

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
INDUSTRIAL

LORENA ELAINE PORTO

AVALIAÇÃO DE KERMA NA SUPERFÍCIE DE ENTRADA DA PELE EM
PACIENTES PEDIÁTRICOS DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE CURITIBA

DISSERTAÇÃO

Curitiba

2010

LORENA ELAINE PORTO

**AVALIAÇÃO DE KERMA NA SUPERFÍCIE DE ENTRADA DA PELE EM
PACIENTES PEDIÁTRICOS DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE CURITIBA**

**Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de mestre em Mestre em
Ciências, do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica e Informática Industrial da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área
de Concentração: Engenharia Biomédica.**

Orientador: Prof. Dr. Hugo Reuters Schelin

Curitiba

2010

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UTFPR – Campus Curitiba

P853a	<p>Porto, Lorena Elaine</p> <p>Avaliação de kerma na superfície de entrada da pele em pacientes pediátricos do Hospital de Clínicas de Curitiba/ Lorena Elaine Porto. – 2010.</p> <p>70 f. : il. ; 30 cm</p> <p>Orientador: Hugo Reuters Schelin</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Área de Concentração: Engenharia Biomédica, Curitiba, 2010</p> <p>Bibliografia: f. 54-61</p> <p>1. Radiação – Dosimetria. 2. Dosímetros. 3. Diagnóstico radioscópico. 4. Radiologia médica. 5. Instrumentos e aparelhos médicos. 6. Kerma (Medicina). 7. Engenharia biomédica. I. Schelin, Hugo Reuters, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Área de Concentração em Engenharia Biomédica. III. Título.</p> <p>CDD 621.3</p>
-------	---

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

À Deus que com sua eterna bondade me permitiu chegar até aqui e me abençoou para que eu pudesse realizar esse trabalho.

Ao meu orientador Hugo Reuters Schelin, que com paciência me ajudou em todo o processo.

À professora Helen Jamil Khoury e a UFPE, que ajudou em grande parte do desenvolvimento deste trabalho.

Ao Hospital de Clínicas de Curitiba que disponibilizou seus equipamentos e deu suporte técnico necessário.

Ao professor João Tilly Jr. que doou seu precioso tempo me ajudando.

Aos meus colegas que me deram apoio e incentivo para não desistir.

À minha família que com sua imensa paciência, encorajamento, apoio e carinho não me deixaram desistir em momento algum.

E às pessoas queridas que me deram apoio e amor nos momentos mais difíceis.

RESUMO

PORTO, Lorena Elaine. Avaliação de Kerma na Superfície de Entrada da Pele em Pacientes Pediátricos do Hospital de Clínicas de Curitiba. **2010. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2010.**

No presente trabalho foram feitas medidas de dose recebida pelos pacientes pediátricos em exames de radiográficos de tórax em uma amostra de 386 exposições nas projeções AP/PA e Perfil. Os pacientes foram divididos em nas faixas etárias de 0-1 ano, 1-5 anos, 5-10 anos e 10-15 anos. Os exames foram realizados no Hospital de Clínicas da UFPR. Foi medida inicialmente a dose de entrada na pele com dosímetros termoluminescentes TLD-100 em uma amostra de 68 exposições, distribuídos pelas faixas etárias adotadas. A dose foi também determinada utilizando-se cálculos dosimétricos, que faz a determinação de dose para cada paciente a partir do rendimento do aparelho de raios X. O programa utiliza como dados de entrada a massa do paciente, a idade, a distância foco-pele, os dados da técnica radiográfica empregada (kV e mAs) e o valor de uma medida do rendimento feita com câmara de ionização para fins de calibração. Os primeiros dados avaliados mostraram doses maiores para os pacientes mais jovens. Uma mudança na técnica radiográfica dos exames contribuiu para a redução das doses. Foi avaliado todo o procedimento radiográfico e ficou caracterizada a necessidade de uma adequação da técnica radiográfica e uma constante otimização de todo o procedimento. Os dados foram colhidos novamente em 2007 e depois em 2009. Num primeiro momento os níveis de dose se mantiveram. Em 2009 os valores voltaram a subir devido ao aumento da carga (mAs). Os dados obtidos foram então comparados com os limites de dose permissíveis determinados pelos órgãos competentes.

Palavras chave: TLD, dosimetria pediátrica, kerma no ar de entrada, radiodiagnóstico.

ABSTRACT

PORTO, Lorena Elaine. **Evaluation of Kerma in the Surface of Entrance in Skin in Pediatrics Patients of Hospital of Clinics of Curitiba.** 2010. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

In the present work absorbed doses by pediatric patients in chest radiographs were measured in 386 x-ray examinations in AP/PA and LAT projections. The patients were divided in age groups of 0-1 year, 1-5 years, 5-10 years and 10-15 years. The examinations were made at the pediatric room of Clinical Hospital of the Federal University of Paraná. Initially the entrance skin dose was measured with thermoluminescent dosimeters TLD-100 in 68 expositions, distributed in the age groups. The dose was also determined with the software dosimetric calculations that calculates the dose for each patient, from the X-ray equipment yield. The program uses the following data as input: patient mass, age, skin-focus distance, radiographic technique (kV, mAs), and the yield measurement made with an ionization chamber for calibration. The first evaluated data showed higher doses for the younger patients. A change in the radiographic technique of the examinations contributed to the reduction of the doses. The whole radiographic procedure was evaluated and, thus, showed that the radiographic technique had to be adjusted and the procedure as a whole had to be constantly optimized. Doses were measured in 2007 again and after in 2009. At a first moment the dose levels had kept. In 2009 the values had come back to go up due to the increase of the load (mAs). The doses were then compared with the regulatory dose limits.

Keywords: TLD, pediatric dosimetry, Entrance Surface Air Kerma, diagnostic radiology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – ESTADOS ENERGÉTICOS ENVOLVIDOS NOS PROCESSOS DE DECAIMENTO COM EMISSÃO LUMINESCENTE	26
FIGURA 02 – INCIDÊNCIA PA DE TÓRAX E RESPECTIVA IMAGEM RADIOGRÁFICA	28
FIGURA 03 – INCIDÊNCIA EM POSIÇÃO LATERAL DE TÓRAX E RESPECTIVA IMAGEM RADIOGRÁFICA	28
FIGURA 04 – EQUIPAMENTO DE RAIOS X, NA SALA DE RADIOLOGIA PEDIÁTRICA, HC DE CURITIBA	32
FIGURA 05 – COMPARAÇÃO DO TAMANHO DE UM DOSÍMETRO TLD-100 COM A PONTA DE UM LÁPIS	33
FIGURA 06 – TLD PRESO À PELE DO PACIENTE COM FITA ADESIVA	34
FIGURA 07 – CÂMARA DE IONIZAÇÃO E MONITOR	35
FIGURA 08 – KVP METER	35
FIGURA 09 – AMOSTRA DE PACIENTES	40
FIGURA 10 – MÉDIAS DAS DOSES DE PACIENTES ENTRE 0-1 ANO COM INCIDÊNCIA PA/AP	42
FIGURA 11 – MÉDIAS DAS DOSES DE PACIENTES ENTRE 0-1 ANO COM INCIDÊNCIA PERFIL	43
FIGURA 12 – MÉDIAS DAS DOSES DE PACIENTES ENTRE 1-5 ANOS COM INCIDÊNCIA PA/AP	43
FIGURA 13 – MÉDIAS DAS DOSES DE PACIENTES ENTRE 1-5 ANOS COM INCIDÊNCIA PERFIL	44
FIGURA 14 – MÉDIAS DAS DOSES DE PACIENTES ENTRE 5-10 ANOS COM INCIDÊNCIA PA/AP	44
FIGURA 15 – MÉDIAS DAS DOSES DE PACIENTES ENTRE 5-10 ANOS COM INCIDÊNCIA PERFIL	45
FIGURA 16 – MÉDIAS DAS DOSES DE PACIENTES ENTRE 10-15 ANOS COM INCIDÊNCIA PA/AP	45
FIGURA 17 – MÉDIAS DAS DOSES DE PACIENTES ENTRE 10-15 ANOS COM INCIDÊNCIA PERFIL	46

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – FREQUÊNCIA DE ATENDIMENTO AOS CRITÉRIOS DE QUALIDADE RELACIONADOS À TÉCNICA RADIOGRÁFICA, PARA EXAMES EM CRIANÇAS DE 5 ANOS DE IDADE.....	17
TABELA 02 – FATORES DE EXPOSIÇÃO E DOSES POR FAIXA ETÁRIA PROPOSTAS POR COOK ET AL. (2006) PARA EXAMES RADIOGRÁFICOS PEDIÁTRICOS DE TÓRAX E SEIOS DA FACE.....	18
TABELA 03 – KERMA-AR DE ENTRADA NA PELE PARA PACIENTES DE 0 A 1 ANO	19
TABELA 04 – KERMA-AR DE ENTRADA NA PELE PARA PACIENTES DE 4 A 6 ANOS.....	19
TABELA 05 – DOSES FORNECIDAS E PARÂMETROS DE TÉCNICA RADIOGRÁFICA EMPREGADOS EM EXAMES CONVENCIONAIS DE RAIOS X EM PACIENTES PEDIÁTRICOS (IDADES 0 A 15 ANOS) NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	21
TABELA 06 – HISTÓRICO DAS DIRETRIZES DE DOSIMETRIA EM EXPOSIÇÕES MÉDICAS.....	29
TABELA 07 – DADOS DOSIMÉTRICOS FORNECIDOS PELA COMISSÃO EUROPEIA.....	30
TABELA 08 – ESPESSURA MÉDIA PARA O TÓRAX EM CM.....	37
TABELA 09 – MÉDIA DE MASSA, TENSÃO E CARGA POR IDADE NA INCIDÊNCIA PA/AP.....	39
TABELA 10 – MÉDIA DE MASSA, TENSÃO E CARGA POR IDADE NA INCIDÊNCIA PERFIL.....	39
TABELA 11 – TÉCNICAS RADIOLÓGICAS E DOSE NA INCIDÊNCIA PA/AP DE TÓRAX.....	41
TABELA 12 – TÉCNICAS RADIOLÓGICAS E DOSE NA INCIDÊNCIA PERFIL DE TÓRAX.....	41
TABELA 13 – MÉDIA DA ESPESSURA E PESO NA INCIDÊNCIA PA/AP.....	42
TABELA 14 – MÉDIA DA ESPESSURA E PESO NA INCIDÊNCIA PERFIL.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2	AEC	3	Automatic Exposure Control
4	ALARA	5	As low as reasonably achievable (tão baixo quanto razoavelmente exequível)
	ANVISA		Agência Nacional de Vigilância Sanitária
	AP		Antero-posterior
	CDRH		Center for Devices and Radiological Health
	CE		Comissão Européia
	<i>CNEN</i>		Comissão Nacional de Energia Nuclear
	CQ		Controle de Qualidade
	CRCPD		Conference of Radiation Control Program Directors
	CRS		Camada Semi-redutora
	DEN		Departamento de energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco
	DFF		Distância foco-filme
	DT		Dose órgão
	E		Dose efetiva
	EC Directive		European Commission Directive
	EC Study Group		European Commission Study Group
	ESD		Dose de entrada na pele
	Gy		Gray
	HC		Hospital de Clínicas
	IAEA		International Atomic Energy Agency
	ICRP		International Commission on Radiological Protection
	IPEN		Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
	IPSM/CoR/NRPB		Professional Bodies of Medical Physicists
	$K_{a,e}$		Kerma no ar na superfície de entrada
	kVp		Quilovolt de pico
	LMRI		Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes
	mAs		Miliampère-segundo
	MN		Mento-naso
	MS		Ministério da Saúde
	NCRP		National Council on Radiation Protection and Measurement
	NRD		Níveis de Referência em Diagnóstico
	NRPB/RCR		National Radiological Protection Board

