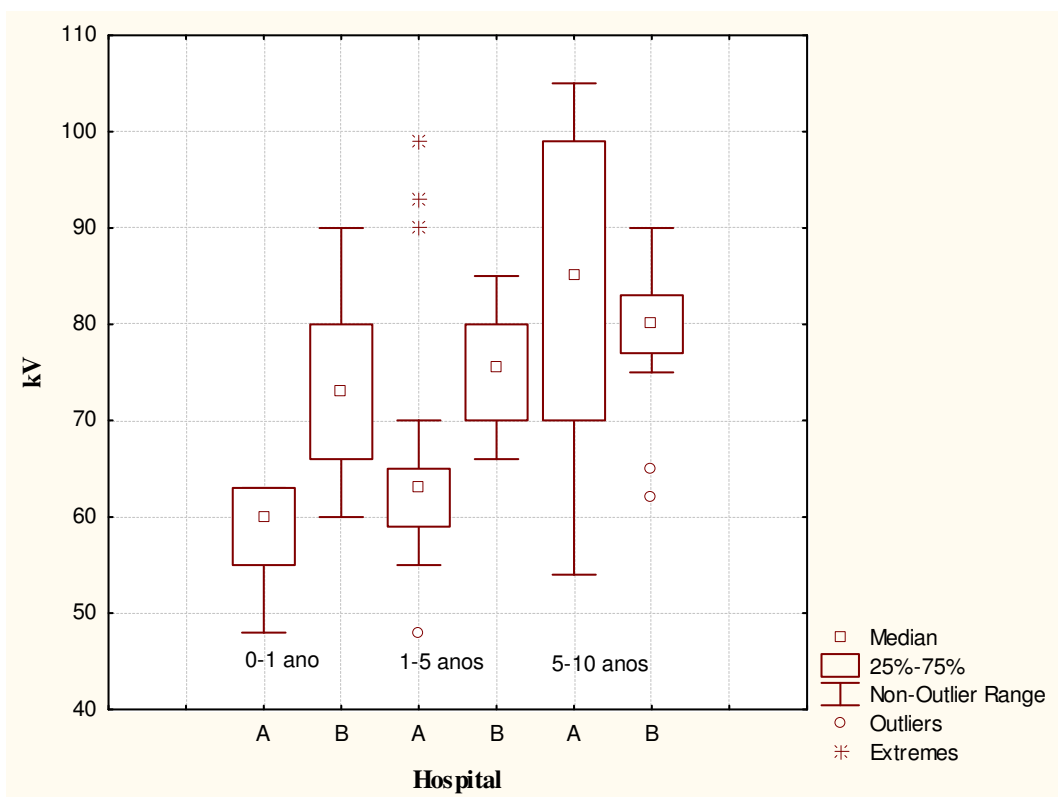


Figura 5.1.1a: Box & Whiskers plot para kV utilizados no Tórax LAT

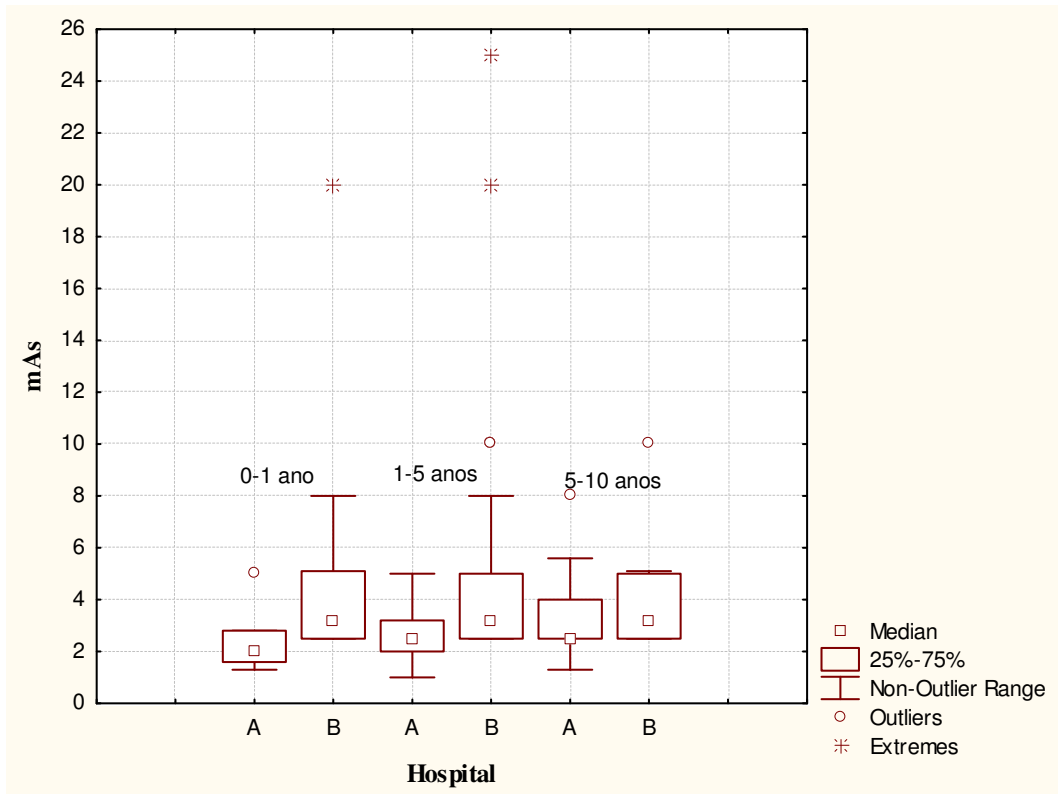


Figura 5.1.1b: Box & Whiskers plot para mAs utilizados no Tórax LAT

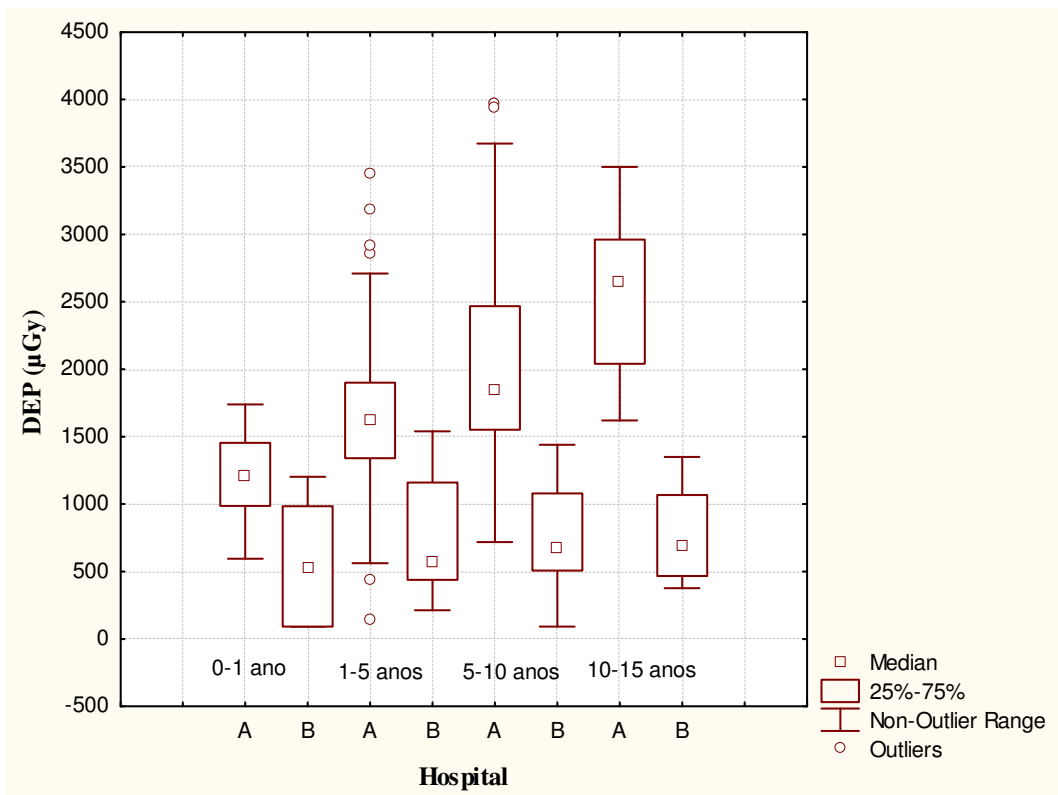


Figura 5.1.2: Box & Whiskers plot para DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) no Crânio AP (pacientes pediátricos)

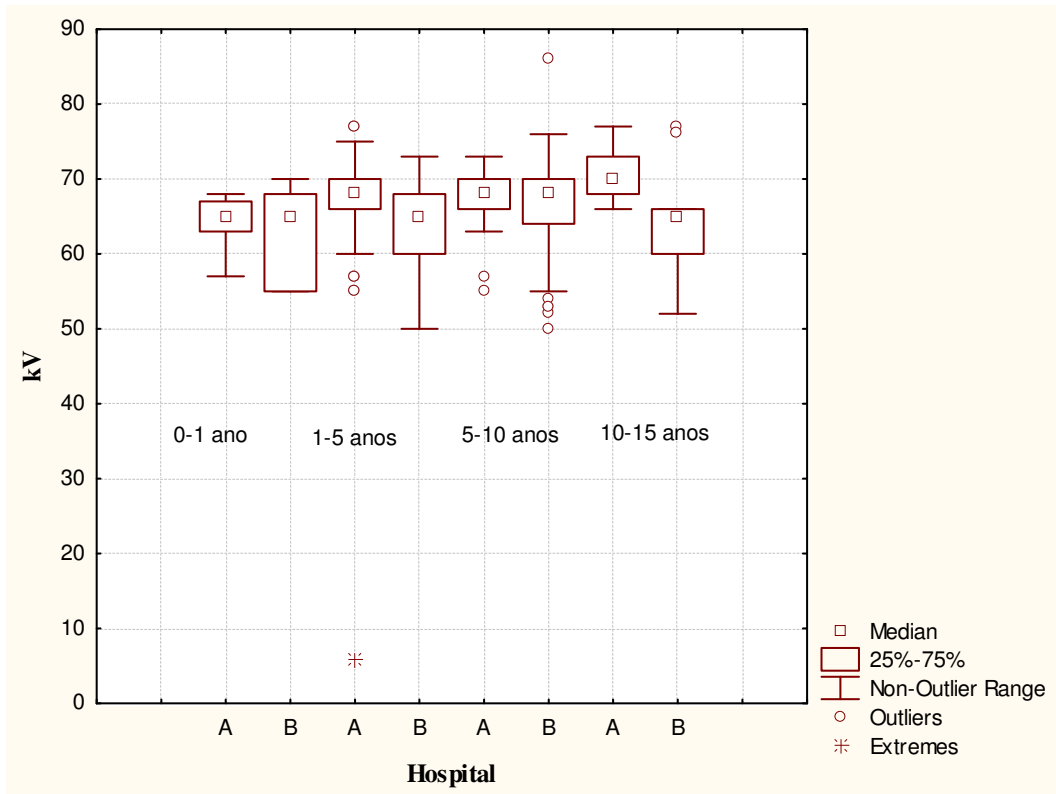


Figura 5.1.2a: Box & Whiskers plot para kV utilizados no Crânio AP

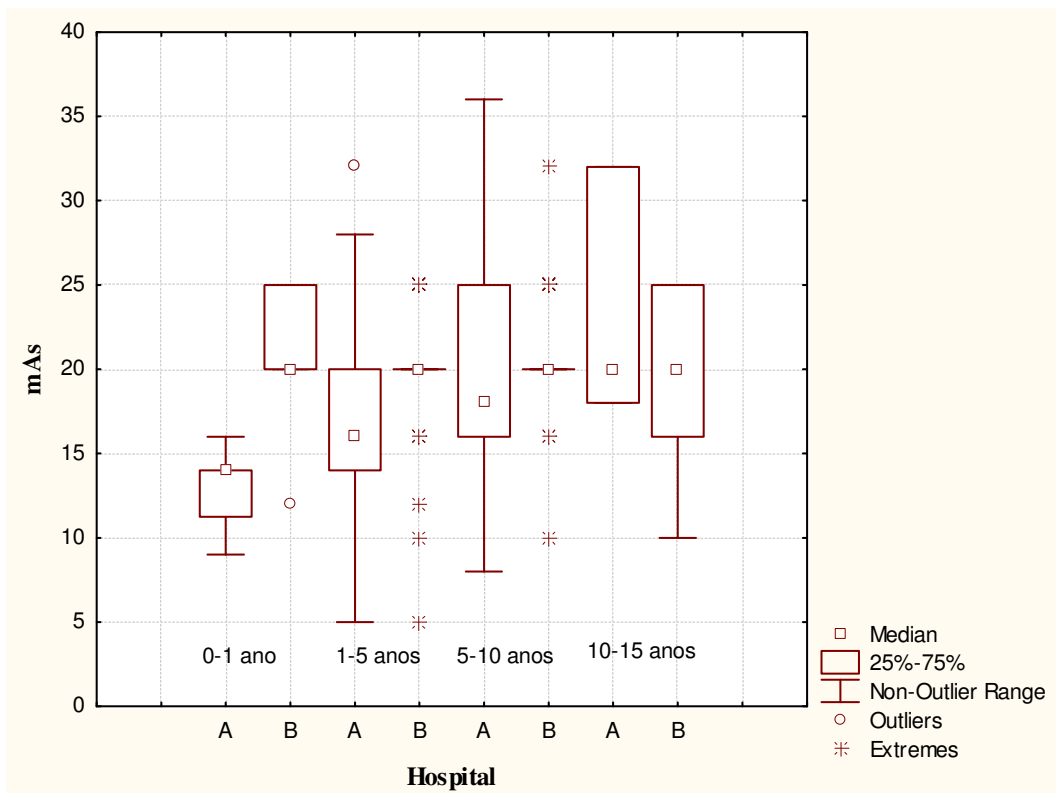
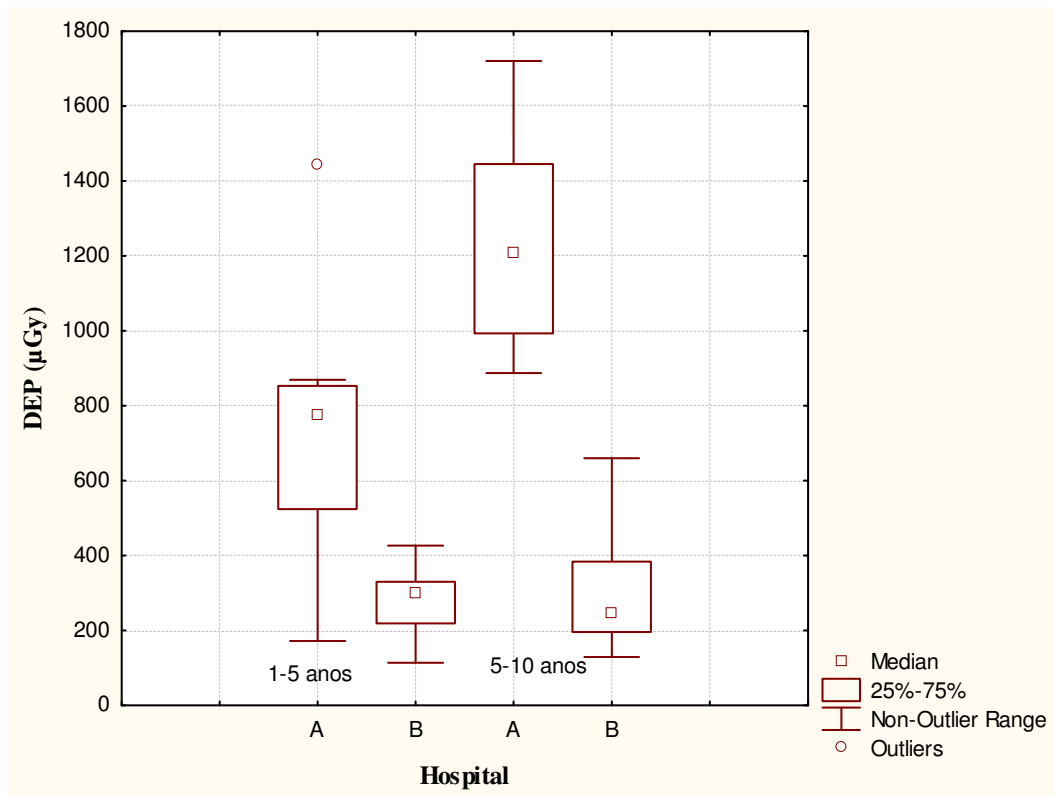
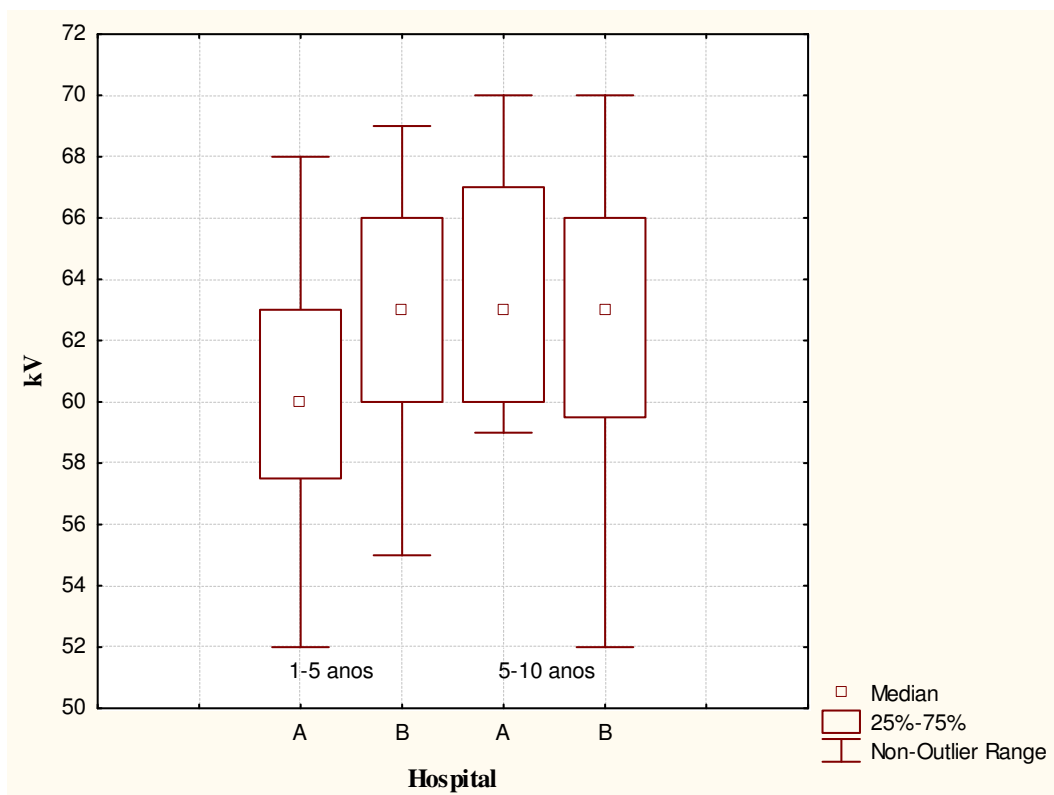