OMS	Organização Mundial da Saúde
$P_{K,A}$	Produto dose-área
PA	Postero-anterior
PGQR	Programa de garantia de Qualidade em diagnóstico
Sv	Silvert
TLD	Dosímetro termoluminescente
TL	Termoluminescente
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 MOTIVAÇÕES.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.2 TÓPICOS TEÓRICOS.....	21
2.2.1 Otimização dos procedimentos radiográficos	22
2.2.2 Dosimetria em Radioagnóstico	23
2.2.3 Dosímetro Termoluminescente	26
2.2.4 Técnica Radiológica	27
2.2.4.1 Exames torácicos	27
2.2.5 Níveis de Referência	28
2.2.5.1 Portaria 453/98 MS	29
2.2.5.2 Normas Internacionais	29
2.2.5.3 Diretrizes de qualidade radiológica e dose em pediatria	30
3 METODOLOGIA	32
3.1 MATERIAIS E INFRA-ESTRUTURA.....	32
3.1.1 Equipamentos de Raios X	32
3.1.2 Instrumentos de Coletas de dados	33
3.1.3 Dosímetros Termoluminescentes	33
3.1.1 Controle de Qualidade e rendimento	34
3.2 DESENVOLVIMENTO.....	35
3.2.1 Determinação do Kerma no ar na superfície de entrada ($K_{a,e}$)	36
3.2.2 Incidências selecionadas	36
3.2.3 Grupos de análise	37
3.2.4 Coleta de dados	38
4 RESULTADOS	40
5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	47
5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	47
5.2 CONCLUSÕES.....	51
5.3 TRABALHOS FUTUROS.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXO 1 – DOSIMETRIA EM RADIOLOGIA CONVENCIONAL	62
ANEXO 2 – PLANILHA DE COLETA DE DADOS	66
ANEXO 3 – FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA	67
ANEXO 4 – CARTA DE AUTORIZAÇÃO EM SERES HUMANOS	70

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÕES

Nos últimos anos de pesquisa em dosimetria houve uma crescente preocupação com a exposição de pacientes pediátricos a exames de radiologia. Um número cada vez maior de médicos pediatras vem se apoiando nos laudos de procedimentos de imagiologia para o diagnóstico correto de crianças acometidas dos mais diversos males (CHAPPLE, 2008).

Devido a este aumento no número de procedimentos também cresceu a preocupação com o futuro do indivíduo que é exposto a procedimentos radiológicos, já que cada um desses pacientes terá uma expectativa de vida bastante longa, podendo chegar a 70 ou 80 anos após o procedimento radiográfico.

Muitas vezes as normas de proteção radiológica deixam de ser seguidas ou há a verificação de exposições desnecessariamente elevadas e que acabam por prejudicar a qualidade da imagem e proporcionar uma dose acima do nível necessário ao diagnóstico (CE, 1996 e AZEVEDO *et. al.*, 2003). Técnicas inadequadas, falta de conhecimento dos equipamentos e a não exclusividade de equipamentos para pediatria são agravantes constantemente presenciados na área de dosimetria pediátrica.

Uma larga pesquisa foi realizada em países membros da União Européia (11 membros em 121 departamentos) e constatou-se que não havia conhecimento técnico dos equipamentos, nem tão pouco dos métodos de execução desses exames; o que levou a Comissão Européia (CE, 1992) a introduzir padrões de procedimentos e limites de dose pediátrica. Em 2006 COOK, *et. al.* fizeram outro estudo amplo de dose em crianças de 0 até 15 anos e constataram que pequenas mudanças de técnica e cuidados na proteção radiológica baixam os níveis de dose de forma considerável. SMANS *et. al.* (2008) avaliou 12 centros de diagnóstico na União Européia e constatou doses acima do recomendado com baixa qualidade da imagem, sugerindo treinamentos mais efetivos para a equipe. KHOURY, *et. al.* (2009) estudou quatro centros diagnósticos no Brasil com o uso de cálculo de dose pelo rendimento do equipamento. Com estes valores de dose constatou-se que os valores medidos estão acima do recomendado pela Comissão Européia para as idades estudadas, e considerou-se necessária uma mudança nas técnicas empregadas e um treinamento mais efetivo da equipe de

profissionais do setor. MOHAMADAIN *et. al.* (2004), constatou que as altas doses encontradas, apesar de estarem dentro dos limites recomendados, se deviam às altas cargas (mAs) empregadas nos exames.

Visto que os grandes países procuraram estabelecer diretrizes para a execução e o direcionamento da prática radiológica, procura-se hoje no Brasil estabelecer uma ligação entre a realidade tecnológica que vivemos e a implementação de técnicas corretas de exposição. Diversas pesquisas buscam demonstrar um panorama de diferentes instituições em relação às práticas na radiologia pediátrica.

A busca por técnicas adequadas e a adaptação da correta rotina nos exames pediátricos dependem dos fatores estruturais e da equipe de trabalho envolvida. O nível de conhecimento e o interesse do profissional junto aos fatores técnicos resultam em menores doses e maior qualidade de imagem.

Quando estabelecido um padrão de qualidade para a execução de exames e diretrizes básicas a serem seguidas o número de repetições em exames radiológicos cai significativamente evitando a exposição desnecessária e maiores custos de materiais aos setores de radiologia.

Com isso, procura-se estabelecer um padrão de pacientes e de técnicas utilizadas, suas mudanças e perspectivas de melhoria. O histórico de doses nestes pacientes e possíveis mudanças de técnicas ao longo destes anos, permite traçar o perfil dosimétrico nas diferentes realidades de serviços radiológicos no estado do Paraná.

1.2 OBJETIVOS

Medidas dosimétricas em crianças no exame radiográfico de tórax AP/PA (Antero-posterior / Postero-anterior) e Perfil foram realizadas num centro diagnóstico, visando avaliar as práticas radiológicas em pediatria. A otimização dos procedimentos radiológicos para o diagnóstico com a menor dose ao paciente é o objetivo desta pesquisa contínua, onde este trabalho está inserido. A evolução e o aprimoramento das técnicas será acompanhado em alguns tópicos comparativamente, com a pesquisa anteriormente efetuada na mesma instituição (LUNELLI, 2006; OLIVEIRA, 2008). Por consequência serão analisadas a evolução e o significado técnico para o setor da realização e acompanhamento da pesquisa.

Esta pesquisa tem por finalidade estabelecer o perfil de pacientes que são submetidos a exames de tórax AP/PA e Perfil, e estabelecer um histórico de doses pediátricas atendida pela radiologia no setor público, um melhor diagnóstico proporcionado por uma menor dose de

radiação a criança atendida. Em crianças as técnicas com baixo tempo de exposição e alto kVp devem predominar e demonstrar esta realidade à equipe através de dados concretos.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos. No Capítulo 2 faz-se uma revisão da literatura sobre as últimas pesquisas em dosimetria pediátrica, bem como sobre os tópicos teóricos. O Capítulo 3 descreve em detalhes o desenvolvimento da metodologia proposta. No Capítulo 4 relatam-se os resultados obtidos. E, finalmente, o Capítulo 5 apresenta a discussão dos resultados, as conclusões do trabalho e as propostas de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

No período entre 1989 e 1991, foi realizado um estudo, que envolveu os exames de raios X de tórax e crânio (projeções PA e AP), coluna e abdome (AP) para crianças de 10 meses de idade e pélvis (AP) para crianças de 4 meses, realizados em instalações fixas de 89 departamentos de radiologia (do universo de 121 departamentos convidados para o estudo, distribuídos entre 11 estados membros da Europa). Para equipamentos de raios X móveis foram estudados os exames de tórax AP em crianças de 10 meses de idade e bebês prematuros (peso aproximado de 1 kg). Em 1992, este estudo preliminar foi estendido para exames de raios X em crianças de 5 anos de idade, realizados em 105 departamentos de radiologia distribuídos em 16 estados membros. E, no período entre 1994 e 1995, crianças de 10 anos de idade foram incluídas em levantamentos realizados em 115 departamentos de 17 países membros (CE, 1996).

O $K_{a,e}$ (Kerma no ar na superfície de entrada) foi determinado utilizando dosímetros termoluminescentes posicionados na pele do paciente no centro do campo de radiação. Os parâmetros de técnica radiográfica foram anotados e as qualidades das imagens radiográficas foram avaliadas por cerca de 7 a 9 radiologistas, segundo os critérios de qualidade adotados previamente (CE, 1992).

Os resultados dos levantamentos realizados na Europa mostraram diversos aspectos importantes acerca dos procedimentos radiográficos pediátricos realizados em países europeus, que são citados a seguir (CE, 1996):

(a) As informações referentes aos aspectos técnicos do equipamento de raios X (como a filtração, tamanho nominal do foco, etc.) não são suficientemente conhecidos pelos profissionais dos departamentos de radiologia. Como exemplo, 50% dos departamentos não conheciam as velocidades dos sistemas tela-filme empregados em exames de abdome;

(b) Uma proporção extremamente alta de departamentos empregam tensões mais baixas que os valores recomendados para uma criança de 5 anos de idade. É imperativo o uso de faixas de tensão mais apropriadas para se beneficiar adequadamente do uso de sistemas tela-filme mais rápidos;

(c) O uso de geradores de raios X que permitam a utilização de baixos valores de carga (mAs), freqüentemente requeridas em exames pediátricos é crucial se – a fim de se controlar o rendimento do tubo – o valor da tensão (kVp) aplicada possa ser aumentada;

(d) Em uma proporção significativa (54%) dos exames de raios X foram empregados sistemas tela-filme com velocidades nominais menores ou iguais a 200, sendo que a faixa 430 recomendada situa-se entre 400 e 800 (valores adimensionais). Assim, recomenda-se que sistemas com velocidades maiores que 400 devam sempre ser empregados com apropriados valores de tensão;

(e) O terceiro quartil dos valores de dose encontrados para crianças de 5 anos de idade foram adotados como níveis de referência para pacientes pediátricos (Tabela 01). Todo esforço deve ser dirigido para a redução das doses em crianças com idades inferiores a 5 anos para valores mais baixos que os apresentados;

(f) Uma rigorosa atenção em todos os fatores de técnica radiográfica recomendados pode levar a uma significativa redução do $K_{a,e}$.