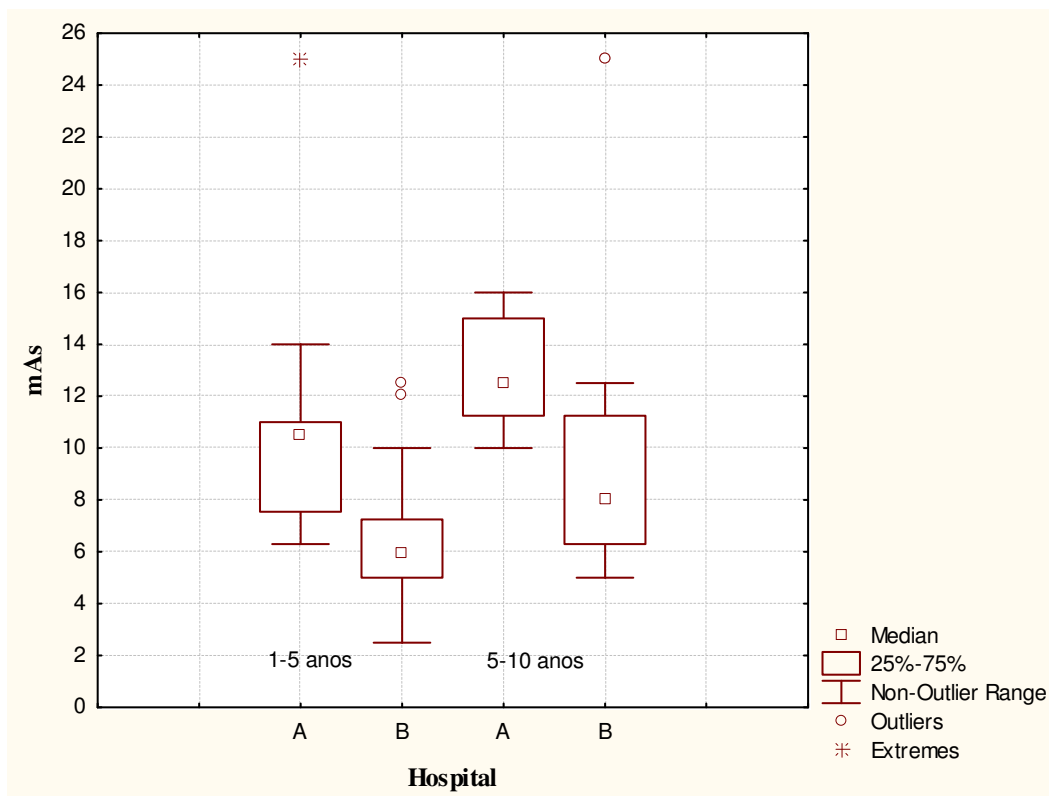
Figura 5.1.2b: Box & Whiskers plot para mAs utilizados no Crânio AP



**Figura 5.1.3:** Box & Whiskers plot para DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) no Abdômen AP (pacientes pediátricos)



**Figura 5.1.3a:** Box & Whiskers plot para kV utilizados no Abdômen AP



**Figura 5.1.3b:** Box & Whiskers plot para mAs utilizados no Abdômen AP

Os resultados na UTI mostram um total de 74 pacientes com 621 radiografias que foram analisadas, sendo 506 exames de tórax e 115 de abdômen. A Tabela 5.1.8 mostra as características dos 3 setores e a frequência e tipo de radiografia. A Tabela 5.1.9 apresenta os valores de DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) para os 3 setores.

O tempo médio de internação dos pacientes do 1ª ENF (Tabela 5.1.8) foi de 16 dias e o número médio de radiografias feitas nos neonatos foi de 7, valor esse maior que os valores médios encontrados em outras publicações, como 3,8 (WRAITH, *et. al*, 1995), 5,3 (CHAPPLE, *et. al*, 1994), e 4,7 (McPARLAND, *et. al*, 1996).

Pacientes no setor UPG apresentaram a mais alta taxa de radiografias por paciente, i.e., 15/criança/período de internação. Isto pode ser explicado porque os pacientes neste setor não são neonatos, mas crianças mais velhas e, em geral, severamente doentes, requerendo mais radiografias devido à natureza das suas doenças.

Analisando-se os dados estatísticos que são apresentados na Tabela 5.1.9, pode-se observar que, para a faixa etária de 0-1 ano, o valor mais alto de DEP para abdômen foi 68,6  $\mu\text{Sv}$  no setor de UPG. Comparando-se com o valor mínimo (22,5  $\mu\text{Gy}$  na 1<sup>a</sup> ENF.), pode-se concluir que as doses dos pacientes nos setores de UPG são aproximadamente o triplo que na 1<sup>a</sup> ENF.

Os valores da DE apresentaram, como esperado (pois a DE é calculada como o somatório das DO), a dose mais alta no setor de UPG: 16  $\mu\text{Sv}$  e a dose menor na 1<sup>a</sup> ENF. (5,7  $\mu\text{Gy}$ ). Com respeito às radiografias de tórax, as doses apresentam resultados semelhantes, conforme explicitado na Tabela 5.1.9.

A Tabela 5.1.10 apresenta os parâmetros de exposição. Pode ser visto que eles variam muito. A DFP é um fator muito importante que afeta diretamente a dose dada ao paciente. A DFP mínima recomendada é de 100 cm, porém neste estudo distâncias menores como 60-70 cm foram observadas. Essa prática aumenta a dose aos pacientes desnecessariamente. Porém, como os equipamentos neste hospital são antigos, os modelos não permitem elevar os tubos à DFP de 1 metro, conforme recomendações internacionais.

Outro fator que afeta diretamente a dose é a técnica radiográfica. Técnicas que empregam baixa quilovoltagem e alta miliamperagem fornecem doses mais altas. Infelizmente no Brasil, os técnicos de radiografia não empregam técnica de alta quilovoltagem. A técnica de radiografia muda de acordo com a prática do técnico e com o desempenho de equipamento, o qual varia consideravelmente. Além disso, os equipamentos de raios X não são dedicados à pediatria e os técnicos não usam técnicas radiográficas apropriadas para crianças e de acordo com a idade. O desempenho de equipamento não é controlado de maneira rotineira e os tubos de raios X também são, na maioria das vezes, muito antigos.

Na Tabela 5.1.11, é feita uma comparação entre 7 autores (incluindo os resultados desta pesquisa). Os resultados demonstraram que para exame de tórax, os dados do presente trabalho apresentam as mais baixas doses (35,5  $\mu\text{Gy}$ ). A dose mais alta é do trabalho de FLETCHER, *et. al.* (1986) (70  $\mu\text{Gy}$ ). De acordo com KYRIOU, *et.*



*al.*, (2000) os parâmetros indicados para esta faixa etária são: DFP de 100 cm, 70 kV e 2 mAs. Esta combinação forneceria uma DEP de aproximadamente 20  $\mu$ Gy.

As DO são apresentadas na Tabela 5.1.12, a qual demonstra que as doses mais altas são encontradas no estômago, vesícula e bexiga quando são realizados exames de abdômen. O útero e as mamas recebem doses menores. Este fato é de especial preocupação se o paciente for do sexo feminino, pois estes órgãos são altamente radiosensíveis. Para exames de tórax, a DO mostrou que as doses mais altas são encontradas nas mamas e no timo. Atenção especial deveria ser dirigida para evitar doses desnecessárias aos órgãos radiosensíveis: mamas, tireóides e gônadas.

Constatou-se que as radiografias foram solicitadas principalmente pelos pediatras e cirurgiões pediátricos para investigar uma doença e/ou para inspecionar o posicionamento de tubos naso-gástricos, tubos de alimentação, tubos traqueais e cateteres venosos. Descobriu-se que muitas dessas radiografias (especialmente para inspecionar tubos e cateteres) talvez pudessem ser evitadas. Os pediatras deveriam se conscientizar do risco aos quais estão sendo expostos os pacientes e só requisitar radiografias quando plenamente justificadas.

Então, para reduzir a exposição, é extremamente importante que sejam executados somente os exames justificados. Cada exame deve ser justificado e coerente com a investigação médica planejada. Isto é particularmente importante e deve ser repetido regularmente aos clínicos, médicos radiologista e especialmente aos recentemente graduados (residentes) que tendem a pedir mais exames radiológicos para compensar a falta de prática e insegurança (AZEVEDO, *et al.*, no prelo).

Os fatores mais importantes para reduzir as doses são: selecionar sistema tela-filme de alta velocidade, evitar o uso de grades sempre que possível, usar filtração adicional e escolher a técnica de alta quilovoltagem com tempo de exposição curto. Além disso, é importante lembrar que a proteção das gônadas é de grande importância, principalmente em pacientes pediátricos, assim como a proteção da medula óssea. As mamas e a tireóide também são bastante radiosensíveis, merecendo cuidados especiais.

Durante todo o período de aquisição de dados desse trabalho, foram observadas várias não-conformidades com relação à proteção radiológica, sendo as mais frequentes relacionadas à falta de proteção de órgãos sensíveis e colimação insuficiente. A maioria das radiografias realizadas em neonatos é de corpo inteiro.

Os equipamentos radiológicos usados em pediatria em geral não possuem geradores que permitam tempos de exposição curtos, que são requeridos no uso da boa técnica pediátrica. Seguidamente, não é possível selecionar incrementos pequenos de kV e mAs devido às limitações dos equipamentos. Um outro fator importante que contribui para a redução das doses é o emprego de técnicas de alta quilovoltagem, o que também não foi observado nos hospitais avaliados nesse trabalho.

**Tabela 5.1.8:** Dados dos pacientes na UTI.

	Nº de pacientes	Dias de internação	Idade (dias)	Peso (kg)	Nº de radiografias (tórax)	Nº de radiografias (abdômen)	Nº total de radiografias
<b>UPG</b>	24	20	820	5,8	12	3	15
<b>BAR</b>	34	15	31	1,0	6	2	8
<b>1ª ENF</b>	16	16	94	2,8	4	3	7

**Tabela 5.1.9:** DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) para os 3 setores da UTI

	Abdômen AP				Tórax AP			
	UPG		BAR	1ª ENF	UPG		BAR	1ª ENF
<b>Idade (anos)</b>	0 – 1	1 – 5	0 – 1	0 – 1	0 – 1	1 – 5	0 – 1	0 – 1
<b>DEP (<math>\mu\text{Gy}</math>)</b>								
<b>Média</b>	68,6	**	29,9	22,5	41,1	69,3	26,7	15,8
<b>Mínimo</b>	7,4	**	8,4	7,4	7,1	3,6	8,1	5,8
<b>1º Quartil</b>	12,1	**	11,2	11,1	11,5	17,5	10,7	9,0
<b>3º Quartil</b>	59,2	**	44,7	23,0	46,3	105,0	43,0	18,4
<b>Maximo</b>	265,0	**	95,6	57,5	204,0	322,0	91,9	43,3
<b>DP</b>	88,5	**	21,0	14,8	51,0	69,4	20,0	10,1
<b>Mediana</b>	18,8	**	15,3	16,9	13,6	38,9	14,7	10,8
<b>Nº de radiografias</b>	44	**	47	24	237	28	209	32
<b>DE (<math>\mu\text{Sv}</math>)</b>	16,0	**	6,52	5,7	7,3	9,9	4,9	3,1

**Tabela 5.1.10:** Parâmetros de exposição para os 3 setores da UTI

	Abdômen				Tórax			
	UPG		BAR	1ª ENF	UPG		BAR	1ª ENF
<b>Idade (anos)</b>	0 -1	1 -5	0 -1	0 -1	0 -1	1 -5	0 -1	0 -1
<b>kV</b>	55-75 (66)	**	50-60 (56)	55-70 (63)	55-75 (62)	53-70 (64)	50-65 (55)	40-70 (60)
<b>mAs</b>	1,5-3,0 (2,17)	**	2,0-3,0 (2,1)	2,0-3,0 (2,3)	1,5-3,0 (2,1)	1,0-3,2 (2,3)	2,0-3,0 (2,0)	2,0-4,0 (2,3)
<b>DFP (cm)</b>	45-100 (85)	**	40-100 (82)	50-100 (88)	50-100 (90)	40-120 (86)	40-100 (78)	50-100 (91)

**Tabela 5.1.11:** Comparação de DEP ( $\mu\text{Gy}$ ) e DE ( $\mu\text{Sv}$ ) com outros autores.

Referência	Exames	kV/mAs	Media de DEP por radiografia ( $\mu\text{Gy}$ )	Media de DE por radiografia ( $\mu\text{Sv}$ )
<b>Este estudo</b>	Tórax	60/2,1	35,3	6,4
	Abdômen	62/2,2	40,9	9,7
<b>Wilson-Costello et. al., 1996.</b>	Tórax	**	44( $\pm$ 19)	17( $\pm$ 7)
	Abdômen		51( $\pm$ 49)	33( $\pm$ 31)
<b>Armpilia et. al., 2002.</b>	Tórax e Abdômen	**	36( $\pm$ 6)	8( $\pm$ 2)
<b>Jones et. al., 2001.</b>	Tórax	**	56,7	15,4
	Abdômen		73,6	21,9
<b>Fletcher et. al., 1986.</b>	Tórax e Abdômen	50/0,4	70	**
<b>Faulkner et. al., 1989.</b>	Tórax E Abdômen	52/2,0	58	**
<b>Wraith et. al., 1995.</b>	Tórax	60/1,0-2,0	36	**
	Abdômen		38	
<b>Brindhavan &amp; Al-Khalifah, 2004.</b>	Abdômen	**	80	38
	Tórax	**	80	28

**Tabela 5.1.12:** Dose nos Órgãos ( $\mu\text{Gy}$ ) na UTI

	<b>Abdômen</b>			
	<b>UPG</b>		<b>BAR</b>	<b>1ªENF</b>
<b>Idade(anos)</b>	<b>0-1</b>	<b>1-5</b>	<b>0-1</b>	<b>0-1</b>
<b>Estômago</b>	37	**	14	12
<b>Vesícula</b>	35	**	14	12
<b>Bexiga Urinaria</b>	35	**	13	12
<b>Fígado</b>	32	**	12	11
<b>Intestino grosso superior</b>	31	**	12	11
<b>Intestino delgado</b>	26	**	10	9
<b>Útero</b>	26	**	10	9
<b>Mamas</b>	14	**	9	7
<b>Coração</b>	16	**	9	7
<b>Tórax</b>				
<b>Mamas</b>	30	49	18	11
<b>Timo</b>	29	45	17	11
<b>Coração</b>	21	31	13	8
<b>Tiróide</b>	20	12	12	7
<b>Pulmões</b>	18	25	11	7
<b>Esqueleto</b>	13	14	9	5
<b>Fígado</b>	9	14	7	4
<b>Estômago</b>	8	14	6	4

## 5.2 Doses em Pacientes Adultos

A Tabela 5.2.1 apresenta os resultados obtidos para pacientes adultos (mais de 15 anos de idade). Um total de 2096 radiografias foi avaliado para pacientes adultos, sendo que os exames de tórax PA representaram a maior porcentagem, 49,5% (1037 radiografias). Os dados antropométricos dos pacientes e os parâmetros de exposição, tais como potencial do tubo, mAs, DFP e filtração, estão apresentadas na Tabela 5.2.2. Pode-se observar que apenas três equipamentos de raios X têm filtração menor de 2.5 mm de Al. A Tabela 5.2.3. apresenta os valores de DO para exames de radiodiagnóstico comuns em pacientes adultos.

As estatísticas descritivas de DEP (mGy), são: mediana, desvio-padrão, valor mínimo, primeiro e terceiro quartis e valor máximo. A DE (mSv) é apresentada na Tabela 5.2.1. Foi observado que há uma grande variação nas doses de pacientes dentro de um mesmo hospital e entre os hospitais. Há diversos fatores que poderiam ter

causado essa diferença: técnica radiográfica, DFP, colimação, velocidade do sistema tela-filme e o rendimento dos aparelhos de raios X usados. Três dos nove hospitais estudados apresentam valores de DEP para tórax PA acima do nível de referência internacional (hospitais C, G, e H). No hospital H a DEP para coluna lombar AP é ligeiramente mais alta que o nível de referência. Parte das razões para as doses altas é explicada pelos parâmetros de técnica radiográfica (kV, mAs e DFP) usados nestes hospitais (tabela 5.2.1). A Tabela 5.2.4 demonstra a relação de máximo/mínimo de DEP de pacientes individuais e a relação de máximo/mínimo de DEP entre hospitais. Apresenta também a relação entre o terceiro e o primeiro quartil.

A relação de máximo/mínimo de DEP para pacientes individuais variou de 17 (crânio PA) a 186 (coluna lombar AP e LAT). A relação máximo/mínimo de doses entre hospitais variou de um fator de 4,7 (abdômen AP) um fator de 13,2 a (coluna lombar AP.) A avaliação interquartis demonstra que para pacientes individuais esse coeficiente não muda muito, variando de 2,14 (coluna lombar AP) a 3,20 (tórax LAT) (tabela 5.2.4).

A Tabela 5.2.5 apresenta uma comparação das DEP com os valores de dose de referência estabelecidos internacionalmente (mGy). O terceiro quartil para todos os exames e projeções para todos os hospitais estudados não excede os níveis de referência.

As Figuras 5.2.1 a 5.2.8 mostram os *Box & Whiskers plot* de alguns exames e projeção estudados para pacientes adultos.

Tabela 5.2.1: DEP (mGy) e DE (mSv) nos pacientes adultos em 9 hospitais

Exames	Abdômen	Coluna Cervical		Tórax		Coluna Lombar		Crânio			Pelve	Coluna Torácica		Ombro
		AP	LAT	PA	LAT	AP	LAT	AP	PA	LAT		AP	LAT	
DEP(mGy)	Hospital A													
Média	1,49	0,68	0,44	0,10	0,29	1,98	3,37	0,66	0,81	0,44	1,38	0,97	1,68	xx
Mínimo	0,20	0,16	0,15	0,04	0,08	0,41	0,61	0,33	0,29	0,17	0,71	0,39	0,69	xx
1º Quartil	0,75	0,23	0,19	0,08	0,20	0,80	1,40	0,49	0,41	0,19	1,28	0,48	1,06	xx
3º Quartil	1,60	0,50	0,69	0,11	0,30	2,88	4,63	0,79	1,08	0,61	1,37	0,90	2,84	xx
Maximo	4,87	2,19	1,01	0,29	0,91	5,12	12,7	1,77	1,24	1,09	2,01	2,47	2,89	xx
DP	1,28	0,76	0,28	0,03	0,13	1,27	2,92	0,31	0,38	0,30	0,39	0,76	0,98	xx
Mediana	0,93	0,41	0,30	0,09	0,25	1,59	2,04	0,53	0,83	0,36	1,30	0,56	1,18	xx
No de Exames	20	16	14	153	68	30	35	8	9	11	8	9	13	xx
DE (mSv)	0,20	0,03	0,002	0,01	0,02	0,20	0,10	0,01	0,01	0,003	0,19	0,08	0,04	xx
DEP(mGy)	Hospital B													
Média	0,92	0,91	xx	0,18	0,50	1,86	2,26	1,15	xx	1,20	xx	xx	xx	xx
Mínimo	0,34	0,71	xx	0,07	0,12	0,14	0,18	0,23	xx	0,74	xx	xx	xx	xx
1º Quartil	0,45	0,97	xx	0,12	0,24	1,74	2,15	0,83	xx	0,97	xx	xx	xx	xx
3º Quartil	1,35	0,97	xx	0,23	0,66	2,02	3,42	1,45	xx	1,57	xx	xx	xx	xx
Maximo	1,35	0,97	xx	0,41	1,33	3,06	3,42	1,64	xx	1,57	xx	xx	xx	xx
DP	0,51	0,12	xx	0,07	0,32	0,78	1,33	0,46	xx	0,38	xx	xx	xx	xx
Mediana	0,87	0,97	xx	0,18	0,45	1,74	2,15	1,33	xx	1,20	xx	xx	xx	xx
No de Exames	7	8	xx	55	56	11	6	14	xx	7	xx	xx	xx	xx
DE (mSv)	0,10	0,03	xx	0,02	0,04	0,16	0,05	0,01	xx	0,01	xx	xx	xx	xx
DEP(mGy)	Hospital C													
Média	xx	0,41	0,51	0,37	1,02	1,61	3,25	xx	1,31	0,66	1,08	1,26	1,69	0,44
Mínimo	xx	0,19	0,23	0,09	0,32	0,50	1,20	xx	0,35	0,21	0,47	0,80	0,75	0,14
1º Quartil	xx	0,31	0,35	0,27	0,77	1,20	2,12	xx	0,59	0,41	0,64	1,03	1,15	0,30
3º Quartil	xx	0,45	0,59	0,45	1,20	1,96	3,82	xx	1,33	0,76	1,20	1,34	2,58	0,50
Maximo	xx	0,91	1,49	0,83	1,73	3,52	8,15	xx	4,20	1,77	3,45	2,09	2,60	1,19
DP	xx	0,17	0,27	0,15	0,35	0,69	1,56	xx	1,18	0,42	0,70	0,39	0,75	0,24
Mediana	xx	0,38	0,40	0,34	1,00	1,44	2,89	xx	0,77	0,54	0,84	1,21	1,31	0,37
No de Exames	xx	30	31	142	61	76	74	xx	24	12	26	9	7	30
DE (mSv)	xx	0,02	0,003	0,04	0,7	0,18	0,6	xx	0,01	0,01	0,16	0,12	0,04	0,003
DEP(mGy)	Hospital D													
Média	1,55	0,20	0,18	0,07	0,18	0,77	1,86	xx	0,48	xx	xx	xx	xx	xx
Mínimo	0,33	0,08	0,06	0,02	0,03	0,31	0,55	xx	0,26	xx	xx	xx	xx	xx
1º Quartil	0,46	0,09	0,09	0,02	0,08	0,44	0,92	xx	0,41	xx	xx	xx	xx	xx
3º Quartil	2,84	0,20	0,27	0,10	0,20	0,88	2,05	xx	0,57	xx	xx	xx	xx	xx
Maximo	4,54	0,59	0,31	0,56	0,72	1,73	5,64	xx	0,79	xx	xx	xx	xx	xx
DP	1,47	0,15	0,09	0,08	0,16	0,44	1,45	xx	0,13	xx	xx	xx	xx	xx
Mediana	0,93	0,14	0,12	0,03	0,10	0,63	1,11	xx	0,49	xx	xx	xx	xx	xx

No de Exames	10	12	10	95	80	15	16	xx	37	xx	xx	xx	xx	xx
DE (mSv)	0,21	0,01	0,001	0,01	0,02	0,08	0,04	xx	0,004	xx	xx	xx	xx	xx
DEP(mGy)	<b>Hospital E</b>													
Média	4,28	1,05	0,98	0,19	0,54	xx	xx	xx	3,25	xx	3,80	xx	xx	xx
Mínimo	3,18	0,44	0,40	0,12	0,29	xx	xx	xx	2,39	xx	1,97	xx	xx	xx
1ºQuartil	3,67	0,65	0,68	0,15	0,43	xx	xx	xx	2,70	xx	2,71	xx	xx	xx
3º Quartil	5,25	1,51	1,40	0,21	0,61	xx	xx	xx	4,13	xx	4,40	xx	xx	xx
Maximo	5,26	2,47	2,33	0,55	1,24	xx	xx	xx	4,15	xx	7,41	xx	xx	xx
DP	0,94	0,65	0,53	0,07	0,18	xx	xx	xx	0,78	xx	1,75	xx	xx	xx
Mediana	3,92	0,74	0,76	0,17	0,50	xx	xx	xx	2,82	xx	2,99	xx	xx	xx
No de Exames	7	14	15	66	61	xx	xx	xx	10	xx	8	xx	xx	xx
DE (mSv)	0,46	0,04	0,01	0,02	0,05	xx	xx	xx	0,02	xx	0,54	xx	xx	xx
DEP(mGy)	<b>Hospital F</b>													
Média	0,96	0,65	xx	0,13	xx	1,92	5,02	xx	1,19	xx	1,15	xx	xx	xx
Mínimo	0,20	0,09	xx	0,05	xx	1,01	1,18	xx	0,31	xx	0,77	xx	xx	xx
1ºQuartil	0,67	0,41	xx	0,06	xx	1,41	3,28	xx	1,10	xx	0,94	xx	xx	xx
3º Quartil	1,33	0,84	xx	0,18	xx	2,04	4,94	xx	1,34	xx	1,24	xx	xx	xx
Maximo	1,73	0,93	xx	0,63	xx	4,07	13,8	xx	1,59	xx	1,98	xx	xx	xx
DP	0,45	0,27	xx	0,09	xx	0,96	3,56	xx	0,30	xx	0,44	xx	xx	xx
Mediana	1,00	0,81	xx	0,14	xx	1,42	3,63	xx	1,22	xx	0,94	xx	xx	xx
No de Exames	11	12	xx	79	xx	12	11	xx	30	xx	6	xx	xx	xx
DE (mSv)	0,10	0,03	xx	0,01	xx	0,20	0,15	xx	0,01	xx	0,16	xx	xx	xx
DEP(mGy)	<b>Hospital G</b>													
Média	1,93	0,72	0,67	0,36	xx	3,03	5,38	xx	1,67	xx	xx	xx	xx	0,89
Mínimo	0,44	0,32	0,31	0,06	xx	1,23	2,26	xx	0,34	xx	xx	xx	xx	0,25
1ºQuartil	1,25	0,37	0,40	0,20	xx	1,73	3,88	xx	1,14	xx	xx	xx	xx	0,51
3º Quartil	2,64	0,85	0,99	0,54	xx	3,71	7,44	xx	2,05	xx	xx	xx	xx	1,47
Maximo	4,35	1,53	1,49	0,81	xx	7,45	14,2	xx	4,32	xx	xx	xx	xx	1,63
DP	1,23	0,34	0,36	0,21	xx	1,72	2,61	xx	1,01	xx	xx	xx	xx	0,52
Mediana	1,68	0,71	0,55	0,36	xx	2,58	4,40	xx	1,51	xx	xx	xx	xx	0,60
No de Exames	9	25	23	55	xx	33	31	xx	43	xx	xx	xx	xx	11
DE (mSv)	0,25	0,03	0,01	0,04	xx	0,38	0,19	xx	0,01	xx	xx	xx	xx	0,01
DEP(mGy)	<b>Hospital H</b>													
Média	xx	0,94	1,00	0,64	xx	10,13	18,58	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Mínimo	xx	0,30	0,35	0,28	xx	3,00	7,75	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
1ºQuartil	xx	0,36	0,35	0,38	xx	4,23	15,00	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
3º Quartil	xx	1,34	1,40	0,86	xx	9,97	22,66	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Maximo	xx	1,44	1,61	1,25	xx	26,10	33,40	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
DP	xx	0,51	0,54	0,37	xx	8,63	8,08	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Mediana	xx	0,91	1,04	0,40	xx	5,10	16,89	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
No de Exames	xx	6	6	8	xx	13	13	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx

DE (mSv)	xx	0,04	0,01	0,06	xx	0,97	0,44	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
DEP(mGy)	<b>Hospital I</b>													
Média	1,65	xx	xx	0,09	xx	1,78	xx	0,98	xx	xx	1,59	1,12	xx	xx
Mínimo	0,84	xx	xx	0,06	xx	0,75	xx	0,81	xx	xx	0,79	0,60	xx	xx
1º Quartil	1,19	xx	xx	0,08	xx	1,25	xx	0,90	xx	xx	0,98	0,90	xx	xx
3º Quartil	2,17	xx	xx	0,10	xx	2,25	xx	1,00	xx	xx	2,21	1,26	xx	xx
Maximo	2,26	xx	xx	0,12	xx	2,71	xx	1,63	xx	xx	2,96	2,17	xx	xx
DP	0,53	xx	xx	0,02	xx	0,60	xx	0,21	xx	xx	0,75	0,51	xx	xx
Mediana	1,51	xx	xx	0,09	xx	1,87	xx	0,90	xx	xx	1,23	0,92	xx	xx
No de Exames	14	xx	xx	58	xx	27	xx	12	xx	xx	14	7	xx	xx
DE (mSv)	0,19	xx	xx	0,01	xx	0,17	xx	0,01	xx	xx	0,23	0,08	xx	xx