Tabela 01 – Freqüência de atendimento aos critérios de qualidade relacionados à técnica radiográfica, para exames em crianças de 5 anos de idade (número de departamentos [N] e correspondentes valores de $K_{a,e}$ [μ Gy] – somente critérios de influência direta na dose).

Núm. Critérios*	Um		Dois		Três		Quatro		Cinco		Seis	
	N	μ Gy	N	μ Gy	N	μ Gy	N	μ Gy	N	μ Gy	N	μ Gy
Tórax PA/AP			8	143	13	193	40	80	18	54	6	25
Tórax Perfil	1	120	3	273	14	246	30	214	17	103	4	53
Crânio AP/PA			2	1422	7	1358	24	1637	19	881	4	654
Crânio Perfil			1	435	10	1149	26	865	19	771	6	464
Pelvis AP	1	1085	9	1307	24	533	11	851	5	302		
Abdome AP/PA			2	386	10	1171	25	769	9	470	5	270

* Número de critérios atendidos. Fonte: CE (1996).

COOK *et al.* (2006) publicaram um guia similar ao da Comunidade Européia, com a adição de critérios de referência, preparação do paciente, instruções práticas, fatores de exposição e doses em função da idade (5 faixas etárias). A Tabela 02 apresenta os fatores de exposição e doses por faixa etária propostas pelos autores para exames radiográficos de tórax e seios da face.

COOK *et. al.* (2006) mostraram que a adoção de combinações tela filme mais rápidas, o não uso de grades antiespalhamento (se não necessário), uso de filtração adicional, escolha de altos valores de tensão e curtos tempos de exposição são os fatores determinantes para se minimizar a dose fornecida aos pacientes pediátricos em exames de raios X diagnóstico.

Tabela 02: Fatores de exposição e doses por faixa etária propostas por COOK *et. al.* (2006) para exames radiográficos pediátricos de tórax e seios da face (projeção mento-naso).

Faixa etária (anos)	Foco* (F/G)	kVp	mAs	DFF (cm)	Grade	AEC	K _{a,e} (mGy)	P _{K,A} cGy.cm ²	E mSv
Tórax AP/PA									
0-1/12	F	70	2	180	Não	Não	0,02	0,2	≤0,01
1/12-1	G	73	2,5	180	Não	Não	0,02	0,3	≤0,01
1-5	G	75	2,5	180	Não	Não	0,03	0,5	≤0,01
5-10	G	75	3,5	180	Não	Não	0,04	1,6	≤0,01
10-15	G	80	3	180	Não	Não	0,05	2,9	≤0,01
Tórax Lateral: raramente solicitada									
0-1/12	F	75	4	180	Não	Não	0,04	0,4	≤0,01
1/12-1	G	78	5	180	Não	Não	0,06	1,0	≤0,01
1-5	G	78	6	180	Não	Não	0,08	2,3	≤0,01
5-10	G	78	6	180	Não	Não	0,08	2,3	≤0,01
10-15	G	80	8	180	Não	Não	0,14	4,4	≤0,01
Seios da face mento-naso									
5-10	F	65	10	100	Não	Não	0,34	2,4	N/A
10-15	F	78	16	100	Sim	Não	1,07	7,0	N/A

* Foco Fino (F) ou Foco Grosso (G)
 Filtração total: 2,5mmAl + 1mmCu
 Velocidade do filme: 400

O foco é utilizado para evitar a dispersão dos elétrons produzidos no filamento. Muitos tubos de raios X possuem dois focos, um pequeno chamado de foco fino e um grande chamado de foco grosso. Em geral, o foco fino tem comprimento entre 0,3 e 1,0mm e o foco grosso tem comprimento entre 1,3 e 1,5 cm. Na tabela 02 os focos escolhidos são em função do tipo de exame e da espessura do paciente (BONTRAGER, 2009).

BORISOVA, *et. al.*,(2008) testou três tipos diferentes de medição de dose de entrada na pele (ESD). Testaram através de medidas diretas na pele com TLD, com cálculo de produto dose-área (P_{K,A}) e pela saída do tubo. Comparando-se os resultados, os três métodos de pesquisas são capazes de mostrar as doses de forma confiável. Porém várias doses que

foram encontradas estão acima das recomendadas pela Comissão Européia, podendo chegar à 17 vezes mais alta do que os limites para cada idade; chegando-se à conclusão de que é necessária uma otimização das técnicas e conscientização dos profissionais envolvidos.

SMANS *et. al.* (2008) avaliou 12 centros de diagnóstico na Europa para avaliar a dose de entrada na pele e a qualidade da imagem. Concluiu-se que parte dos centros pesquisados executavam exames que aplicavam uma dose maior do que a recomendada pela Comissão Européia (CE, 1996), e que a qualidade da imagem independe, em parte, da técnica radiológica empregada; e portanto havia necessidade de melhoramento do treinamento em diferentes centros.

No Brasil, estudos realizados no Rio de Janeiro, em São Paulo e no Recife têm servido para mostrar o panorama das exposições dos pacientes pediátricos em instalações radiológicas brasileiras (MOHAMADAIN *et. al.*, 2003, 2004; AZEVEDO *et. al.*, 2006; FREITAS, 2005; OLIVEIRA, 2003).

KHOURY, *et. al.* (2009) avaliaram o $K_{a,e}$ e os procedimentos radiográficos adotados em exames radiográficos pediátricos de tórax (AP/PA) realizados em um hospital do Recife, dois hospitais do Rio de Janeiro e um hospital de Curitiba. A dosimetria foi realizada com os parâmetros de exposição, e o rendimento do equipamento, seguindo as orientações da Comissão Européia (CE, 1996). As Tabelas 3 e 4 mostram, respectivamente, os valores dos parâmetros de técnica radiográfica e $K_{a,e}$ encontrados nesse trabalho.

Tabela 03: Kerma-ar de entrada na pele para pacientes de 0 a 1 ano.

Instituições	Kerma-ar de entrada na pele (μGy)		
	Min	Média	Máx
B	88,3	107,8	163,8
C	63,3	109,6	154,0
D	30,7	71,1	126,0

Tabela 04: Kerma-ar de entrada na pele para pacientes de 4 a 6 anos.

Instituições	Kerma-ar de entrada na pele (μGy)		
	Min	Média	Máx
B	79,5	115,5	236,6
C	61,0	116,6	216,0
D	34,5	55,5	123,9

Com estes valores de dose constatou-se que os valores medidos estão acima do recomendado pela Comissão Européia para as idades estudadas, e considerou-se necessária uma mudança nas técnicas empregadas e um treinamento mais efetivo da equipe de profissionais do setor.

MOHAMADAIN *et. al.* (2004) constataram que a qualidade da imagem radiográfica era o parâmetro primordial considerado pelos técnicos de radiologia, não importando os meios de se obter essa imagem. Assim, os altos valores de doses encontrados estavam normalmente associados aos altos valores de carga (mAs) empregados nos exames. No entanto, os valores de $K_{a,e}$ avaliados foram normalmente comparáveis aos encontrados em instalações da Suécia, Alemanha, Espanha e Itália, além das doses de referência propostas pela comunidade européia.

FREITAS (2005) realizou um estudo dosimétrico em pacientes adultos e pediátricos submetidos a exames de radiodiagnóstico convencionais no estado de São Paulo. Para isso, foi utilizado um kit dosimétrico postal constituído de 21 dosímetros, compostos de detectores TLDs agrupados dois a dois (prontos para serem dispostos na pele dos pacientes), que eram enviados para as instituições, juntamente com um manual de instruções do kit e um questionário sobre informações do paciente (sexo, peso, idade e altura), dados do equipamento (marca, filtração total, tipo de gerador, tamanho focal), parâmetros de técnica radiográfica (kVp, mAs, DFF, combinação tela-filme) e dados da instalação (sistema de processamento da imagem, físico responsável pelo estabelecimento, sistema de proteção radiológica, etc.). A Tabela 05 mostra um resumo dos dados levantados para pacientes pediátricos (idade inferior a 15 anos) em exames de tórax e crânio.

Tabela 05: Doses fornecidas e parâmetros de técnica radiográfica empregados em exames convencionais de raios X em pacientes pediátricos (idades 0 a 15 anos) no estado de São Paulo.

Exame Projeção	n	3º Quartil		Valor médio (mínimo – máximo)		
		K _{a,e} (mGy)	K _{a,e} (mGy)	Tensão (kVp)	Carga (mAs)	DFE (cm)
Tórax AP	33	0,20	0,15 (0,03–0,30)	61 (42 – 75)	9 (3 – 15)	125 (80 – 180)
Tórax PA	26	0,35	0,22 (0,05–0,48)	71 (50 – 104)	11 (4 – 80)	175 (100– 200)
Tórax Lat	33	0,56	0,44 (0,07–1,22)	75 (50 – 94)	14 (4 – 48)	150 (80 – 180)
Crânio AP	15	1,06	0,90 (0,25–2,09)	65 (50 – 75)	23 (5 – 50)	100 (100– 110)
Crânio Lat	15	0,83	0,74 (0,20–2,20)	61 (50 – 80)	21 (4 – 50)	100 (100– 110)
Seios da face MN	28	2,01	1,36 (0,03–3,43)	69 (60 – 77)	40 (20 – 90)	100 (25 – 130)
Seios da face FN	24	1,98	1,30 (0,05–2,79)	67 (60 – 75)	40 (15 – 90)	100 (25 – 130)

FONTE: Freitas (2005)

DFE: Distância foco-filme

FREITAS (2005) concluiu que os parâmetros de técnica radiográfica empregados nos exames e os valores das doses encontrados apresentaram uma grande variação. No entanto, como o número de pacientes amostrados foi relativamente pequeno e a variação no biótipo com a idade extremamente significativa, as comparações com dados fornecidos pela literatura tiveram um caráter restrito.

2.2 TÓPICOS TEÓRICOS

A monitoração das doses recebidas pelos pacientes nos diferentes procedimentos radiográficos é um ponto chave para atestar a qualidade do serviço de radiologia. O uso de métodos de dosimetria adequados e padronizados para esse propósito permite não só uma melhor avaliação do risco para o paciente, como também possibilita a comparação do desempenho das diferentes instalações radiológicas de uma determinada região ou país, para fins de otimização da proteção ao paciente.

A otimização dos procedimentos radiográficos é crucial para se obter uma imagem de qualidade que apresente as informações necessárias para o correto diagnóstico e que seja com doses tão baixas quanto razoavelmente exequíveis (princípio ALARA; NCRP, 1990). Nesse contexto, a cultura da garantia da qualidade tem ganhado cada vez mais espaço nas instalações radiológicas. Um programa de garantia da qualidade em radiodiagnóstico (PGQR) é definido pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 1984) como sendo um esforço

organizado por parte do pessoal de uma instalação para produzir, com segurança, imagens diagnósticas com qualidade suficientemente elevada, fornecendo, em todos os casos, uma informação diagnóstica adequada, com o menor custo possível e mínima exposição do paciente à radiação ionizante.