**Tabela 5.2.2: Valores da técnica radiográfica e dados dos pacientes adultos**

Exames	Abdômen	Coluna Cervical		Tórax		Coluna Lombar		Crânio			Pelve	Coluna Torácica		Ombro
Projeção	AP	AP	LAT	PA	LAT	AP	LAT	AP	PA	LAT	AP	AP	LAT	AP
<b>Hospital A</b>														
kV	59-96 (74)	50-75 (64)	50-80 (65)	55-100 (73)	70-117 (85)	65-85 (74)	55-109 (83)	52-70 (65)	63-77 (69)	52-74 (64)	63-77 (70)	64-75 (70)	57-77 (69)	xx
mAs	20-100 (47,4)	10-80 (32,8)	10-40 (22,5)	5-18 (10,3)	7-42 (18,2)	20-125 (59,8)	25-160 (80,8)	20-50 (32,9)	10-60 (41,1)	10-50 (28,0)	32-80 (49,8)	20-100 (40)	39-100 (65,6)	xx
DFP (cm)	78-140 (97)	83-134 (95)	63-162 (93)	115-170 (150)	103-165 (143)	75-106 (89)	68-108 (84)	76-102 (89)	80-152 (99)	85-102 (95)	85-95 (90)	85-106 (91)	78-106 (88)	xx
Idade (anos)	25-80 (57)	19-84 (46)	19-84 (46)	16-85 (51)	16-85 (51)	19-79 (48)	19-79 (48)	22-79 (42)	18-73 (43)	27-79 (49)	16-84 (48)	19-73 (44)	19-73 (48)	xx
Peso (kg)	49-90 (66)	53-84 (64)	56-84 (66)	45-92 (64)	47-92 (64)	52-93 (69)	52-93 (69)	53-85 (73)	50-85 (63)	52-89 (70)	50-95 (67)	52-85 (66)	52-76 (65)	xx
Filtração (mmAl)	3,00													
<b>Hospital B</b>														
kV	56-80 (71)	55-58 (56)	xx	60-90 (69)	61-100 (82)	60-75 (70)	70-80 (76)	58-89 (68)	xx	55-68 (63)	xx	xx	xx	xx
mAs	12-52 (26,4)	16-25 (22,8)	xx	3,2-16 (8,2)	4-32 (15,8)	10-38 (27,3)	10-52 (32,8)	5,2-32 (25,6)	xx	20-32 (28,0)	xx	xx	xx	xx
DFP (cm)	100-180 (123)	100 (100)	xx	110-180 (154)	110-180 (150)	100-150 (105)	100-150 (110)	100-150 (109)	xx	100-110 (106)	xx	xx	xx	xx
Idade (anos)	20-51 (35)	18-83 (36)	xx	17-83 (48)	17-83 (48)	17-79 (48)	18-70 (35)	18-70 (35)	xx	18-90 (31)	xx	xx	xx	xx
Peso (kg)	51-65 (59)	52-78 (69)	xx	45-86 (65)	44-89 (65)	54-78 (64)	50-70 (61)	50-70 (61)	xx	50-65 (60)	xx	xx	xx	xx
Filtração (mmAl)	2,00 - 2,50													
<b>Hospital C</b>														
kV	xx	60-80 (72)	57-85 (73)	62-90 (73)	70-105 (85)	63-90 (76)	75-102 (86)	xx	63-90 (76)	60-80 (71)	62-85 (72)	70-85 (78)	75-90 (81)	60-80 (71)
mAs	xx	12-25 (18,0)	12-25 (18,3)	6,4-25 (15,5)	13-30 (23,6)	13-50 (26,2)	16-64 (35,3)	xx	16-50 (24,7)	10-50 (21,3)	13-32 (19,0)	20-32 (23,8)	20-50 (26,7)	13-25 (18,5)
DFP (cm)	xx	75-140 (123)	70-150 (114)	103-162 (121)	95-150 (109)	70-120 (87)	60-107 (78)	xx	66-126 (102)	80-125 (104)	68-100 (82)	70-122 (88)	70-109 (83)	100-146 (124)



<b>Idade (anos)</b>	xx	17-70 (44)	17-70 (44)	19-84 (47)	19-84 (47)	17-88 (47)	17-88 (47)	xx	17-71 (33)	19-71 (43)	17-71 (54)	26-88 (54)	26-88 (54)	26-85 (46)
<b>Peso (kg)</b>	xx	50-90 (66)	50-90 (66)	45-90 (66)	47-90 (66)	48-90 (68)	48-90 (68)	xx	48-75 (61)	48-75 (61)	47-89 (65)	45-74 (57)	45-74 (57)	45-90 (67)
<b>Filtração (mmAl)</b>	2,50-3,00													
<b>Hospital D</b>														
<b>kV</b>	60-90 (76)	57-70 (65)	58-75 (66)	63-102 (75)	70-117 (85)	66-85 (71)	66-100 (83)	xx	60-80 (73)	xx	xx	xx	xx	xx
<b>mAs</b>	20-80 (39,6)	10-30 (12,7)	10-30 (13,7)	2,5-16 (5,2)	2,5-32 (10,7)	20-64 (38,1)	30-100 (56,0)	xx	10-40 (21,0)	xx	xx	xx	xx	xx
<b>DFP (cm)</b>	70-100 (94)	80-150 (110)	80-150 (120)	90-180 (151)	90-170 (153)	85-150 (109)	78-150 (105)	xx	90-100 (92)	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Idade (anos)</b>	30-70 (52)	37-81 (52)	37-81 (52)	18-79 (46)	18-79 (46)	26-74 (54)	26-74 (54)	xx	20-79 (40)	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Peso (kg)</b>	55-85 (66)	60-80 (69)	60-80 (69)	45-90 (68)	45-90 (68)	45-90 (71)	45-90 (71)	xx	50-90 (66)	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Filtração (mmAl)</b>	3,50													
<b>Hospital E</b>														
<b>kV</b>	52-77 (64)	57-77 (68)	60-81 (68)	70-125 (83)	77-125 (95)	xx	xx	xx	52-70 (65)	xx	55-81 (66)	xx	xx	xx
<b>mAs</b>	80-100 (88,6)	16-50 (39,7)	16-50 (40,7)	6,3-16 (8,5)	10-32 (16,4)	xx	xx	xx	50-80 (64,6)	xx	50-100 (71,1)	xx	xx	xx
<b>DFP (cm)</b>	88-107 (96)	90-185 (136)	92-185 (138)	140-185 (162)	138-180 (157)	xx	xx	xx	82-100 (87)	xx	75-115 (93)	xx	xx	xx
<b>Idade (anos)</b>	17-70 (47)	17-75 (43)	17-75 (43)	17-81 (52)	17-79 (53)	xx	xx	xx	16-68 (51)	xx	17-65 (41)	xx	xx	xx
<b>Peso (kg)</b>	50-70 (56)	50-80 (68)	50-80 (68)	50-90 (63)	50-90 (63)	xx	xx	xx	55-80 (66)	xx	50-80 (71)	xx	xx	xx
<b>Filtração (mmAl)</b>	2,50													
<b>Hospital F</b>														
<b>kV</b>	60-78 (67)	58-60 (60)	xx	58-90 (70)	xx	62-83 (71)	68-92 (83)	xx	60-70 (66)	xx	60-74 (68)	xx	xx	xx
<b>mAs</b>	20-100 (59,1)	10-80 (66,8)	xx	10-28 (15,4)	xx	60-100 (95)	100-200 (152,7)	xx	36-100 (80,9)	xx	40-100 (66,6)	xx	xx	xx
<b>DFP (cm)</b>	70-130 (88)	80-120 (91)	xx	100-146 (124)	xx	50-85 (73)	40-86 (64)	xx	70-120 (76)	xx	70-100 (82)	xx	xx	xx
<b>Idade (anos)</b>	26-74 (46)	24-83 (46)	xx	17-87 (44)	xx	31-73 (56)	31-69 (51)	xx	19-63 (41)	xx	24-73 (48)	xx	xx	xx
<b>Peso (kg)</b>	54-78 (62)	55-80 (67)	xx	50-95 (67)	xx	52-79 (65)	52-79 (68)	xx	57-85 (70)	xx	50-68 (60)	xx	xx	xx
<b>Filtração (mmAl)</b>	2,1 – 3,4													
<b>Hospital G</b>														
<b>kV</b>	70-90 (81)	60-80 (73)	60-80 (73)	65-117 (80)	xx	66-102 (86)	81-125 (95)	xx	68-90 (78)	xx	xx	xx	xx	60-81 (72)
<b>mAs</b>	20-60 (43,6)	6,6-32 (17,4)	6,6-32 (17,5)	2,5-25 (11,8)	xx	15-90 (48,6)	40-125 (74,2)	xx	5-50 (30,9)	xx	xx	xx	xx	6,6-40 (19,5)
<b>DFP (cm)</b>	90-180 (117)	76-110 (91)	76-130 (96)	90-180 (121)	xx	60-120 (94)	60-120 (93)	xx	76-100 (87)	xx	xx	xx	xx	58-100 (88)
<b>Idade (anos)</b>	21-57 (37)	23-79 (46)	23-79 (46)	22-79 (44)	xx	23-78 (45)	23-78 (45)	xx	19-72 (32)	xx	xx	xx	xx	43-73 (55)
<b>Peso (kg)</b>	60-74 (67)	50-94 (65)	50-94 (65)	48-94 (66)	xx	48-94 (69)	48-94 (70)	xx	49-87 (65)	xx	xx	xx	xx	58-86 (71)
<b>Filtração (mmAl)</b>	2,00-4,00													
<b>Hospital H</b>														
<b>kV</b>	xx	68-77 (71)	66-78 (71)	56-81 (70)	xx	60-82 (72)	66-102 (81)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx

<b>mAs</b>	xx	36-125 (55,5)	36-125 (34,7)	20-50 (36,3)	xx	56-200 (132,0)	120-200 (188,0)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
<b>DFP (cm)</b>	xx	108-140 (124)	98-140 (119)	100-140 (120)	xx	72-92 (82)	70-85 (76)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Idade (anos)</b>	xx	43-81 (61)	43-81 (61)	16-80 (46)	xx	25-81 (53)	25-81 (53)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Peso (kg)</b>	xx	50-79 (64)	50-79 (64)	50-87 (62)	xx	50-90 (70)	50-90 (70)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Filtração (mmAl)</b>	1,93 - 3,20													
<b>Hospital I</b>														
<b>kV</b>	60-71 (66)	xx	xx	62-90 (79)	xx	58-70 (65)	xx	60-79 (66)	xx	xx	60-79 (66)	57-68 (60)	xx	xx
<b>mAs</b>	25-50 (36,1)	xx	xx	4,5-6 (4,6)	xx	25-50 (39)	xx	18-50 (34,3)	xx	xx	18-50 (34,3)	30-50 (36,7)	xx	xx
<b>DFP (cm)</b>	85	xx	xx	150-162 (160)	xx	85	xx	80-90 (85)	xx	xx	80-90 (85)	85	xx	xx
<b>Idade (anos)</b>	16-50 (32)	xx	xx	17-92 (51)	xx	22-77 (50)	xx	16-85 (45)	xx	xx	16-85 (45)	28-56 (43)	xx	xx
<b>Peso (kg)</b>	58-90 (80,4)	xx	xx	50-92 (76,3)	xx	62-90 (79,7)	xx	54-94 (76,5)	xx	xx	54-94 (76,5)	71-93 (82,7)	xx	xx
<b>Filtração (mmAl)</b>	3,30													

**Tabela 5.2.3:** Doses nos Órgãos (mGy) nos pacientes adultos

Hospital	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Abdômen AP</b>									
<b>Bexiga urinária</b>	0,65	0,33	xx	0,7	1,62	0,35	0,83	xx	0,64
<b>Estômago</b>	0,48	0,25	xx	0,53	1,21	0,26	0,62	xx	0,48
<b>Intestino grosso superior</b>	0,48	0,23	xx	0,52	1,14	0,25	0,62	xx	0,46
<b>Bexiga</b>	0,48	0,23	xx	0,52	1,13	0,25	0,61	xx	0,45
<b>Útero</b>	0,4	0,19	xx	0,45	0,92	0,2	0,51	xx	0,37
<b>Intestino delgado</b>	0,4	0,19	xx	0,44	0,91	0,2	0,5	xx	0,37
<b>Intestino grosso inferior</b>	0,32	0,15	xx	0,35	0,73	0,16	0,41	xx	0,29
<b>Ovários</b>	0,31	0,14	xx	0,34	0,68	0,15	0,39	xx	0,27
<b>Fígado</b>	0,27	0,13	xx	0,29	0,65	0,14	0,34	xx	0,26
<b>Região de tronco</b>	0,21	0,11	xx	0,23	0,52	0,11	0,27	xx	0,21
<b>Pâncreas</b>	0,21	0,09	xx	0,23	0,46	0,1	0,27	xx	0,18
<b>Tecidos residuais</b>	0,13	0,07	xx	0,14	0,33	0,07	0,17	xx	0,13
<b>Pele</b>	0,1	0,06	xx	0,11	0,28	0,06	0,13	xx	0,11
<b>Baço</b>	0,12	0,05	xx	0,13	0,25	0,06	0,15	xx	0,1
<b>Rins</b>	0,09	0,04	xx	0,1	0,17	0,04	0,11	xx	0,07
<b>Coluna Cervical AP</b>									
<b>Tiróide</b>	0,39	0,53	0,29	0,14	0,72	0,43	0,52	0,63	xx
<b>Crânio</b>	0,09	0,12	0,08	0,03	0,18	0,10	0,14	0,16	xx
<b>Esqueleto</b>	0,03	0,04	0,03	0,01	0,06	0,03	0,05	0,05	xx
<b>Esôfago</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	xx
<b>Cristalino</b>	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	xx
<b>Pele</b>	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	xx
<b>Tecidos residuais</b>	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	xx
<b>Tórax PA</b>									
<b>Supra-renal</b>	0,04	0,06	0,16	0,03	0,09	0,04	0,15	0,22	0,04
<b>Pulmões</b>	0,04	0,06	0,14	0,03	0,08	0,04	0,14	0,20	0,04
<b>Baço</b>	0,03	0,05	0,13	0,03	0,08	0,04	0,13	0,19	0,04

<b>Rins</b>	0,03	0,05	0,11	0,02	0,06	0,03	0,10	0,16	0,03
<b>Esqueleto</b>	0,02	0,04	0,09	0,02	0,05	0,03	0,09	0,14	0,02
<b>Região de tronco</b>	0,02	0,03	0,07	0,01	0,04	0,02	0,06	0,10	0,02
<b>Fígado</b>	0,02	0,02	0,06	0,01	0,04	0,02	0,06	0,09	0,02
<b>Esôfago</b>	0,02	0,02	0,06	0,01	0,04	0,02	0,06	0,08	0,02
<b>Pâncreas</b>	0,01	0,02	0,06	0,01	0,04	0,02	0,06	0,08	0,02
<b>Coração</b>	0,01	0,02	0,05	0,01	0,03	0,01	0,04	0,06	0,01
<b>Medula óssea</b>	0,01	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	0,04	0,06	0,01
<b>Crânio PA</b>									
<b>Crânio</b>	0,21	xx	0,35	0,13	0,83	0,31	0,46	xx	xx
<b>Cérebro</b>	0,10	xx	0,18	0,07	0,40	0,15	0,24	xx	xx
<b>Esqueleto</b>	0,05	xx	0,09	0,04	0,22	0,08	0,12	xx	xx
<b>Pele</b>	0,03	xx	0,04	0,02	0,11	0,04	0,06	xx	xx
<b>Tiróide</b>	0,01	xx	0,02	0,01	0,05	0,02	0,03	xx	xx
<b>Medula óssea</b>	0,01	xx	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02	xx	xx
<b>Tecidos residuais</b>	0,01	xx	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02	xx	xx
<b>Cristalino</b>	0,00	xx	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	xx	xx
<b>Pelve AP</b>									
<b>Testículos</b>	0,79	xx	0,77	xx	2,64	0,78	xx	xx	1,12
<b>Bexiga</b>	0,62	xx	0,49	xx	1,59	0,47	xx	xx	0,69
<b>Intestino grosso superior</b>	0,35	xx	0,29	xx	0,92	0,27	xx	xx	0,40
<b>Útero</b>	0,35	xx	0,28	xx	0,86	0,25	xx	xx	0,38
<b>Intestino delgado</b>	0,31	xx	0,25	xx	0,78	0,23	xx	xx	0,34
<b>Intestino grosso inferior</b>	0,28	xx	0,23	xx	0,73	0,22	xx	xx	0,32
<b>Ovários</b>	0,26	xx	0,20	xx	0,62	0,19	xx	xx	0,28
<b>Região de tronco</b>	0,16	xx	0,12	xx	0,41	0,12	xx	xx	0,18
<b>Tecidos residuais</b>	0,13	xx	0,10	xx	0,33	0,10	xx	xx	0,14
<b>Pele</b>	0,11	xx	0,09	xx	0,30	0,09	xx	xx	0,13
<b>Esqueleto</b>	0,07	xx	0,05	xx	0,16	0,05	xx	xx	0,07
<b>Perna</b>	0,05	xx	0,05	xx	0,16	0,05	xx	xx	0,07
<b>Bexiga</b>	0,05	xx	0,04	xx	0,13	0,04	xx	xx	0,06
<b>Medula óssea</b>	0,04	xx	0,03	xx	0,09	0,03	xx	xx	0,04
<b>Estômago</b>	0,03	xx	0,03	xx	0,08	0,02	xx	xx	0,04
<b>Coluna Lombar AP</b>									
<b>Estômago</b>	0,68	0,53	0,60	0,28	xx	0,69	1,25	3,33	0,60
<b>Bexiga</b>	0,59	0,45	0,52	0,24	xx	0,60	1,13	2,85	0,50
<b>Intestino grosso superior</b>	0,54	0,42	0,48	0,22	xx	0,55	1,04	2,64	0,47
<b>Intestino delgado</b>	0,45	0,34	0,40	0,18	xx	0,45	0,87	2,16	0,38
<b>Útero</b>	0,42	0,32	0,38	0,17	xx	0,43	0,83	2,04	0,36
<b>Fígado</b>	0,39	0,30	0,34	0,16	xx	0,40	0,73	1,91	0,34
<b>Ovários</b>	0,32	0,23	0,28	0,13	xx	0,32	0,64	1,52	0,26
<b>Pâncreas</b>	0,29	0,22	0,26	0,12	xx	0,30	0,59	1,42	0,25
<b>Bexiga</b>	0,29	0,21	0,26	0,12	xx	0,29	0,55	1,37	0,24
<b>Intestino grosso inferior</b>	0,24	0,18	0,22	0,10	xx	0,25	0,48	1,18	0,21
<b>Região de tronco</b>	0,20	0,16	0,18	0,08	xx	0,20	0,37	0,99	0,17
<b>Baço</b>	0,13	0,10	0,12	0,05	xx	0,14	0,28	0,64	0,11
<b>Tecidos residuais</b>	0,11	0,09	0,10	0,05	xx	0,11	0,21	0,56	0,10
<b>Rins</b>	0,10	0,08	0,09	0,04	xx	0,10	0,21	0,50	0,09
<b>Supra-renal</b>	0,10	0,07	0,08	0,04	xx	0,10	0,20	0,46	0,08

**Tabela 5.2.4:** Valores de DEP (mGy), mínimo, máximo, média, máximo/mínimo e interquartil para pacientes adultos.

Exames	Projeção	Min.	Média	Max.	Max./min. para pacientes individuais	30/10 quartil para pacientes individuais	Valor médio de Max./min. da DEP entre hospitais
<b>Abdômen</b>	AP	0,2	1,75	5,26	27,0	2,91	4,7
<b>Coluna cervical</b>	AP	0,075	0,64	2,47	33,0	2,55	5,3
	LAT	0,055	0,6	2,33	42,4	2,33	5,6
<b>Tórax</b>	PA	0,019	0,19	1,25	65,8	3,01	9,1
	LAT	0,03	0,48	1,73	63,8	3,24	5,7
<b>Coluna lombar</b>	AP	0,14	2,37	26,1	186,4	2,14	13,2
	LAT	0,18	4,75	33,4	185,6	2,30	10,0
<b>Crânio</b>	PA	0,26	1,26	4,32	16,9	3,15	6,8

**Tabela 5.2.5:** Comparação de DEP com valores de referência internacionais (mGy) nos pacientes adultos.

Exames	Projeção	Este estudo (2006) valores de 3º quartil	IPSM (1992)	IAEA (BSS) (1996)	EC 1990, 1996a, 1999a.	NRPB 1999
<b>Abdômen</b>	AP	2,26	10	10	-	10
<b>Coluna cervical</b>	AP	0,82	-	-	-	-
	LAT	0,76	-	-	-	-
<b>Tórax</b>	PA	0,24	0,3	0,4	0,3	0,3
	LAT	0,62	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>Coluna lombar</b>	AP	2,60	10	10	10	10
	LAT	4,75	30	30	30	30
<b>Crânio</b>	PA	1,55	5	5	5	5

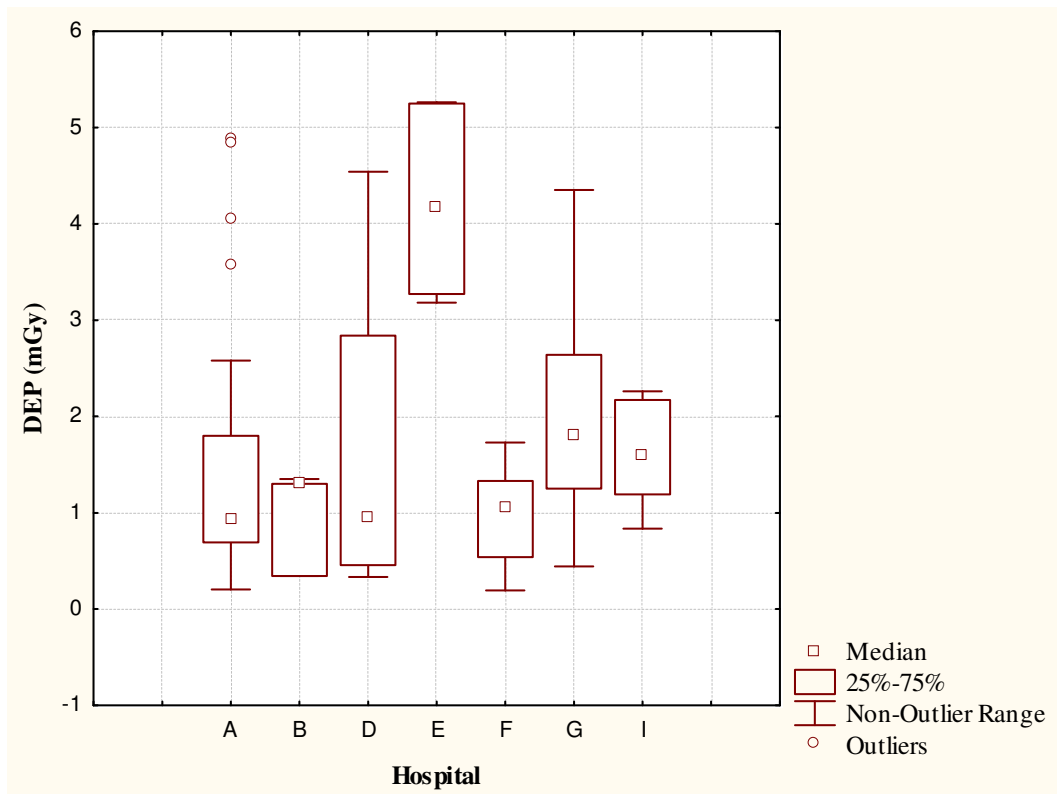


Figura 5.2.1: Box & Whiskers plot para DEP (mGy) no Abdômen AP (pacientes adultos)

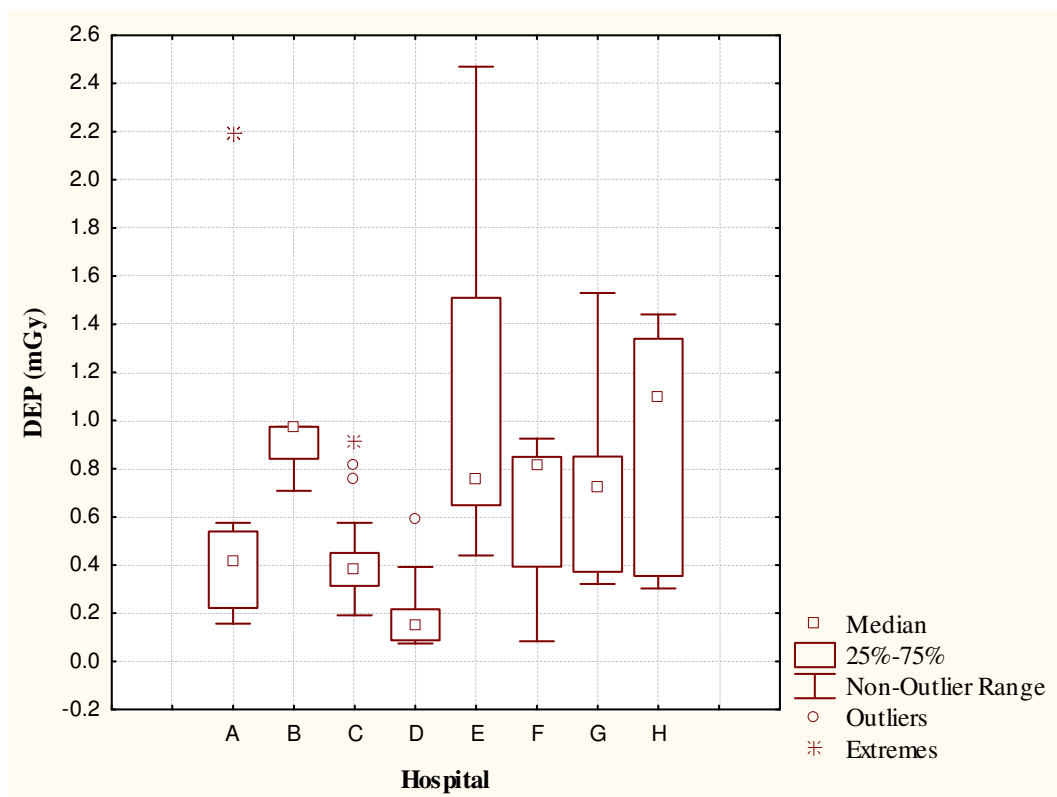
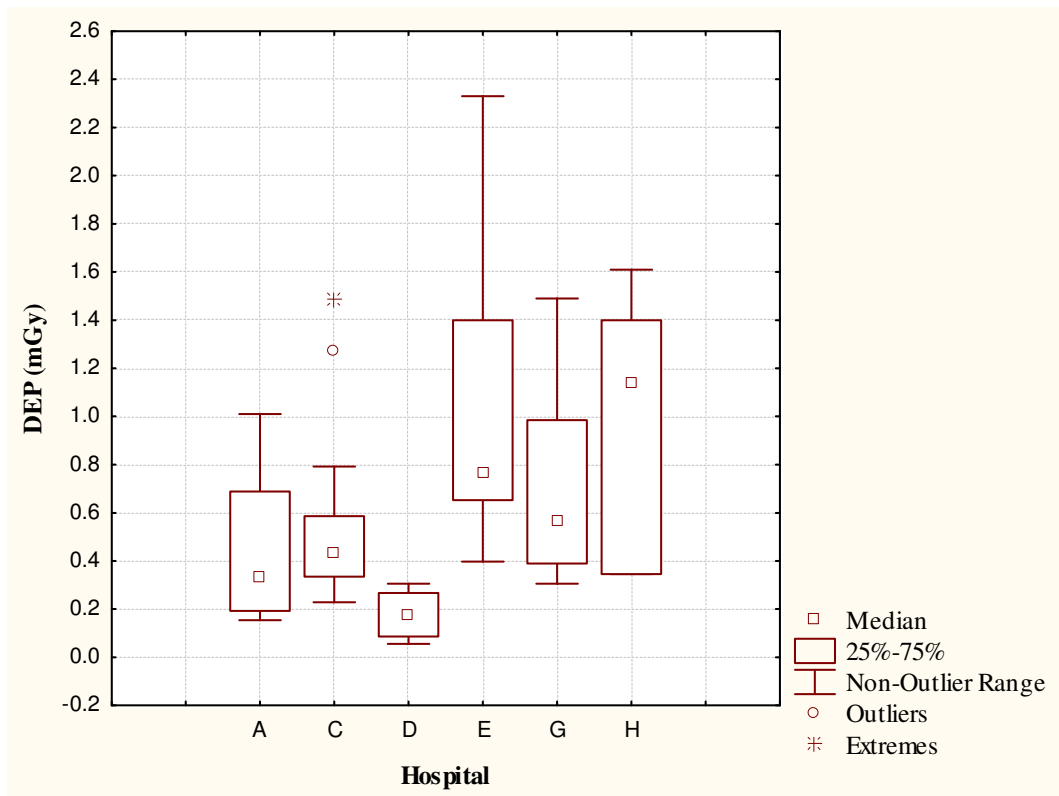
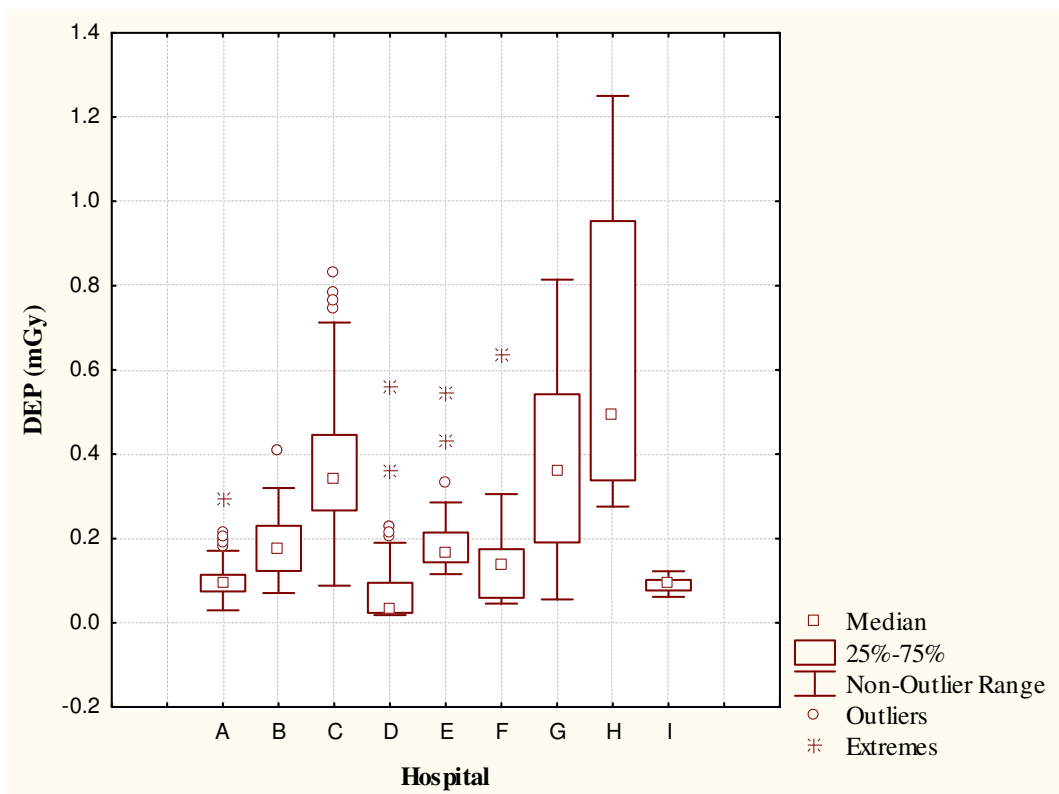


Figura 5.2.2: Box & Whiskers plot para DEP (mGy) na Coluna cervical AP (pacientes adultos)



**Figura 5.2.3:** *Box & Whiskers plot* para DEP (mGy) na Coluna cervical LAT (pacientes adultos)



**Figura 5.2.4:** *Box & Whiskers plot* para DEP (mGy) no Tórax PA (pacientes adultos)

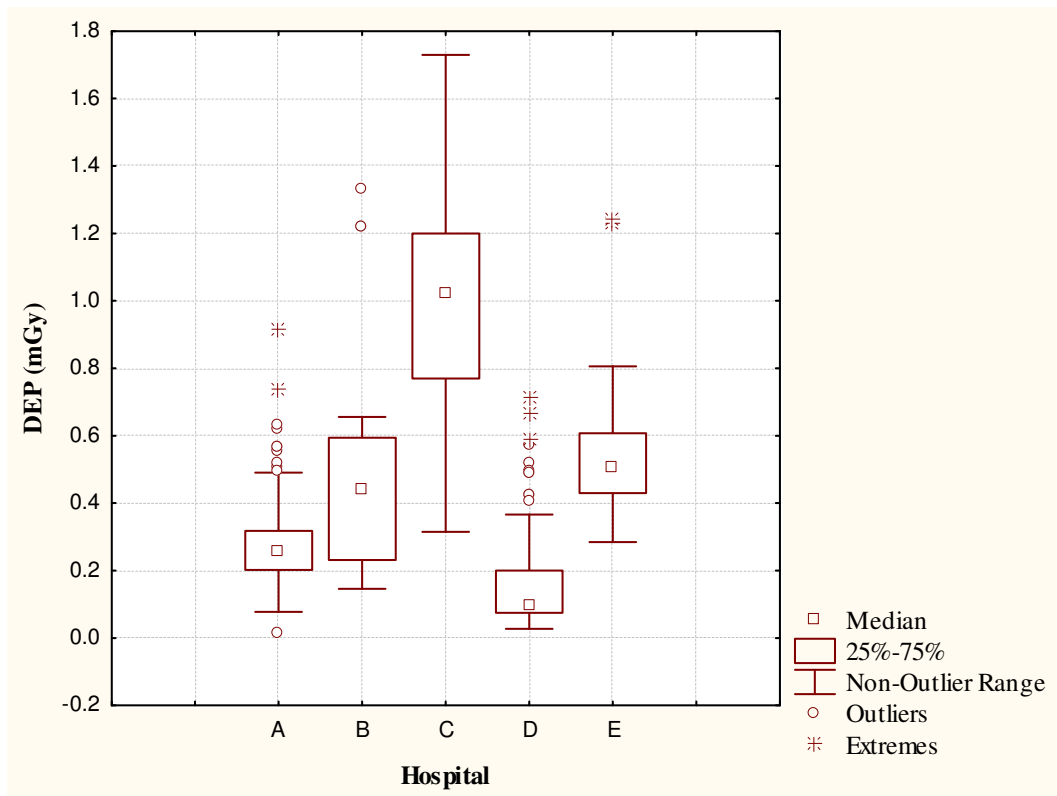


Figura 5.2.5: Box & Whiskers plot para DEP (mGy) no Tórax LAT (pacientes adultos)