Um PGQR, em sua forma mais ampla, deve incidir em cada uma das fases do processo de radiodiagnóstico: marcação do exame, realização do mesmo, interpretação das informações obtidas e sua transmissão ao médico solicitante (SEFM, 2002). Um PGQR envolve dois aspectos: garantia da qualidade e controle da qualidade (GHILLARDI NETO, 1998).

A garantia da qualidade envolve todos os aspectos organizacionais e administrativos relacionados à implementação de procedimentos operacionais com vista à otimização das práticas, ou seja, contenção de custos, redução da dose no paciente e melhoria na qualidade da imagem. Nesse sentido, é imperativo a adoção de uma política de educação continuada, que abranja o treinamento dos funcionários nos diversos quesitos de proteção radiológica.

O controle da qualidade é o conjunto de operações (programação, coordenação, aplicação) destinadas a manter ou melhorar a qualidade, abrangendo o monitoramento, avaliação e a manutenção aos níveis requeridos de todas as características de desempenho do equipamento que possam ser definidas, medidas e controladas (CE, 1999). Em síntese, CQ (controle de qualidade) é o mais tangível e essencial aspecto de um PGQR, compreendendo a verificação periódica dos parâmetros técnicos dos sistemas de registro de imagem e dos equipamentos de formação de imagem, visando assegurar a adequação dos mesmos às especificações dos fabricantes e de normas de organizações nacionais de proteção radiológica e agências governamentais.

2.2.1 Otimização dos procedimentos radiográficos

A otimização dos procedimentos radiográficos possibilita a obtenção de imagens adequadas ao diagnóstico com a menor dose ao paciente. A redução das doses nos pacientes pode ser alcançada trabalhando adequadamente com os seguintes parâmetros (CE, 1996):

- (a) anotação dos dados pertinentes no filme radiográfico;
- (b) teste e ajustes dos equipamentos;
- (c) uso de materiais de baixa atenuação em cassetes, grades, mesas e murais;
- (d) correto posicionamento e imobilização (quando necessário) do paciente;
- (e) atenção à colimação para uma correta delimitação do tamanho do campo de irradiação;

(f) utilização de protetores pumblíferos em regiões próximas ao campo de radiação, que contém órgãos radiosensíveis, desde que sua utilização não interfira na realização do exame ou na qualidade da imagem;

(g) especial atenção às condições de exposição (tamanho do ponto focal, filtração adicional, utilização de grades, distância foco-filme, alta tensão, tempo de exposição, etc.);

(h) escolha da combinação tela-filme adequada;

(i) nível de escurecimento (densidade ótica) do filme;

(j) número de exposições por exame;

(k) condições de processamento;

(l) condições do negatoscópio;

(m) taxa de filmes rejeitados.

Atenção especial deve ser dada aos exames radiográficos em crianças, que representam o segmento da população com o maior risco de apresentar efeitos radioinduzidos, uma vez que (SCHNEIDER *et. al.*, 1992; HINTENLANG *et. al.*, 2002):

(a) seus tecidos que estão em fase de crescimento são mais susceptíveis aos efeitos nocivos da radiação que os tecidos maduros;

(b) seu esqueleto apresenta grande fração de medula vermelha, que é um órgão de elevada radiosensibilidade;

(c) apresentam uma maior expectativa de vida do que os adultos;

(d) não cooperam na realização dos exames, aumentando a taxa de repetição dos exames;

(e) diferenças funcionais (tais como: maior taxa de batimentos cardíacos, respiração mais rápida, aumento dos gases intestinais, etc.) e tamanho menor do corpo, fazem com que uma maior fração da anatomia da criança se localize dentro do campo de radiação, em comparação aos exames dos adultos nas mesmas projeções.

2.2.2 Dosimetria em radioagnóstico

As grandezas dosimétricas práticas recomendadas para determinar a dose no paciente e verificar as boas práticas de operação, com objetivo de otimizar a proteção do paciente e a qualidade da imagem em radiologia convencional são: o Kerma no ar na Superfície de Entrada ($K_{a,e}$) e o Produto Kerma dose-área no ar ($P_{K,A}$) (ICRU, 2005). Os níveis de Referência em Radiodiagnóstico (NRDs) são dados em termos dessas duas grandezas práticas

e, a partir delas, as Doses nos Órgãos (DT) e Dose Efetiva (E), podem ser estimadas utilizando os coeficientes de conversão disponíveis na literatura (HART et al., 1994a,b;1996a,b) ou obtidos através de programas computacionais (LE HERON, 1994, 1996; KYRIOU, 2000). O ANEXO 1 apresenta uma revisão das grandezas dosimétricas básicas e práticas relevantes em radiologia convencional.

Neste trabalho utilizaremos somente Kerma no ar na Superfície de Entrada, através de cálculos dosimétricos e medidas.

Kerma é definido em um ponto e refere-se a transferência de energia inicial por partículas não carregadas de matéria (ICRU, 2005). Para partículas não carregadas de uma única energia, o kerma é relacionado à fluência da energia pelo coeficiente de transferência da energia, μ_{tr}/ρ do material para estas partículas (Equação 01).

$$K = \frac{\psi \mu_{tr}}{\rho} \quad (01)$$

Para os raios X usados diagnóstico médico o kerma é expressado geralmente no ar. O kerma no ar, K_a , é relacionado à fluência da energia pelo coeficiente de transferência da energia no ar, $(\mu_{tr}/\rho)_a$. Assim para fótons de uma única energia, o K_a é dado perto:

$$K_a = \psi(\mu_{tr}/\rho)_a \quad (02)$$

Para facilitar a rotina diária de medidas dosimétricas o K_a também pode ser medido da seguinte forma:

$$K_a = R_i \cdot Q \quad (03)$$

onde, R_i : é o rendimento do tubo de raios X para a técnica radiográfica empregada no exame, interpolado a partir da curva de rendimento em função da tensão;

Q: é o produto da corrente do tubo (I) pelo tempo de exposição (t), empregados no exame em mili-ampere-segundo (mAs).

Os fatores que influenciam diretamente para a determinação do valor de K_a , para cada paciente estudado, são as técnicas empregadas no exame, isto é, a tensão do tubo (kVp) e a carga empregada (mAs).

O kerma no ar incidente é o kerma no ar do feixe incidente no raio central do feixe de raios X na distância foco-superfície, d_{FSD} , isto é, no plano da entrada na pele. Somente a radiação primária incidente no paciente ou no fantom e não a radiação de fundo, são incluídos. O kerma no ar incidente é aproximadamente relacionado ao kerma no ar em uma distância, d , do ponto focal do tubo, o $K_a(d)$, pela lei do inverso-quadrado. Assim:

$$K_{a,i} = K_a(d)(d/d_{FSD})^2 \quad (04)$$

O $K_{a,e}$ é determinado a partir da medida do Kerma no ar Incidente ($K_{a,i}$), que pode ser obtido através de medidas do rendimento do tubo de raios X com uma câmara de ionização adequada e devidamente calibrada (HARRISON *et. al.*, 1983; DAVIES *et. al.*, 1997; HUFTON *et. al.*, 1998; FAULKNER *et. al.*, 1999; AROUA *et. al.*, 2002). Neste caso a radiação de fundo é incluída:

$$K_{a,e} = K_{a,i} \cdot BSF \quad (05)$$

onde, BSF é o fator de retroespalhamento, adimensional. Este é função do tamanho de campo, filtração do equipamento e técnica radiográfica empregada no exame. Foi adotado neste trabalho, um valor fixo de 1,35 para o BFS (CE, 1996).

O BFS é uma medida que em princípio foi estabelecida de forma empírica. Os valores de BFS são primeiramente uma função do espectro de raios X (CSR) e tamanho do campo de irradiação mas são igualmente dependentes a um grau inferior do ângulo do ânodo, da distância foco-superfície, do d_{FSD} , da espessura fantom e do material. As medidas na radiologia diagnóstica estipuladas por HARRISON, 1982, mostraram que para um CSR dado, o valor de BFS é dependente da tensão de tubo máxima. Qualitativa, porque um CRS dado uma tensão de tubo de pico mais elevado implica num espectro mais largo que conduz a um BFS modificado por uma energia de espalhamento mais baixa e mais elevada. O efeito relatado por Harrison (1982) atinge ~2% do máximo de um CSR de 2 mmAl e a tensão do tubo varia de 60 a 100 kVp.

Por outro lado, o $K_{a,e}$ pode ser determinado diretamente através de medidas realizadas com detectores TLDs posicionados diretamente na pele do paciente (CE, 1996; BURKE, 1997; IPSM, 1992; MOONEY, 1998) ou na superfície do fantoma (ICRU, 1992; MARSHALL, 1994; ALMEN *et. al.*, 1996; RAMLI *et. al.*, 2005) para simular a irradiação do paciente.

2.2.3 Dosímetro Termoluminescente

A termoluminescência é uma parte do processo coletivo conhecido como “Fenômeno Termicamente Estimulado” e é, na sua essência, a emissão de luz devido à estimulação térmica de um material que foi previamente irradiado. Mesmo que só uma pequena parte da energia depositada como dose absorvida no dosímetro TL seja emitida como luz, a quantidade de luz emitida será proporcional à energia da radiação absorvida pelo material termoluminescente. Este fenômeno pode ser descrito através da existência de dois estágios fundamentais. Primeiro: a perturbação do sistema em equilíbrio levando-o para um estado metaestável; Segundo: o relaxamento do sistema termicamente estimulado trazendo de volta o equilíbrio do sistema. No primeiro estágio, a radiação ionizante apresenta-se como protagonista da alteração no sistema e, no segundo, há a emissão de luz, luminescência, como resultado do relaxamento do sistema durante o retorno à estabilidade (JOHNS, 1983).

O objetivo central da dosimetria termoluminescente é determinar a quantidade de energia absorvida por unidade de massa do material durante o processo. Este fenômeno pode ser explicado em termos das “armadilhas para elétrons ou buracos” através do modelo de bandas de energia: os materiais termoluminescentes possuem, em geral, a banda de valência repleta de elétrons e a de condução, vazia. Entre elas, uma faixa constituída de estados energéticos não permitidos a elétrons e por isso denominada banda proibida (Figura 01).