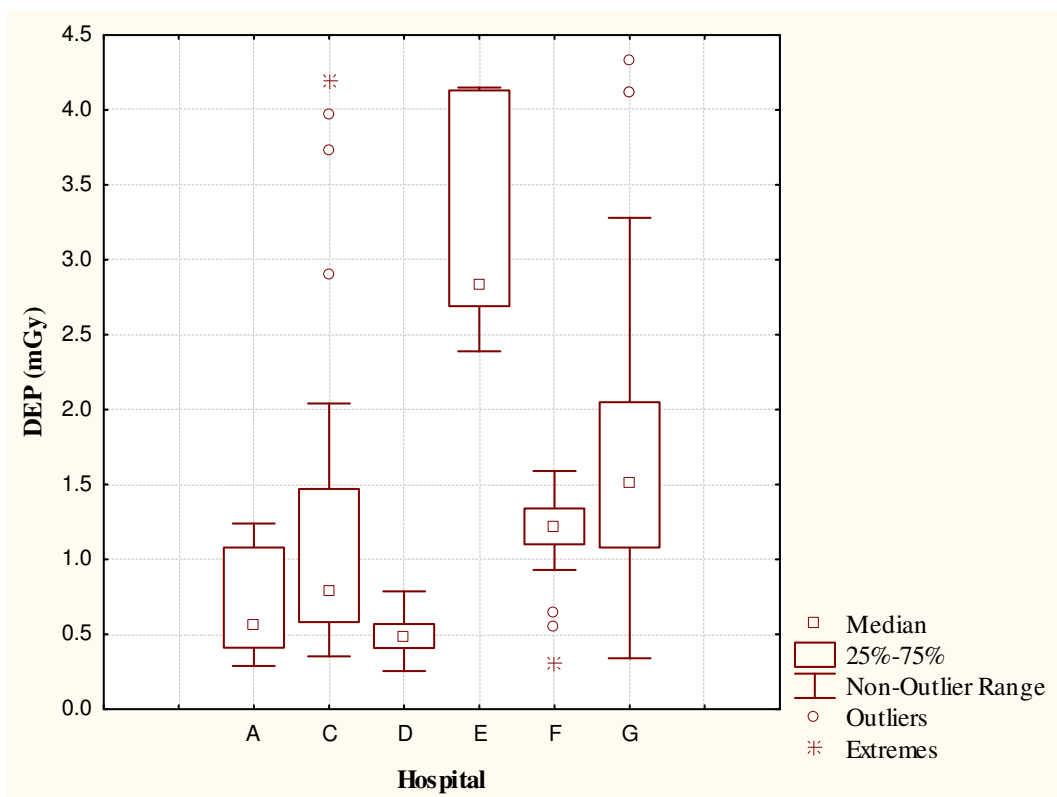


Figura 5.2.6: Box & Whiskers plot para DEP (mGy) no Crânio PA (pacientes adultos)

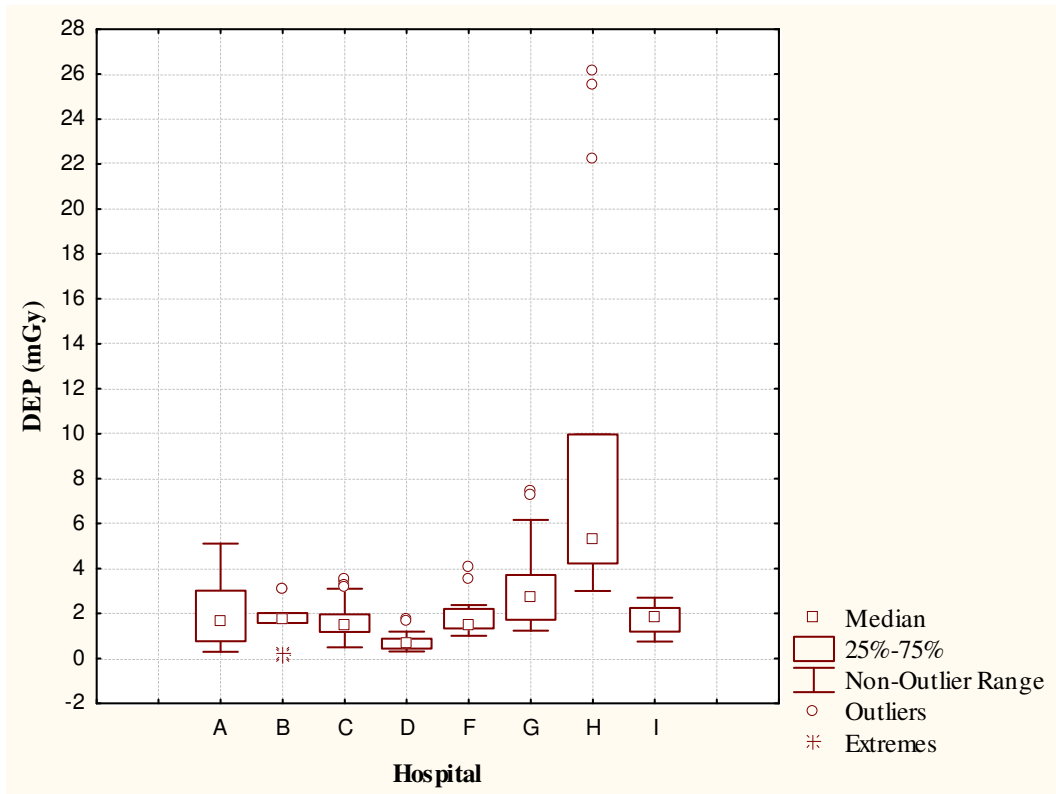


Figura 5.2.7: Box & Whiskers plot para DEP (mGy) na Coluna Lombar AP(pacientes adultos)

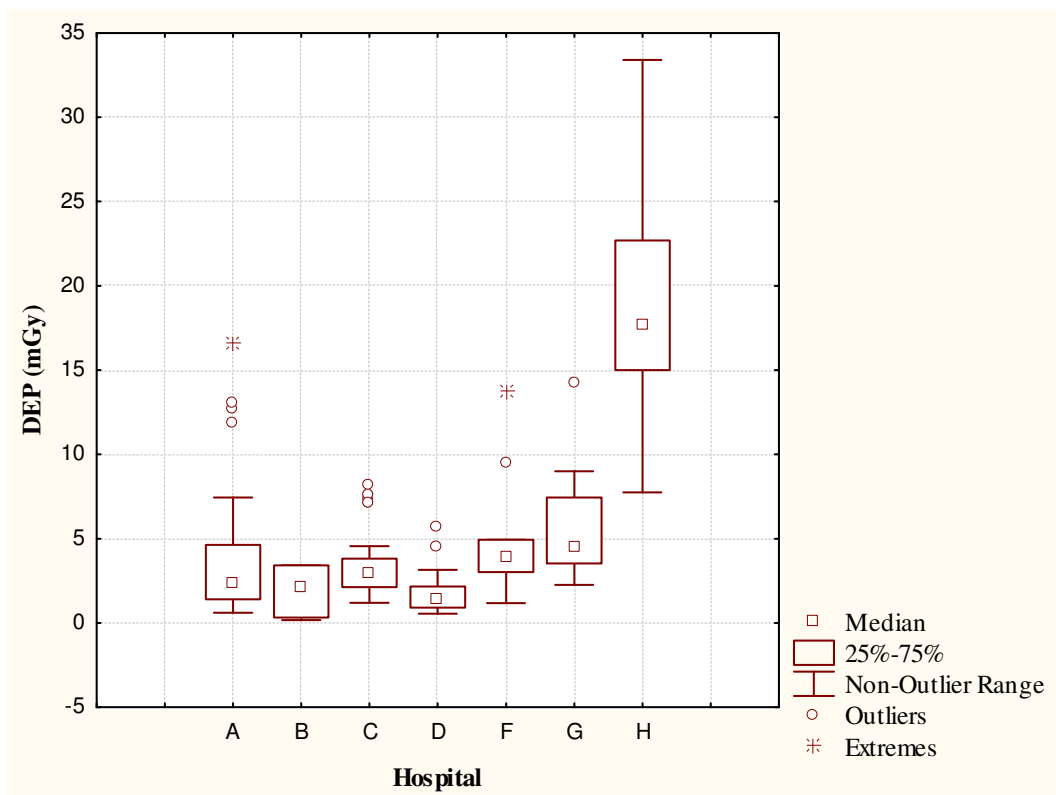


Figura 5.2.8: Box & Whiskers plot para DEP (mGy) na Coluna Lombar LAT (pacientes adultos)



No entanto, foi constatado que o princípio de ALARA não era obedecido na maioria das situações, pois não há nenhuma padronização de procedimentos nem técnicas radiográficas. Além disso, deveriam ser observadas as recomendações de proteção radiológicas contidas na legislação nacional e internacional. Ficou a impressão de que algumas das radiografias realizadas poderiam ter sido evitadas sem detrimento ao diagnóstico.

A Portaria no 453 do Ministério da Saúde, entretanto, não define procedimentos práticos para a implantação dos requisitos necessários. Em síntese, a Portaria exige que:

- *Os serviços de radiologia façam o controle dos equipamentos e das radiações de forma metrologicamente correta, e que o paciente e o profissional envolvido recebam uma dose de radiação de magnitude conhecida e;*
- *Os serviços mantenham um sistema de registro de todos os procedimentos realizados de forma mais completa possível e de maneira que possam ser investigados.*

A Portaria determina a obrigatoriedade de um programa de controle de qualidade em radiodiagnóstico. O programa deve ser implementado com o objetivo de realizar teste de Constância para verificar as características técnicas e requisitos de desempenho dos equipamentos de raios X e evitar que os equipamentos sejam operados fora das condições exigidas pelo regulamento, entre outros.

Apesar de existência de Portaria no 453, por parte do governo, não há nenhum fomento na capacitação e formação desses profissionais que trabalham atendendo ao Sistema Único de Saúde (SUS), nem, muito menos, há uma política de saúde pública que invista recursos financeiros para minimizar os altos gastos de exames radiológicos e para minimizar os efeitos resultantes do uso desnecessário de radiografias nos pacientes.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES

Este estudo mostrou o nível das doses de radiação em radiodiagnóstico no Estado do Rio de Janeiro. Os resultados apresentaram grandes discrepâncias nos valores médios de DEP nos pacientes pediátricos e pacientes adultos. No entanto, os valores médios da DEP ficaram, geralmente, abaixo dos níveis de referência para os pacientes adultos. Quanto aos pacientes pediátricos, alguns valores ficaram acima dos recomendados internacionalmente. Esses resultados devem-se a vários fatores como filtração, técnica radiográfica, experiência profissional do técnico e desempenho dos equipamentos radiográficos.

As conclusões deste estudo são que há uma necessidade urgente de se buscar otimização, melhorar o treinamento dos técnicos de radiologia, melhorar o desempenho dos equipamentos emissores de radiação ionizante, como também usar equipamentos dedicados a crianças para reduzir o dano causado pelas doses altas desnecessárias. Há necessidade da implementação de Programas de Controle e Garantia de Qualidade em hospitais, para contribuir decisivamente não só para a padronização dos procedimentos, mas também para diminuição da dose coletiva e dos custos do serviço de radiologia. Também há necessidade do estabelecimento de níveis de referência diagnóstica nacionais e locais, com a finalidade de reduzir a variação das doses fornecidas aos pacientes.

Espera-se que esse trabalho tenha contribuído para alertar os profissionais de saúde quanto às não-conformidades da prática radiológica, com especial ênfase à pediatria. Várias medidas de baixo custo e de simples implementação podem ser inseridas na rotina dos serviços radiológicos de saúde e que em muito contribuirão para a redução das doses, redução do índice de rejeição de radiografias e melhoria da qualidade da imagem, com a conseqüente redução dos custos operacionais dos serviços de radiologia.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARMPILIA, C. I.; FIFE, I. A. J AND CROASDALE, P. L. Radiation dose quantities and risk in neonates in a special care infant unit. **Br. J. Radiol.**; v. 75, 2002, p. 590-595.

AROUA A., BESANÇON A. BUCHILLIER-DECKER I., TRUEB P., VALLEY J. F. VERDUN F. R. AND ZELLER W. Adult reference levels in diagnostic and interventional radiology for temporary use in Switzerland. **Radiat. Prot. Dosim.**, 2004, p. 1-7.

AZEVEDO, A. C. P.; OSIBOTE O. A.; BOECHAT, M. C. B. Survey of doses and frequency of X-ray examinations on children at the intensive care unit o a large reference pediatric hospital. **Applied Radiation and Isotopes**. No prelo.

BEGUM, Z. Entrance Surface, Organ and Effective Doses for some of the patients undergoing different types of X-ray procedures in Bangladesh. **Radiat. Prot. Dosim.** v. 95, no.3, 2001, p. 257-262.

BENINI, A. Introduction to the principles of radiation protection and risk estimation (SMR. 1424-34) presented at the College on Medical Physics, International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy. 2002.

BERRINGTON, G. A.; DARBY, S. Risk of cancer from diagnostic x-rays: estimates for the UK and 14 other countries. **Lancet**, 2004, no 363: p. 345-351.

BOGUCARSKIS, K.; SALMINS, A.; GFIRTNER, H. AND ANATSCHKOWA. Estimation of patient doses for common diagnostic X-ray examinations in Latvian Hospitals: Analysis of radiographic techniques and comparison with European Guidelines. **Radiat. Prot. Dosim**, v. 114, nos 1-3, 2005, p. 176-179.

BRENNER, D. J; DOLL, R; GOODHEAD, D. T, et al. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. **Proc. Natl. Acad. Sci. U S A**. 2003, no 100: 13761-13766.

BRINDHABAN, A.; AL-KHALIFAH, K. Radiation dose to premature infants in neonatal intensive care units in Kuwait. **Radiat Prot Dosim**; DOI 10.1093/rpd/nch338, 2004, p. 1-7.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (CEC). Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics. Working Document No. XII/307/91 June 1992.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (CEC) - European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. EUR 16260EN. The European Commission, 1996.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (CEC) - European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics. EUR 16261EN. The European Commission, 1996.

CHAPPLE, C. L.; FAULKNER, K.; HUNTER, E. W. Energy imparted to neonates during X-ray examinations in a special care baby unit. **Br. J. Radiol.**; v. 67: 1994, p. 366-370.

CHAPPLE, C. L.; FAULKNER K; LEE, R. E. J & HUNTER, E. W. Results of a Survey of Doses to Paediatric Patients Undergoing Common Radiological Examinations. **Br. J. Radiol.**; v. 65. 1992, p. 225-231.

CHENG, K. M.; CHAN, C. N. Radiation protection in diagnostic radiology. **Public Health & Epidemiology Bulletin** v. 6 no 3. 1997, p. 17-21.

CHIH-I LEE. **Evaluation of radiation dose in paediatric scoliosis radiography.** Thesis submitted to the School of Medical Radiation Sciences at the University of Sydney for the Degree of Master of Applied Science (Medical Radiation Sciences) by Research. 2002.

COMPAGNONE, G.; PAGAN, L. AND BERGAMINI, C. Effective Dose calculations in conventional diagnostic radiology X-ray examinations for adults and paediatric patients in a large Italian Hospital. **Radiat. Prot. Dosim**, v. 114, nos 1-3, 2005, p 164-167.

COUNCIL FOR INTERNATIONAL ORGANIZATIONS OF MEDICAL SCIENCES (CIOMS), in collaboration with World Health Organization. **International Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects**. Geneva, 1993.

COUNCIL OF RADIATION CONTROL PROGRAM DIRECTORS/CENTER FOR DEVICES AND RADIOLOGICAL HEALTH (CRCPD/CDRH). **Average patient exposure dose guides** 1992, CRCPD Pub. 92-4 Frankfurt: CRCPD, 1992.

DARBY, S. C.; KENDALL, G. M.; RAES AND WALL, B. F. **The genetically significant dose from diagnostic radiology in Great Britain in 1977**. National Radiological Protection Board, Harwell Report No NRPB R-106. 1980 (HMSO, London).

DAVIES, M.; MCCALLUM, H.; WHITE, G.; BROWN, J.; HELM, M. Patient dose audit in diagnostic radiography using custom designed software. *The College of Radiographers* 3, 1997, p. 17-25.