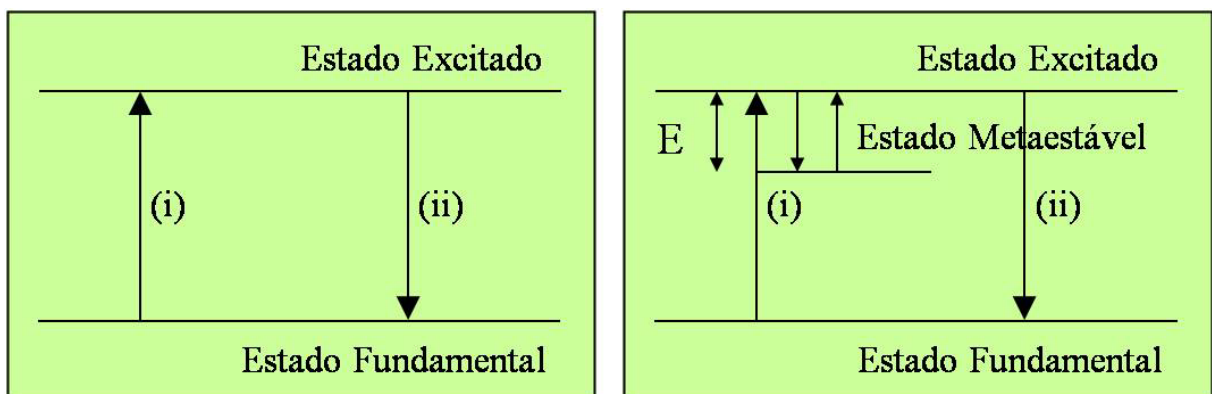


Figura 01 – Estados energéticos envolvidos nos processos de excitação e decaimento com emissão luminescente: (a) fluorescência (não necessita de estado intermediário); (b) fosforescência (precisa de um estado metaestável).

2.2.4 Técnica Radiológica

Apesar de muitas vezes esquecidas, técnicas radiográficas adequadas devem ser priorizadas nos setores radiológicos, principalmente na pediatria, devido à alta radiosensibilidade e a alta expectativa de vida das crianças, o que aumenta os riscos associados à radiação (YAKOUMAKIS *et. al.*, 2007).

LUNELLI *et. al.* (2007) e LIMA (2004) citam que ao adequarmos a técnica radiográfica baseando-se em conceitos de dosimetria e qualidade de imagem, pode-se ter uma minimização da dose. Esta diminuição significativa da dose pode não trazer alterações na qualidade da imagem quando utilizados parâmetros de exames adequados ao mesmo (CE, 1996).

Os parâmetros mais importantes envolvidos com as características resultantes na imagem são a densidade e o contraste radiológico, representados fisicamente pela corrente do filamento (mAs) e a tensão do tubo de raios X (kVp) (BONTRAGER, 2009). A escolha ideal dos parâmetros citados nos fornece uma imagem com alto valor diagnóstico. A região de interesse é um fator determinante nestas escolhas e deve-se levar em consideração sua espessura, pois ela irá absorver a energia dos fótons de raios X. Os fótons resultantes do processo devem possibilitar uma imagem de boa qualidade no detector radiográfico (filme/sensor digital).

Para o presente estudo foram escolhidas as incidências torácicas em crianças que serão brevemente explorados nos próximos tópicos.

2.2.4.1 Exames Torácicos

Os exames torácicos possuem a finalidade de evidenciar as estruturas da caixa torácica e mediastino. São incidências realizadas em inspiração e preferencialmente em ortostase, com a finalidade de demonstrar além das estruturas de interesse, níveis hidroaéreos. Os exames podem ser pósterio-anteriores PA conforme a Figura 02, ou ântero-posteriores (AP). Em adultos a preferência são exames em PA (para diminuir a ampliação da área cardíaca) e ortostase, porém deve-se analisar sempre a condição e idade da criança para definir as técnicas mais adequadas ao paciente (BONTRAGER, 2009).

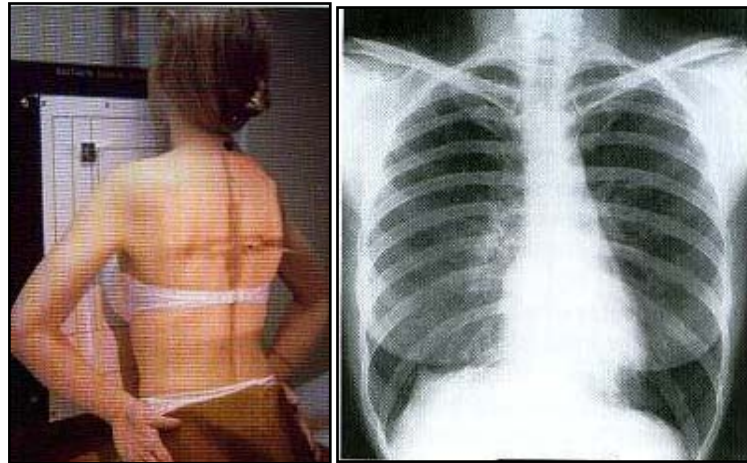


Figura02 – Incidência PA de tórax e respectiva imagem radiográfica (BONTRAGER, 2009).

O exame do tórax pode ser realizado, dependendo da indicação clínica, adicionando-se uma incidência Perfil, conservando o lado esquerdo do paciente mais próximo ao filme para não haver ampliação da silueta cardíaca e os braços elevados (Figura 03). A espessura da estrutura a ser atravessada aumenta significativamente com a idade do paciente nesta incidência (BONTRAGER, 2009).

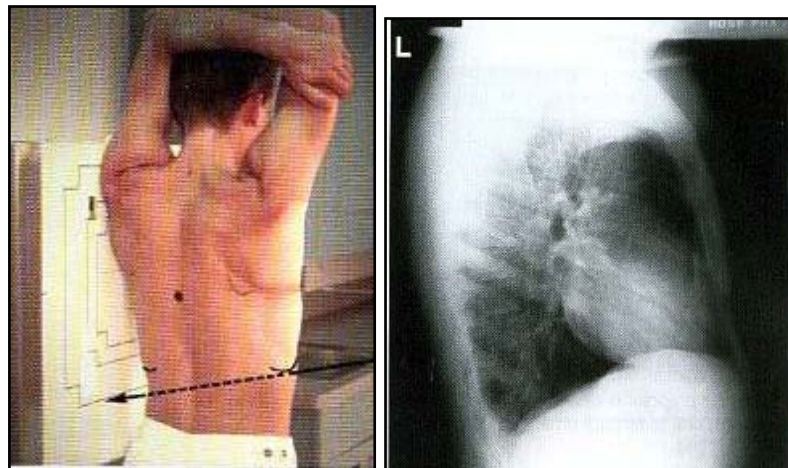


Figura 03 – Incidência em posição lateral de tórax e respectiva imagem radiográfica (BONTRAGER, 2009).

2.2.5 Níveis de Referência

Internacionalmente existem literaturas que trazem níveis de referência para dose em pediatria. No Brasil existe uma carência na padronização de serviços, que afeta principalmente a radiologia infantil. A única normatização referente à radiação X para fins diagnósticos é a Portaria 453/98 do Ministério da Saúde (MS). Já para fins de proteção

radiológica geral órgãos como a CNEN e o IPEN, possuem conteúdos e diretrizes para radioproteção.

2.2.5.1 Portaria 453/98 MS

A portaria 453/98 entrou em vigor após os primeiros acidentes com radiação ionizante no Brasil. Esta traz especificações a respeito da utilização dos raios X para fins médicos. Abordam as normatizações para equipamentos de radiodiagnóstico e controle de qualidade, princípios de radioproteção e algumas especificações gerais de exames radiológicos.

A portaria especifica os procedimentos que podem ser realizados na radiologia médica e odontológica e alguns parâmetros gerais. Descreve a estruturação de salas e ambientes adequados para setores de radiologia em clínicas e hospitais, e os requisitos básicos de cada equipamento utilizado. Os princípios de radioproteção ocupacional e da população em geral são apontados, porém enfatizando-se a exposição ao qual o técnico/tecnólogo ou médico é submetido e não discute propriamente a dose em pacientes (ANVISA, 1998).

2.2.5.2 Normas internacionais

Na década de 70 foram constatadas as primeiras medições efetivas de dose de entrada na pele – DEP – nos Estados Unidos. Na sequência, a Inglaterra realizou medições de grande porte em 1991. Estas pesquisas resultaram mais tarde nos primeiros protocolos e diretrizes para exames radiológicos (Tabela 06) (WALL e SHRIMPSON, 1998).

Tabela 06 – Histórico das diretrizes de dosimetria em exposições médicas (WALL e SHRIMPSON, 1998).

País / Ano	Profissionais / Entidades envolvidas	Nomenclatura
Estados Unidos 1985	CDRH	Guia de técnicas e exposição
Estados Unidos 1988	CRCPD	Guia de exposição radiológica
Inglaterra 1990	NRPB/RCR	Guia de doses de referência
Inglaterra 1992	IPSM/CoR/NRPB	Doses de referência
Europeu 1990-97	EC Study Group	Critérios de qualidade
Europeu 1997	EC Directive	Níveis de referência diagnóstica
Mundial 1990	ICRP 60	Níveis de investigação
Mundial 1994	IAEA BSS	Nível de orientação
Mundial 1996	ICRP 73	Níveis de referência diagnóstica

As diretrizes europeias para critérios de qualidade diagnóstica nas imagens em pediatria (CE,1996) são os mais atuais dos protocolos, visto a necessidade de preservar a saúde e minimizar a radiação utilizada em crianças. Recebe grande destaque nesta área os grandes estudos realizados pelo ICRP, Comissão Internacional de Proteção Radiológica, por conter informações importantes relacionadas ao risco da radiação à saúde, radioproteção, dosimetria de pacientes e otimização de procedimentos. Esta abrange uma área ampla visando fornecer informações que irão proporcionar ao corpo técnico maior capacidade de otimização dos procedimentos.

2.2.5.3 Diretrizes de qualidade radiológica e dose em pediatria

Devido à maior radiosensibilidade em crianças, houve a necessidade de adaptar diretrizes, que antes havia somente para adultos, para uso efetivo na pediatria. Observa-se hoje que os guias de maior aceitabilidade no Brasil e o maior alcance internacional são organizados pelo ICRP e os protocolos europeus. Ambos trazem informações significativas a respeito da dosimetria e procedimentos radiológicos (CE, 1996; ICRP, 2006).

A Comissão Europeia na organização de suas diretrizes procurou adequar uma imagem radiológica de qualidade diagnóstica e ao mesmo tempo buscar uma menor dose por incidência realizada. Como exemplificação dos dados dosimétricos, a Tabela 07 a baixo demonstra algumas doses referenciadas para incidências radiológicas específicas.

Tabela 07 – Dados dosimétricos fornecidos pela Comissão Europeia (CE, 1996; ICRP, 2006)

Categoria	Incidência	Dose de Entrada na Pele (μGy)	Faixa de energia utilizada (kVp)	Máximo de tempo de exposição (ms)
Recém Nascidos	Tórax PA/AP	80	60-65	4
Até 5 anos	Tórax PA/AP	100	60-80	10
	Tórax Lateral	200	60-80	20

Os limites máximos permissíveis são estabelecidos de forma a reduzir a probabilidade de ocorrência dos efeitos estocásticos nos indivíduos expostos, na sua descendência direta e na população como um todo. A CNEN e a ICPR recomendam, então, limites de doses equivalentes diferentes para os trabalhadores com radiação e para o público em geral. Elas acreditam que um método válido para julgar a aceitabilidade do nível de risco

no trabalho com a radiação seja compará-lo com o de outras ocupações reconhecidas como tendo alto grau de segurança, ou seja, aquelas onde o nível médio anual de mortalidade devida a acidentes de trabalho não exceda a 1 em 10000.

Levando em conta esses fatores e experiências anteriores, a ICRP fixou em 50 mSv o limite anual de dose equivalente para os que trabalham com radiação, com recomendação de que a média anual em cinco anos seja de 20 mSv. Nessa dose não está incluída a proveniente de exposição à radiação natural nem a de exposições médicas. Acredita a Comissão que, neste último caso, a pessoa que recebe a radiação é a mesma que recebe os benefícios dessa exposição – como um diagnóstico correto, por exemplo – que podem ser maiores que o prejuízo eventual causado. As exposições desnecessárias devem ser evitadas e as exposições necessárias devem ser justificadas pelo benefício do diagnóstico. A dose administrada deve limitar-se a quantidade mínima necessária para produzir uma boa imagem, ainda que não se aplique um limite de dose individual (TILLY, 1997).

Para indivíduos do público, a Comissão Européia limitou em 1 mSv a dose equivalente anual. Para pacientes, não existe um limite de dose equivalente, mas níveis de referências de acordo com os exames empregados.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS E INFRA-ESTRUTURA

Os materiais e infra-estrutura utilizados foram resultantes de uma parceria entre pesquisadores das universidades: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR); Universidade Federal do Paraná, na representação do Hospital de Clínicas (HC – UFPR) e do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN – UFPE), na disponibilização de materiais.

3.1.1 Equipamentos de Raios X

O equipamento utilizado no Hospital de Clínicas da UFPR é da marca GE, modelo 567 de alta frequência, com aproximadamente dois milímetros de alumínio de filtração total, verificado em teste de rendimento (Figura 04).



Figura 04 – Equipamento de raios X, na sala de radiologia pediátrica, HC de Curitiba

3.1.2 Instrumentos de Coleta de Dados

Durante a aquisição de dados, instrumentos de medida como espessômetro e trena (portátil) foram utilizados. Estes forneciam dados numéricos significativos para as simulações dosimétricas (BONTRAGER, 2009).

Para a aquisição dos dados clínicos do paciente em questão, um formulário de dados pessoais do paciente era preenchido, junto ao conhecimento da pesquisa e a autorização expressa dos responsáveis no termo de consentimento (ANEXO 2 e 3).

3.1.3 Dosímetros Termoluminescentes

Para as avaliações de kerma de entrada na pele foram utilizados TLDs de fluoreto de lítio (TLD-100), por possuírem alta sensibilidade e número atômico efetivo (7,42), próximo ao do tecido humano (DEL REAL, *et. al.*, 1998), como representado na Figura 05, colocados na pele dos pacientes, no centro do campo, com auxílio de fita adesiva. Esses dosímetros foram encapsulados aos pares. Foi utilizado um par de TLDs para cada paciente, sendo colocado no centro do campo de radiação.



Figura 05 – Comparação do tamanho de um dosímetro TDL-100 com a ponta de um lápis

Os dosímetros termoluminescentes utilizados são produzidos pela Universidade Federal de Pernambuco, cedidos pelo Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes (LMRI). Estes são do tipo TLD-100, de fluoreto de lítio, são ideais para o controle de dose, não somente pela sua facilidade de obtenção – e principalmente de utilização – mas também pela sua efetividade e confiabilidade informacional dosimétrica. O erro de medição desses dosímetros é de $0,5\mu\text{Gy}$. A figura 06 mostra um dosímetro preso com fita adesiva em uma criança em exame de tórax com projeção PA.



Figura 06 – TLD preso à pele do paciente com fita adesiva

Em cada exame foi usado um envelope contendo dois TLDs e considerada a leitura média de cada par. O recebimento de cada remessa e o reenvio foi feito via correio. Em cada grupo de dosímetros, uma unidade em branco (TLD padrão) acompanhou o lote para captar a radiação ambiental, sendo que sua leitura foi subtraída das leituras dos dosímetros do grupo expostos nos exames.

Após a irradiação, a leitura dos dosímetros foi efetuada em uma leitora Victoreen 2800M e os valores das doses foram determinados a partir das curvas de calibração obtidas anteriormente, levando em consideração a contribuição da radiação de retroespalhamento.

3.1.4 Controle de qualidade e rendimento

Para verificação do equipamento, utilizou-se uma seqüência de testes de rendimento e calibração efetuados por instrumentos como: câmara de ionização da RADCAL CORPORATION modelo 9010, com 6 cm³ de volume sensível, acoplada a uma haste própria, conforme mostra a figura 06, com erro aproximado de 0,05 μ Gy; e lâminas de alumínio de 99% de pureza para determinação da Camada Semi-Redutora (CSR), como mostra a figura 07.



Figura 07 – Câmara de Ionização e monitor

A verificação do tempo de exposição e tensão do tubo (kVp) foi realizada através do medidor multiparamétrico (Figura 08), kVp Meter da *Electronic Control Concepts*, modelo 815.



Figura 08 – kVp Meter

3.2 DESENVOLVIMENTO

Há várias maneiras de se fazer a dosimetria pediátrica, incluindo cálculos, objetos simuladores, ou materiais que meçam a dose de entrada na pele. Neste trabalho utilizamos duas formas para medir a dose pediátrica: a utilização de dosímetros termoluminescentes

(TLD) e a determinação do Kerma no ar na superfície de entrada, a partir do rendimento do equipamento de raios X e a técnica empregada em cada exame. A primeira tomada de dados foi realizada em duas etapas: uma coleta na forma como eram feitos os exames, e uma segunda etapa, quando foi proposta uma modificação na técnica empregada em cada exame.

3.2.1 Determinação do Kerma no ar na superfície de entrada ($K_{a,e}$)

Para a determinação do $K_{a,e}$ foi utilizada a câmara de ionização para determinação do rendimento do equipamento. Para um valor fixo de carga (mAs), foram efetuadas medidas com diferentes valores de tensão aplicada ao tubo de raios X, cobrindo a faixa comumente utilizada em pacientes pediátricos. Para cada condição, foram efetuadas três leituras com a câmara de ionização e o valor médio foi calculado e utilizado para traçar o gráfico da variação do rendimento (em $\mu\text{Gy/mAs}$) em função da tensão (kV). As leituras obtidas com a câmara de ionização foram corrigidas para a pressão, temperatura e fator de calibração da câmara.

A partir dos parâmetros de técnica radiográfica (kV, mAs, DFP) empregados nos exames, o $K_{a,e}$ foi estimado utilizando a equação 05.

Foram feitos testes para verificar a variação entre o valor indicado e o medido para o potencial do tubo e o tempo de exposição. Para realizar esta leitura, foi utilizado o medidor multiparâmetros em teste não invasivo o qual permite obter simultaneamente o valor da tensão e do tempo de irradiação. Foram feitas medidas para 7 valores de potenciais entre 50 e 110 kV, com intervalos de 10 kV. Foram feitas 3 medidas para cada valor de potencial e considerada a média destas 3 leituras.

Também foram feitos testes para se obter a filtração total do equipamento. Para tal, foi determinado o valor da CSR utilizando-se filtros de alumínio com 99% de pureza na saída do tubo de raios X com auxílio da câmara de ionização. Foi obtido o valor de 2,4 mmAl para CSR na faixa de 80 kVp, estando de acordo com a Portaria 453/98 que prevê um mínimo de 2,3 mmAl para esta faixa de potencial.

3.2.2 Incidências Seleccionadas

Entre 2005 e 2009, foram avaliadas 386 exposições em pacientes pediátricos de 0 a 15 anos, no HC de Curitiba, que faziam exames radiográficos rotineiros de tórax, na sala pediátrica do HC.

As incidências utilizadas para o presente estudo se devem à observação da rotina do setor e com referência em dados significativos anteriormente coletados. FREITAS (2004) e COMPAGNONE (2005), utilizam em suas pesquisas diversas incidências e serviram de base a escolha das mesmas. No presente estudo, as incidências PA/AP e Perfil de tórax foram as escolhidas, levando em consideração principalmente seu número significativo no setor.

As incidências realizadas para pacientes pediátricos possuem algumas particularidades. O modo de execução do exame é adaptado pela idade e impacto psicológico que o exame causa na criança. Em crianças menores de 2 anos, o exame é executado deitado em AP, sendo o uso do bucky-mural da mesa opcional pelo técnico. Crianças até os 6 anos costumam necessitar de imobilização, esta deve ser executada preferencialmente pelos pais e acompanhantes (exceto em caso de gravidez), estes devem ser devidamente protegidos com vestimentas pumblíferas.

3.2.3 Grupos de Análise

Para fins comparativos dividiram-se os dados pediátricos em grupos segundo a faixa etária dos pacientes pediátricos. HART *et. al.* (2000) afirma que existe uma pequena variação de espessura do paciente em determinadas áreas do corpo nas faixas etárias escolhidas, conferindo menor variabilidade na simulação e análise dos dados (Tabela 08).

Tabela 08: Espessura média para o tórax em cm (HART *et. al.*, 2000).

Idade	Tórax AP (cm)	Tórax Lateral (cm)
0	8,5	10
1	12	15
5	14	19
10	16	23
15	18	27

Com referência em estudos anteriores, LUNELLI *et. al.*(2006); OLIVEIRA *et. al.* (2004) e AZEVEDO *et. al.*(2003) através da análise dos pacientes encontrados nos locais de pesquisa, cada incidência coletada foi direcionada a um grupo tendo como base a faixa etária do paciente. Os pacientes foram divididos em 4 faixas etárias, a saber: 0-1 ano, 1-5, 5-10 e 10-15 anos, respeitando a anatomia e o crescimento da criança, conforme indicado por KYRIOU *et. al.* (1996); MOHAMADAIN *et. al.* (2004); RUIZ *et. al.* (1991); LACERDA *et. al.* (2005) e AZEVEDO *et. al.* (2003).

3.2.4 Coleta dos dados

Os dados coletados ocorreram em três diferentes períodos: em 2005, 2007 e 2009. No período de 2005 foram propostas algumas mudanças nas técnicas radiológicas após as primeiras análises dos dados. Nos períodos de 2007 e 2009, foram feitas coletas simples, sem a preocupação de mudanças de técnicas.

Foram tomados os dados dos pacientes e da técnica radiográfica empregada. Desta amostra, 67% eram do sexo masculino e 33% do sexo feminino e foram avaliados as projeções AP/PA e Perfil.

Apenas as crianças menores, que não conseguem ficar imóveis e sentadas realizaram o exame com projeção AP, deitados sobre a mesa, com conjunto chassi-filme colocado entre a mesa e o paciente, dispensando o uso grade antidifusora. O exame em Perfil destas crianças também foi realizado sobre a mesa, com o auxílio dos pais ou responsáveis para segurar braços e as pernas destes bebês, imobilizando-os durante a execução do exame. Para as demais crianças, foram realizados os exames com projeção PA, com as crianças sentadas na extremidade da mesa e abraçando o conjunto chassi-filme, que fica junto ao peito, auxiliados pelos pais ou responsáveis que seguravam o conjunto chassi-filme pelas pontas dos dedos.