DENDY, P. P. AND GOLDSTONE, K. E. **Radiation measurement and doses to patients**. In Dendy P. P and Heaton B. (Eds.), *Physics for Diagnostic Radiology* (2nd ed., p.135-162). 1999. Bristol: Institute of Physics Publishing.

DICKIE, G. J; FITCHEW, R. S. **Medical radiation and the risk of cancer**. Editorial *MJA*; 2004, 180 (11): 548-549.

DOSECAL USER MANUAL. The Radiological Protection Centre Department of Medical Physics & Bio-Engineering St. George's Hospital, Tooting London SW17 OQT 27 February 2001.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Limiting values of radionuclide intake and air concentration and dose conversion factors for inhalation, submersion and ingestion.** Federal Guidance Report No. 11, Office of Radiation Programs, EPA 520/1-88-020, September, 1988. Washington, D.C.

EURATOM. EUR 19959 Understanding the effects of radiation on health. European Communities, Belgium. 2002.

EUROPEAN COMMISSION. Referral guidelines for Imaging. Radiation Protection 118 Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001

FAULKNER, K.; BARRY, J. K. AND SMALLEY, P. Radiation dose to neonates in a special care infant unit. **Br. J. Radiol.**; v. 62: 1989, p. 230-233.

FLETCHER, E. W. L.; BAUM, J. D. AND DRAPER, G. The risk of diagnostic radiation of the newborn. **Br. J. Radiol.**; v. 59: 1986, p. 165-170.

FREITAS, M. B. AND YOSHIMURA, E. M. An overview of doses to patients and irradiation conditions of diagnostic chest X ray examinations carried out in hospitals of the city of Sao Paulo, Brazil. **Radiat Prot. Dosim.** v. 103, no. 2, 2003, p 141-148.

FREITAS, M. B. AND YOSHIMURA, E. M. Dose measurements in chest diagnostic X-rays adult and paediatric patients. **Radiat. Prot. Dosim.**, Advance Access. DOI 10.1093/rpd/nch363, 2004, p. 1-7.

GALLINI, R. E.; BELLETTI, S.; BERNA, V. AND GIUGNI, U. Adult and child doses in standardized X-ray examinations. **Radiat. Prot. Dosim.**, v. 43, no.1/4, 1992, p. 41-47.

GELEIJNS, J.; BROERSE, J. J.; VLIET, M.; VAN LÓPEZ, M. AND ZONDERLAND, H. M. Assessment of effective dose in paediatric radiology: A survey at 14 Dutch hospitals. **Radiat. Prot. Dosim.** v. 90 no 1-2, 2000, p. 135-140.

GOGOS, K. A.; YAKOUMAKIS, E. N.; TSALAFOUTAS, I. A.; MAKRI, T. K. Radiation dose considerations in common Paediatric X-ray Examinations. **Pediatr Radiol.** v. 33; 2003, p. 236-240.

HART, D.; JONES, D. G.; WALL, B. F. Normalized organ doses for medical X-ray examinations calculated using Monte Carlo techniques, NRPB-SR262, NRPB, Chilton. 1994.

HART D.; JONES D. G.; WALL B. F. Normalized organ doses for pediatric X-ray examinations calculated using Monte Carlo techniques, NRPB-SR279, NRPB, Chilton. 1996.

HELSINKI DECLARATION 1964. Adopted by the 18<sup>th</sup> World Medical Assembly and as amended by the 29<sup>th</sup> World Medical Assembly, Tokyo, 1975, the 35<sup>th</sup> World Medical Assembly, Venice, 1983, and the 41<sup>st</sup> World Medical Assembly, Hong Kong.

HUDA, W. AND GKANATSIOS, N. A. Effective dose and energy imparted in diagnostic radiology. **Medical Physics**, v. 24 no 8, 1997, p. 1311-1316.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Radiation doses in diagnostic radiology and methods for dose reduction. 1995. IAEA-TEC DOC – 796 (Vienna: IAEA).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the safety of radiation sources. **Safety series no 115-1**. Vienna: IAEA, 1996.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) - Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Revised December 1, 1954), British Journal of Radiology, Supplement n°6. 1955.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) -  
Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, **ICRP  
Publication 1**, 1959 Pergamon Press, Oxford.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) -  
The evaluation of risks from radiations, **ICRP Publication 8**, 1966a. Pergamon Press,  
Oxford.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) -  
Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, **ICRP  
Publication 9**, 1966b Pergamon Press, Oxford.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) -  
Implications of Commission Recommendations that Doses be kept as low as readily  
achievable, **ICRP Publication 22**, 1973 Pergamon Press, Oxford.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) -  
Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, **ICRP  
Publication 26**, 1977 Pergamon Press, Oxford and New York.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP)  
1990. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.  
**ICRP Publication 60**; Ann. ICRP 21 (1-3) 1991a. Oxford: Pergamon Press.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) -  
Radiological Protection and Safety in Medicine. **ICRP Publication 73**; 26 (2). 1996.  
Oxford: Pergamon Press.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP).  
Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. **ICRP  
Publication 85**; 30 (2). 2000. Oxford: Pergamon Press.



INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) - **Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging: Review and Additional Advice.** A web module produced by Committee 3 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). 2001.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) - Draft for Discussion. **Basis for dosimetric quantities used in radiological protection,** ICRP Committee 2. 2005.

INSTITUTE OF PHYSICS AND ENGINEERING IN MEDICINE, IPSM Report No. 53: **Patient dosimetry techniques in diagnostic radiology,** UK. 1988. p. 53 and Table A7, p. 117.

JONES, N. F.; PALARM, T. W. AND NEGUS, I. S. Neonatal chest and abdominal radiation dosimetry: a comparison of two radiographic techniques. **Br. J. Radiol.;** v. 74: 2001. p. 920-925.

KYRIOU, J. C, NEWEY, V.; FITZGERALD, M. C. **Patient doses in diagnostic radiology at the touch of a button.** The Radiological Protection Centre, St. George's Hospital, London, United Kingdom.

KYRIOU, J. C.; NEWEY, V.; FITZGERALD, M. C. **The best practice in pediatric radiography.** Radiological Protection Centre, Saint Georges' Hospital, London; 2000.

LE HERON, J. AND POLETTI, J. Reference doses for patients in diagnostic radiology. *Radiation Protection in Australia;* 12: 1994, p. 45-49

LOWE, A.; FINCH, A.; BONIFACE, D.; CHAUDHURI, R. AND SHEKHDAR, J. Diagnostic image quality of mobile neonatal chest X-rays and the radiation exposure incurred. **Br. J. Radiol.,** v. 72, 1999, p. 56-61.

MARTIN, C. J.; SUTTON, D.G.; SHARP, P. F. Balancing patient dose and image quality. **Appl Radiat Isot.** V. 50, 1999a, p. 1-19.

McDONALD, S.; MARTIN, C. J.; DARRAGH, C. L. AND GRAHAM, D. T. Dose-area product measurements in paediatric radiography. **Br. J. Radiol.**, v. 69, 1996, p. 318-325.

McEWAN, A.C.; LE HERON, J. C. AND POLETTI, J. L. Risk of cancer and leukemia from diagnostic X-rays in New Zealand. *Radiation Protection in Australia*; 12: 1994. p. 39-44

McPARLAND, B. J.; GORKA, W.; LEE, R.; LEWALL, D. B.; OMOJOLA, M. F. Radiology in the neonate intensive care unit: dose reduction and image quality. **Br. J. Radiol.**; v. 69: 1996, p. 929-937.

MINISTERIO DA SAUDE (MS). **Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico**, Portaria 453/98 da SVS-MS, 1998.

MUHOGORA, W. E. AND NYANDA, A. M. The potential for reduction of radiation doses to patients undergoing some common X- ray examinations in Tanzania. **Radiat. Prot. Dosim.**, v. 94, no.4, 2001, p. 381-384.

MUHOGORA, W. E.; NYANDA, A. M.; LEMA; U. S. and NGAILE, J. Typical radiation doses to patients from some common X-Ray examinations in Tanzania. **Radiat. Prot. Dosim.** v. 82 no 4 1999, p. 301-305.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. National Research Council. Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation (BEIR V). 1990. Washington, DC, USA.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. (NCRP) **Radiation protection in paediatric radiology** (NCRP Report No. 68) 1981. Washington, DC, USA.

NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD (NRPB) NRPB/RCR Patient dose reduction in diagnostic radiology. Doc. NRPB 1(3) 1990. (London: HMSO).

NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD (NRPB) IPSM/NRPB/CoR National protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology. 1992. (Chilton: NRPB).

NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD (NRPB) Doses to patients from medical X-ray examinations in the UK-2000 review. NRPB-W14. June 2002. Chilton, Didcot UK.

NG K-H; RASSIAH, P.; WANG, H-B; HAMBALI, A. S.; MUTHUVELLU P. AND LEE, H-P. Doses to patients in routine X-ray examinations in Malaysia. **Br. J. Radiol.**, v. 71, 1998, p. 654-660.

ONO, K.; AKAHANE; K.; AOTA, T.; HADA, M.; TAKANO, Y.; KAI, M. AND KUSAMA, T. Neonatal doses from X ray examinations by birth weight in a neonatal intensive care unit. **Radiat. Prot. Dosim.** v. 103(2), 2003, p. 155-162.

OTAKE, M. AND SCHULL, W. J. Mental retardation in children exposed in uterus to the atomic bombs: A reassessment. Technical Report RERF TR 1-83, 1984. Radiation Effects Research Foundation, Japan.

PAPADIMITRIOU, D; PERRIS, A; MOLFETAS, M. G; PANAGIOTAKIS, N. MANETOU, A; et. al. Patient dose, image quality and radiographic techniques for common X ray examinations in two Greek hospitals and comparison with European Guidelines. **Radiat. Prot. Dosim.** v. 95, no 1, 2001, p. 43-48.

RADIATION HEALTH SERIES. **Guidance notes on radiation protection for diagnostic radiology.** No 1. 2004.

RAINBOW, A. J.; ROGINSKI, P. and MCGREEN, W. Radiation risk to the patient: A case study involving multiple diagnostic X-ray exposures given over a period of 25 years. **Radiat. Prot. Dosim.** v. 43 no (1/4), 1992, p. 221-224.

RUIZ, M. J.; GONZALEZ, L.; VANO, E. AND MARTINEZ, A. Measurement of radiation doses in the most frequent simple examinations in paediatric radiology and its dependence on patient age. **Br. J. Radiol.**, v. 64, 1991, p. 929-933.

SANKARANARAYANAN, K. **Mutation Research** 258, 1991, p. 75-97.

SHRIMPTON, P.C.; WALL, B. F.; JONES, D. G.; FISHER, E. S.; HILLIER, M. C.; KENDALL, G. M. et. al. A national survey of doses to patients undergoing a selection of routine X-ray examinations in English hospitals, NRPB-R200. London: HMSO, 1986.

SIMPSON, P. D.; MARTIN, C. J.; DARRAGH, C. L.; ABEL, R. A study of chest radiography with mobile X-ray units. **Br. J. Radiol.**, v. 71, 1998, p. 640-645.

STATUTORY INSTRUMENTS 2000 No. 1059. The Ionising Radiation (Medical Exposure) Regulations 2000, London. The Stationery Office 2000.

STIEVE, F. E.; HAGEMANN, G. AND STENDER, H. Relationship between medical requirements and technical parameters of good imaging performance and acceptable dose. **Radiat. Prot. Dosim.**, v. 49 no (1/3), 1993, p. 3-18.

THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Council Directive 97/43/Euratom. Official Journal of the European Communities, 1997. (180):p. 22-27.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). **Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation**, Report 1988 p. 433.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). **Sources and Effects of Ionizing Radiation** (New York: United Nations), 1993.

VAN LOON, R. Dose measurements and dose calculations for patients. Second school in Radiophysics, International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy, 1995.

WEBER, J.; SCHEID, W. and TRAUT, H. Biological dosimetry after extensive diagnostic X-ray exposure. **Health Phys.** v. 68 no 2, 1995, p. 266-269.

WILSON-COSTELLO, D.; RAO, P. S.; MORRISON, S. AND HACK, M. Radiation exposure from diagnostic radiographs in extremely low birth weight infants. **Pediatrics**; v. 97 no 3, 1996, p. 369-374.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Use of Ionizing Radiation and Radionuclides on Human Beings for Medical Research, Training and Non-Medical Purposes**, Technical Report Series No. 611, 1977. WHO, Geneva.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **A Rational Approach to Radiodiagnostic Investigations**, Technical Report Series No. 689, 1983. WHO, Geneva.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Rational Use of Diagnostic Imaging in Paediatrics**. Technical Report Series No. 757, 1987. WHO, Geneva.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Effective Choices for Diagnostic Imaging in Clinical Practices**. Technical Report Series No. 795, 1990. WHO, Geneva.

WRAITH, C. M.; MARTIN, C. J.; STOCKDALE, E. J.; MCDONALD, S. AND FARQUHAR, B. An investigation into techniques for reducing doses from neo-natal radiographic examinations. **Br. J. Radiol.**, v. 68, no 814, 1995, p. 1074-1082

ZILIUKAS, J. AND MORKUNAS, G. Results of a Patient Dose Survey on Diagnostic Radiology in Lithuania. **Radiat. Prot. Dosim**, v. 114, nos 1-3, 2005, p. 172-175.

## ANEXO 1: Descrição do tubo de raios X

Durante os últimos 100 anos os princípios de construção do tubo de radiografia permaneceram praticamente inalterados. O filamento (catodo) e o anodo estão localizados dentro de uma ampola de vidro em vácuo. O catodo é constituído de um filamento que, ao ser aquecido, emite elétrons.

O anodo deve ser construído com um material que conduza bem o calor. No anodo há uma quantidade pequena de um material diferente, normalmente tungstênio. É no anodo que são produzidos os raios X.

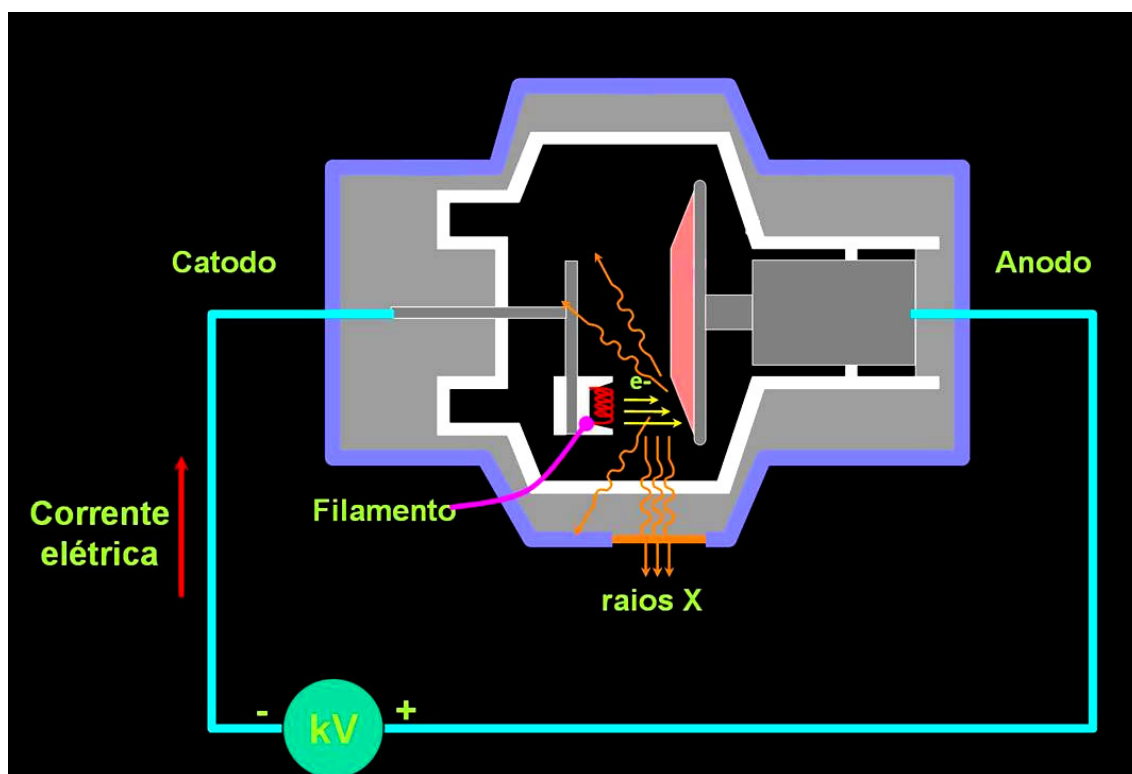


Figura 1: Esquema básico do Tubo de Raios X

Quando a alta voltagem, normalmente entre 25 000 volts (25 kV) e 150 000 volts (150 kV) é aplicada entre o catodo e anodo, os elétrons do filamento são acelerados em direção o alvo. A área do alvo atingida pelos elétrons, onde são emitidos os raios, é chamada de foco ou ponto focal. A corrente elétrica do tubo de raios X é expressa em miliAmpères (mA) e é controlada através de variações na corrente do filamento, A taxa de dose depende da corrente de tubo e do tempo de exposição.