Os dados foram coletados em um formulário específico (Anexo 2). Os dados do paciente como nome, sexo, data de nascimento, peso, espessura lateral e frontal, bem como a técnica empregada no exame, como projeção, kV, mAs, tempo de exposição, distância foco-pele, tamanho do campo e o índice de repetição do exame, com sua justificativa, foram anotados, bem como os exames em que também foram utilizados TLDs.

Entretanto a diversidade de tamanhos e massas das crianças, dentro de uma mesma faixa foi grande. Após a constatação de que as doses poderiam ser reduzidas para a primeira faixa etária, houve uma mudança na técnica radiográfica empregada. A tabela 09 e 10 mostra a média da massa dos pacientes por faixa etária, além das mudanças constatadas no potencial do tubo (kV) e na carga, ou seja, o produto corrente pelo tempo (mAs). A maior mudança foi a redução da carga para a metade, sendo a maior responsável pela redução dos valores de $K_{a,e}$.

Tabela 09: Média de massa, tensão e carga por idade na incidência PA/AP

Faixa etária		Antes	Depois	Massa
0-1	kVp	51,9	55	8,41
	mAs	3,2	1,51	
1-5	kVp	53,6	62,5	14,22
	mAs	3,2	1,57	
5-10	kVp	59,4	65,6	25,09
	mAs	3,2	1,63	
10-15	kVp	59,7	71,7	37,46
	mAs	3,2	1,6	

Tabela 10: Média de massa, tensão e carga por idade na incidência Perfil

Faixa etária		Antes	Depois	Peso
0-1	kVp	56,1	59,8	8,43
	mAs	3,2	1,7	
1-5	kVp	60,1	71,1	14,33
	mAs	3,2	1,64	
5-10	kVp	70,1	75,1	27,41
	mAs	3,2	1,64	
10-15	kVp	71,5	83,9	36,66
	mAs	3,2	1,6	

Uma segunda fase foi concluída em 2007, quando foram coletados os mesmos dados, em um novo grupo de pacientes. Neste grupo também foram utilizados TLDs para avaliação de $K_{a,e}$. Na terceira e última fase foram coletados os dados dos pacientes e feito o $K_{a,e}$ através de cálculos dosimétricos descritos neste capítulo.

Com os valores coletados durante todo o período pode-se avaliar as técnicas e doses nos pacientes ao longo de 5 anos, e portanto avaliar o histórico técnico destes pacientes.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

A coleta de dados foi realizada durante o período de 5 anos no Hospital de Clínicas de Curitiba. A amostra foi de 386 incidências radiográficas, sendo destas 208 AP/PA de tórax e 178 Perfil de tórax. Do total de pacientes voluntários obteve-se 33% do sexo feminino e 67 % do sexo masculino.

Conforme a metodologia descrita, a divisão em grupos foi realizada segundo a faixa etária estabeleceu-se traçando a proporcionalidade entre as incidências estudadas e os grupos descrita na figura 09.

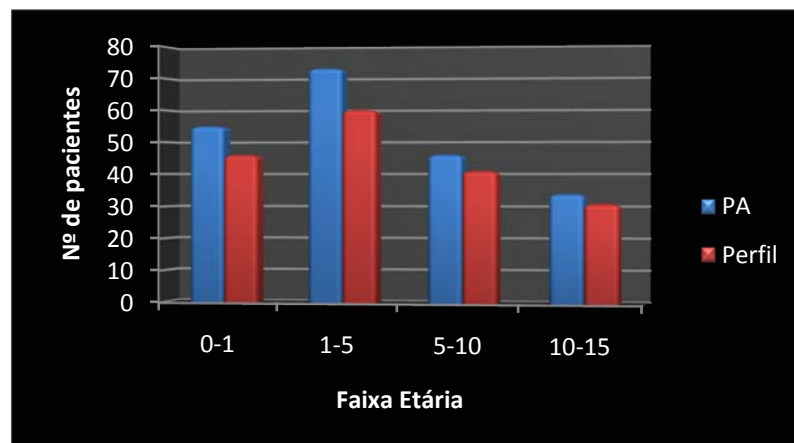


Figura 09 – Amostra de pacientes

Nas tabelas a seguir estão discriminadas as técnicas radiológicas ao longo dos 5 anos de pesquisa bem como a dose. A divisão por faixa etária é importante para observarmos as mudanças de técnica de acordo com a idade e nos diferentes períodos estudados.

Tabela 11 – Técnicas radiológicas e dose na incidência PA/AP de tórax

Faixa etária		2005		2007	2009
		Antes	Depois		
0-1	kVp	51,9	55	47	51,74
	mAs	3,2	1,51	1,9	1,74
	Dose (μ Gy)	86,75	48	42,25	51
1-5	kVp	53,6	62,5	53,6	60,36
	mAs	3,2	1,57	1,84	1,79
	Dose (μ Gy)	81,83	35	39,4	59
5-10	kVp	59,4	65,6	54,25	63,27
	mAs	3,2	1,63	3	2
	Dose (μ Gy)	68,8	30	53,75	66
10-15	kVp	59,7	71,7	-	65,64
	mAs	3,2	1,6	-	3,88
	Dose (μ Gy)	67,97	38	-	143

Tabela 12 – Técnicas radiológicas e dose na incidência Perfil de tórax

Faixa etária		2005		2007	2009
		Antes	Depois		
0-1	kVp	56,1	59,8	51,5	55,61
	mAs	3,2	1,7	1,8	1,68
	Dose (μ Gy)	67,98	66	64	52
1-5	kVp	60,1	71,1	62,2	67,77
	mAs	3,2	1,64	1,84	1,76
	Dose (μ Gy)	71,06	52	45,4	90
5-10	kVp	70,1	75,1	69,25	74,31
	mAs	3,2	1,64	1,9	1,94
	Dose (μ Gy)	77,13	45	53,75	114
10-15	kVp	71,5	83,9	-	78,64
	mAs	3,2	1,6	-	3,3
	Dose (μ Gy)	66,05	55	-	261

A diversidade de tamanhos e massas das crianças, dentro de uma mesma faixa foi grande. A tabela 13 e 14 mostra a variação da espessura do tórax e a massa destes pacientes.

Tabela 13 – Média da espessura e peso na incidência PA/AP

Faixa etária	Espessura (cm)	Peso (kg)
0-1	13,05	8,41
1-5	13,28	14,22
5-10	15,48	25,09
10-15	19,71	37,46

Tabela 14 – Média da espessura e peso na incidência Perfil

Faixa etária	Espessura (cm)	Peso (cm)
0-1	15,32	8,43
1-5	18,96	14,33
5-10	23,80	27,41
10-15	26,28	36,66

A seguir estão os gráficos mostrando a dose média dos pacientes entre 0-1 ano ao longo de 5 anos de pesquisas.

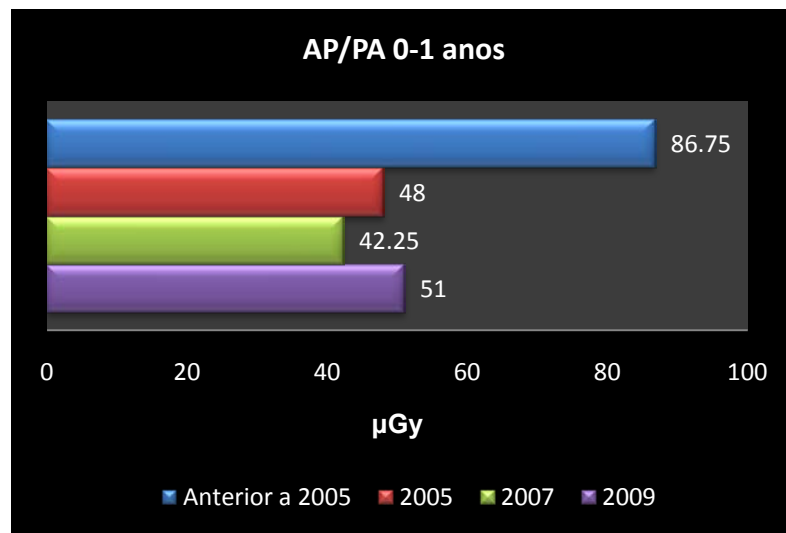


Figura 10 – Médias das doses de pacientes entre 0-1 anos com incidência de PA/AP

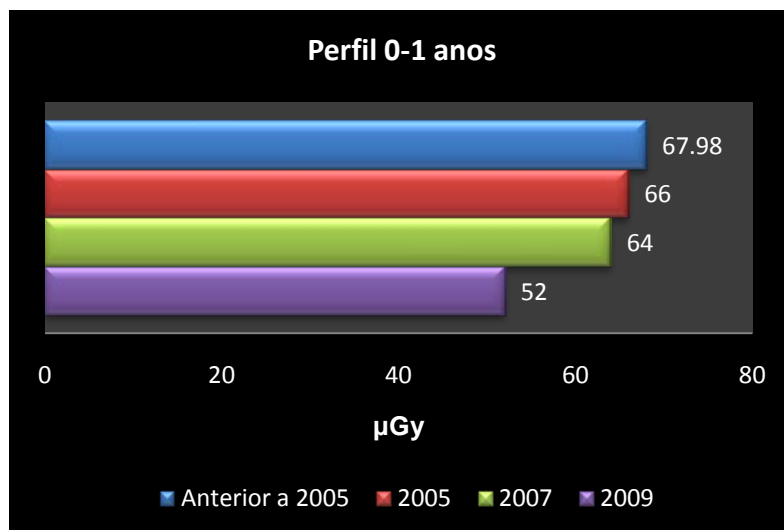


Figura 11 – Médias das doses de pacientes entre 0-1 anos com incidência de Perfil

A seguir estão os gráficos mostrando a dose média dos pacientes entre 1-5 anos ao longo de 5 anos de pesquisas.