Duas formas diferentes de raios X são produzidas - Bremsstrahlung (expressão alemã para 'que freia radiação') e Radiação Característica. A radiação de Bremsstrahlung é o resultado de interações entre os elétrons e o núcleo dos átomos alvos. A cada interação são produzidos raios X que podem ter energia entre zero e um valor máximo definido pela voltagem aplicada entre o anodo e o catodo. Por exemplo, um tubo com 100 kV pode produzir raios X com energias que variam de 0 a 100 keV. A Radiação Característica é produzida quando elétrons que atingem o alvo liberam elétrons das órbitas internas. É chamada Radiação Característica porque sua energia é específica ao elemento designado. No radiodiagnóstico a maioria dos raios X são Bremsstrahlung. A 100 kV, apenas cerca de 15% é Radiação Característica. Aproximadamente 99% dos elétrons são convertidos de energia cinética a energia térmica (calor) o qual deve ser removido do tubo. Então pode ser dito que este tipo de produção de raios X só é aproximadamente 1% eficiente. O espectro de Bremsstrahlung produzido por um tubo de radiografia convencional é distribuído em diversas faixas de energias. A energia mais alta (expressa em keV) do espectro de Bremsstrahlung corresponde ao potencial (kV) aplicado pelo tubo.

A filtração inerente deve-se à absorção da radiação pelo invólucro de vidro do tubo, o óleo isolante e a janela por onde passam os raios X. A parte baixa de energia do espectro de raios X é de valor limitado em imagem porque é fortemente absorvida dentro do corpo. Conseqüentemente, as baixas energias contribuem principalmente à exposição paciente e muito pouco à imagem final. Assim, para retirar do feixe o fóton de baixa energia, é necessário adicionar filtros.

Filtros tradicionais são feitos de cobre e alumínio (de baixo número atômico, Z) que aumentam a energia média absorvendo preferencialmente os raios X de baixa energia. À medida que a filtração aumenta o feixe de raios X se torna mais duro (kV efetivo aumenta) e mais penetrante. A contribuição da radiação de baixa energia decresce e a dose de radiação recebida pelo paciente diminui, mas uma filtração excessiva pode resultar em imagens acinzentadas. A filtração total é definida como:

$$\text{Filtração Total} = \text{Inerente} + \text{adicional}$$



onde, filtração Inerente - se deve a materiais do invólucro do tubo (vidro, óleo isolante, janela de saída do tubo) e filtração adicional – devido a absorventes adicionais colocados junto ao colimador (às vezes removíveis) (Cu + Al).

O Contraste das imagens do corpo é criado pelas diferenças em atenuação dos tecidos. A atenuação de raios X obedece à expressão de atenuação exponencial ou a lei de Beer:

$$N = N_0 e^{-\beta(E)T} \quad (2.1)$$

onde N é a fluência de raios X transmitida por um feixe incidente  $N_0$ .

Se a radiação espalhada é eliminada, o contraste é uma combinação de processos de atenuação devidos aos efeitos espalhamento Compton e Fotoelétrico. O contraste de imagem C pode ser definido em termos de uma medida de fluência pelo tecido de interesse  $N_2$  para um caminho de referência  $N_1$  do tecido adjacente, então;

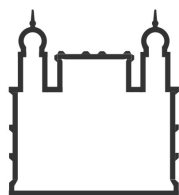
$$C = N_2 - N_1 / N_1 \quad (2.2)$$

O espalhamento dos raios X também é um fator que prejudica a imagem radiográfica. A quantidade de radiação espalhada presente em uma imagem está relacionada às densidades do corpo como também ao tamanho do campo de visão. O efeito de espalhamento da radiação pode ser bastante reduzido, mas não pode ser completamente eliminado. O uso de grades pode reduzir o espalhamento. A grade é posicionada entre o paciente e o filme radiográfico. A principal vantagem de usar grades é melhorar o contraste de imagem, porém, isto se consegue as custas de elevação da dose aplicada ao paciente.

O uso de colimação reduz o tamanho do campo, contribuindo para uma redução da radiação espalhada. A técnica do afastamento do filme (air gap) consiste que a radiação espalhada não atinja o filme. As desvantagens desta técnica são: magnificação da imagem, perda de detalhes por introdução da penumbra e aumento da dose no paciente. Técnica da fenda móvel (moving slit) consiste na irradiação do paciente sendo que o feixe colimado com o formato de uma fenda se move sincronizado com o tubo e com uma outra fenda localizada no filme, portanto contribuir para a redução de espalhamento.

**ANEXO 2: Ficha de calibração de equipamento****Nome do Hospital:** \_\_\_\_\_ **Identificação da sala:** \_\_\_\_\_**Tipo de Aparelho:** \_\_\_\_\_ **No de série:** \_\_\_\_\_**Filtração do Aparelho:** \_\_\_\_\_ **Data:** \_\_\_\_\_

kV	Doses Correspondentes ( $\mu\text{Gy}$ )			
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	Media

**ANEXO 3: Exemplo do Relatório realizado para um dos hospitais**

Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**

Fundação Oswaldo Cruz

Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

# Relatório Técnico

## Testes de Controle de Qualidade

### Serviço de Radiologia

**SERVIÇO DE RAIOS X DIAGNÓSTICO**

Hospital ou Clínica: XXX

Data do serviço:

Local: SALA 2

Motivo do teste: O EQUIPAMENTO APRESENTA RENDIMENTO INCONSTANTE.

**Equipamento**

Descrição: XXXXXXXXXXXX

Fabricante: GENERAL ELECTRIC - GE

Modelo Tubo: XXXXXXXXXXXX

N/S tubo: XXXXXXXXXXXX

Modelo Gerador: XXXXXXXXXXXX

N/S Gerador: XXXXXXXXXXXX

Responsável pelos testes: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Supervisão: ANA CECÍLIA PEDROSA DE AZEVEDO

Obs: Os testes aqui relatados foram realizados em conformidade com:

- Portaria nº 453, de 01 de junho de 1998 (SVS/MS)
- Resolução RE nº 64, de 04 de abril de 2003 (ANVISA)
- Equipamento utilizado: Nero 8000 - INOVISION

## PROCEDIMENTOS

Para a realização dos testes foram escolhidos três valores de energia (60, 80, 100kV) combinados com valores nominais de corrente (100, 200 e 300mA) e tempo de exposição (50,100 e 200ms).

Os testes realizados foram:

1. Exatidão e reprodutibilidade da tensão no tubo;
2. Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição;
3. Reprodutibilidade e Linearidade da taxa de kerma no ar;
4. Rendimento do tubo.

Na tabela 1 podemos ver os valores nominais que foram sugeridos e os resultados obtidos.

Tabela 1 – Dados coletados

Valores nominais sugeridos				Valores medidos		
kV	mA	Tempo		kV (avg)	Tempo (ms)	Exposição (mR)
		(ms)	mAs			
60	100	50	5	58,6	49,2	13,8
80	100	100	10	79,8	LOW	51,8
80	100	100	10	79,8	LOW	52,4
100	100	200	20	101,1	199,4	169,4
100	100	200	20	101,1	199,4	170,2
60	200	100	20	58,5	99,3	58,3
60	200	100	20	58,5	99,4	58,2
80	200	200	40	79,7	LOW	217,3
80	200	200	40	79,7	LOW	217,7
80	200	200	40	79,8	LOW	217,5
80	200	200	40	79,8	LOW	217,5
100	200	50	10	101,1	49,5	84,2
100	200	50	10	101,1	49,4	84,1
60	320	200	64	58,5	199,6	188,0
80	320	50	16	79,9	LOW	83,2
100	320	100	32			

## RESULTADOS

### A. EXATIDÃO E REPRODUTIBILIDADE DA TENSÃO NO TUBO

Reprodutibilidade da Tensão			
Valores nominais	60	80	100
Média	58,5	79,8	101,1
Coefficiente de variação	0,001	0,001	0,000
Critério	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Resultado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Exatidão da Tensão				
Valores Nominiais	Erro Percentual	Erro Absoluto	Critério Percentual	Resultado
60	2%	1,4	<b>10%</b>	Aprovado
60	3%	1,5	<b>10%</b>	Aprovado
60	3%	1,5	<b>10%</b>	Aprovado
60	3%	1,5	<b>10%</b>	Aprovado
80	0%	0,2	<b>10%</b>	Aprovado
80	0%	0,2	<b>10%</b>	Aprovado
80	0%	0,3	<b>10%</b>	Aprovado
80	0%	0,3	<b>10%</b>	Aprovado
80	0%	0,2	<b>10%</b>	Aprovado
80	0%	0,2	<b>10%</b>	Aprovado
80	0%	0,1	<b>10%</b>	Aprovado
100	1%	1,1	<b>10%</b>	Aprovado
100	1%	1,1	<b>10%</b>	Aprovado
100	1%	1,1	<b>10%</b>	Aprovado
100	1%	1,1	<b>10%</b>	Aprovado

## B. EXATIDÃO E REPRODUTIBILIDADE DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO

<b>Reprodutibilidade do Tempo</b>			
	50	100	200
Média	49,4	99,4	199,5
Coefficiente de variação	0,003	0,001	0,001
Critério	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Resultado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

<b>Exatidão do Tempo</b>				
Valores Nominais	Erro Percentual	Erro Absoluto	Critério Percentual	Resultado
50	2%	0,8	<b>10%</b>	Aprovado
50	1%	0,5	<b>10%</b>	Aprovado
50	1%	0,6	<b>10%</b>	Aprovado
50			<b>10%</b>	
100			<b>10%</b>	
100			<b>10%</b>	
100	1%	0,7	<b>10%</b>	Aprovado
100	1%	0,6	<b>10%</b>	Aprovado
100			<b>10%</b>	
200	0%	0,6	<b>10%</b>	Aprovado
200	0%	0,6	<b>10%</b>	Aprovado
200			<b>10%</b>	
200			<b>10%</b>	
200			<b>10%</b>	
200			<b>10%</b>	
200	0%	0,4	<b>10%</b>	Aprovado

## C. REPRODUTIBILIDADE E LINEARIDADE DA TAXA DE KERMA NO AR

<b>Reprodutibilidade</b>			
(valores de mAs)	10	20	40
Percentual	<b>48%</b>	<b>98%</b>	<b>0%</b>
Critério	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Resultado	Reprovado	Reprovado	Aprovado

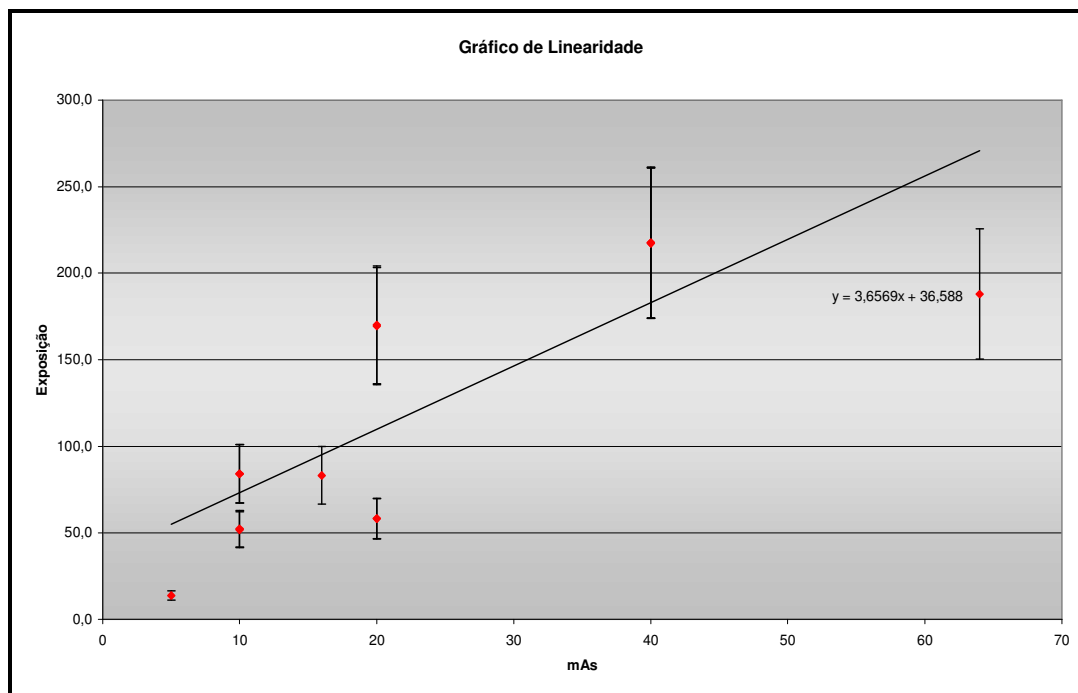
<b>Linearidade</b>			
(valores de mAs)	10	20	40
Média	68,1	114,0	217,5
Normalização	6,8	5,7	5,4
Percentual	<b>22,4%</b>		
Critério	<b>0,2</b>		
Resultado	<b>Reprovado</b>		

## D. RENDIMENTO DO TUBO.

<b>Rendimento</b>			
(referência 80kV)	mAs	temp.	pressão
	40	24	101,3
Parâmetros	217,5	1,000000	
Cálculo	2,9		
Critério	<b>entre 4,8 e 6,4</b>		
Resultado	<b>Reprovado</b>		



## E. GRÁFICO DE LINEARIDADE



## DISCUSSÃO

Para o teste A (reprodutibilidade e exatidão da tensão), podemos verificar, que a tensão aplicada no tubo de raios X, está de acordo com as determinações das normas nacionais, obtendo um erro máximo de 3%.

Para o teste B (reprodutibilidade e exatidão do tempo) verificamos que o tempo está perfeitamente satisfatório dentre os que foram registrados pelo equipamento, porém, independente dos valores nominais de corrente, não foram detectados os tempos na faixa de 80kV.

Observa-se que nas medidas de tempo, com 80kV, o equipamento registrou valores curtos, significando que para obter o produto corrente-tempo (mAs) desejado, o equipamento deve estar reduzindo no tempo, pois deve estar gerando uma corrente alta. Recomenda-se o ajuste do tempo para esta faixa de tensão e adjacentes.

Os resultados encontrados para o teste C (reprodutibilidade do equipamento), mostram que para as duas primeiras faixas de mAs, onde a combinação tempo e corrente é variável, não estão em conformidade com as normas nacionais, ultrapassando o limite de 10%. Isso acarreta um aumento na exposição dos pacientes.

Por outro lado, para a técnica de 40mAs, onde tensão, corrente e tempo não foram alterados, o equipamento registrou um valor dentro dos limites aceitáveis para a

reprodutibilidade. Mas verifica-se que, na verdade, o rendimento (teste D) é insatisfatório, apresentando um resultado inferior aos limites aceitáveis.

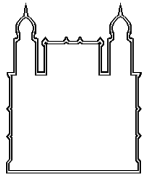
Diante de todos os resultados apresentados, podemos concluir então que o equipamento apresenta uma variação de corrente para cada faixa de energia aplicada. Recomenda-se a calibração do equipamento em conjunto, a fim de que possamos aferir as correções.

**ANEXO 4:Ficha de Coleta de Dados**

Nome de Hospital: \_\_\_\_\_

Sala de Exame: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Nº	Exame	Sexo	Peso(kg)	Idade	kV	mAs	DFP	Projeção

**ANEXO 5: Ficha de coleta dados na UTI****Ministério da Saúde****FIOCRUZ****Fundação Oswaldo Cruz****Cálculo de Dose de Exposição – DoseCal****Nome:**..... **Sexo:** M( ) F ( )**Prontuário:**..... **Data de Nascimento:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_**BAR ( )****Aparelho:****1a ENF ( )****MEDIROL ( )****UPG ( )****FNX ( )**

<b>DATA</b>	<b>EXAME</b>	<b>DISTÂNCIA FOCO-PELE</b>	<b>mAs</b>	<b>kV</b>	<b>No INCIDÊNCIAS</b>	<b>No FILMES</b>	<b>PESO DA CRIANÇA</b>