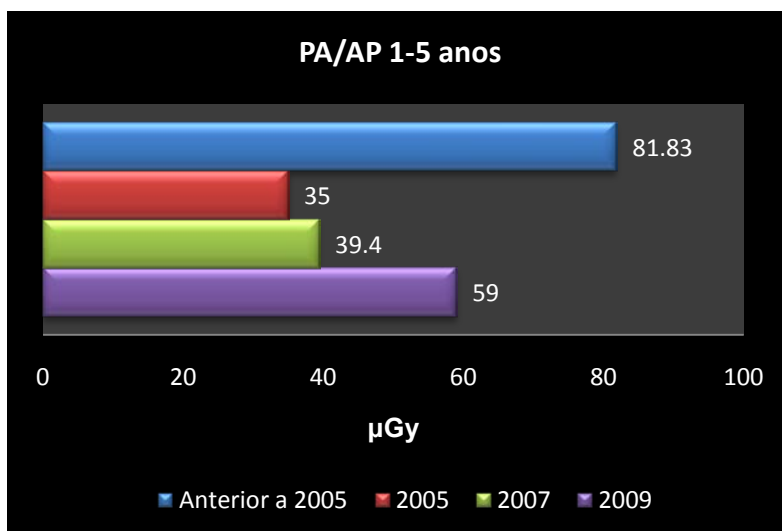


Figura 12 – Médias das doses de pacientes entre 1-5 anos com incidência de PA/AP

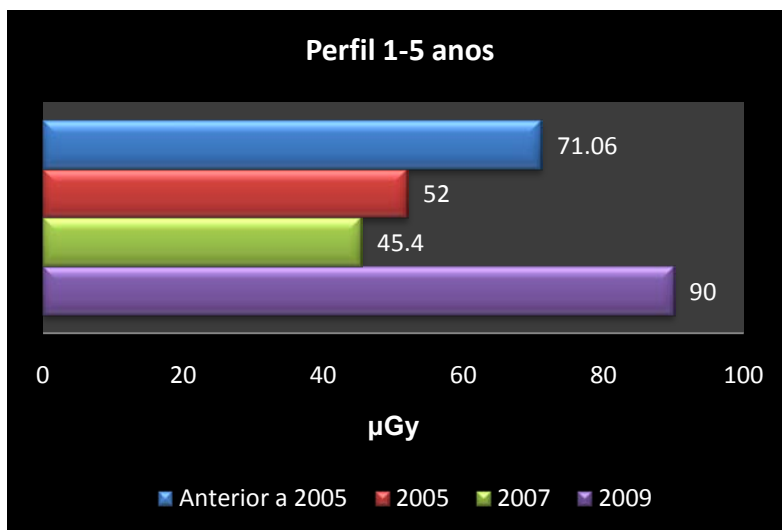


Figura 13 – Médias das doses de pacientes entre 1-5 anos com incidência de Perfil

A seguir estão os gráficos mostrando a dose média dos pacientes entre 5-10 anos ao longo de 5 anos de pesquisas.

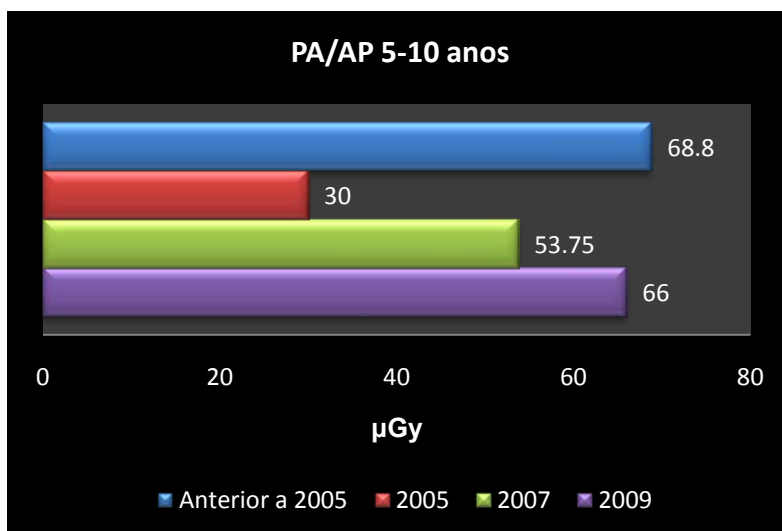


Figura 14 – Médias das doses de pacientes entre 5-10 anos com incidência de PA/AP

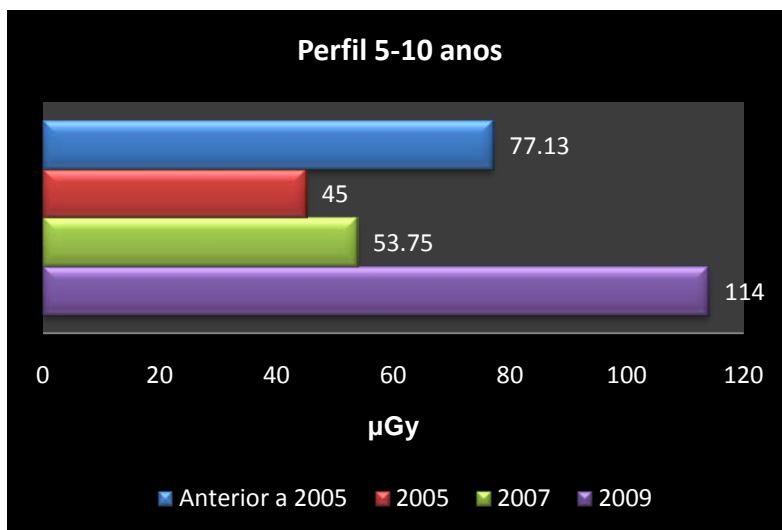


Figura 15 – Médias das doses de pacientes entre 5-10 anos com incidência de Perfil

A seguir estão os gráficos mostrando a dose média dos pacientes entre 10-15 anos ao longo de 5 anos de pesquisas. Durante a coleta de dados de 2007 não foi possível coletar dados com TLDs em pacientes na idade de 10 a 15 anos, devido a problemas técnicos.

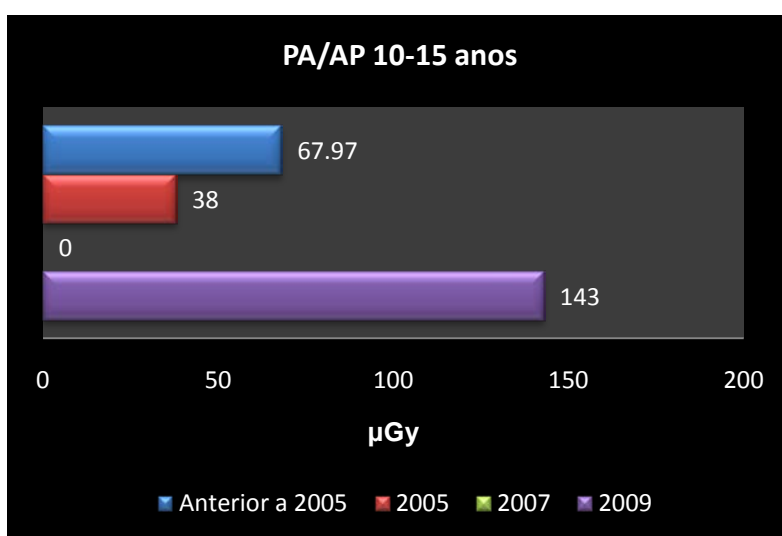


Figura 16 – Médias das doses de pacientes entre 10-15 anos com incidência de PA/AP

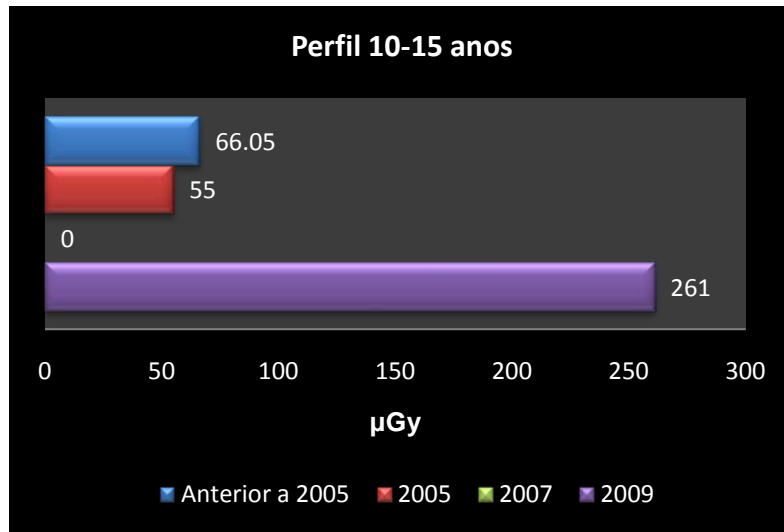


Figura 17 – Médias das doses de pacientes entre 10-15 anos com incidência de Perfil

CAPÍTULO 5

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A metodologia empregada baseou-se em pesquisas anteriores e recomendadas em protocolos internacionais. A IAEA, 1996, recomenda o uso de TLDs para encontrar Kerma no ar na superfície de entrada. A Comissão Européia (CE, 1996), recomenda, em suas pesquisas, o uso de cálculos dosimétricos através do rendimento do equipamento (Capítulo 3).

É possível constatar, através dos resultados obtidos, que a dose recebida nas diferentes faixas etárias mudaram ao longo dos 5 anos de pesquisa. No capítulo 4 os resultados foram divididos e faixas etárias, de acordo com o tipo de exame e nos anos de pesquisa.

Para o grupo de 0 a 1 ano houve a mudança na rotina do setor que foi implementada, sendo mantido a média de 1,74 mAs da incidência AP e 1,68 para o perfil, e compensando em média de 2 a 5 kVp na energia do tubo. Esta inovação resulta na compensação do aumento da estrutura sem o aumento significativo da dose fornecido pelo mAs. Com isso constatou-se que após a primeira mudança de técnica houve uma diminuição da dose recebida em ambos os exames (PA/AP e Perfil), sendo mantida essa mudança ao longo de todo o estudo. Isso se deve ao fato de uma maior preocupação da parte dos profissionais da exposição de pacientes jovens, isto é, o paciente sendo tão novo o cuidado com ele é maior, e portanto maior cuidado.

Essas doses para crianças de até 1 ano estão dentro dos limites recomendados pela Comissão Européia, que é de 80 μ Gy.

Em estudos mais amplos, como o executado por KHOURY (2009), mostra que das três instituições estudadas, duas estão acima dos limites para esta faixa etária, como mostrado na tabela 03.

LACERDA, 2007, demonstrou que algumas instituições podem apresentar altos valores de $K_{a,e}$, isso devido ao alto valor da carga (mAs). Quando mudou-se a técnica e baixou-se a carga, os valores de dose diminuíram consideravelmente, mesmo depois de 4 anos da mudança.

Nas figuras 12 e 13 mostrou-se a dose para crianças entre 1 e 5 anos de idade. Os valores encontrados para a incidência de AP/PA e Perfil mostram um leve aumento na carga utilizada durante o exame (cerca de 12,29% para PA/AP e 6,81% para Perfil).

Conseqüentemente a dose também teve um aumento (cerca de 40,68% para PA/AP e 42,22% para Perfil), porém ainda estão dentro dos limites recomendados para esta idade, que são de 100 μ Gy para AP/PA e 200 μ Gy para exames de Perfil (CE, 1996).

LACERDA, 2007, encontrou valores bastante significativos em uma das instituições estudadas, que ultrapassou valores de 400 μ Gy, tendo uma média de próxima de 100 μ Gy para exames de AP/PA.

Em estudos mais amplos, como o executado por KHOURY, 2009, mostra que as três instituições estudadas estão dentro dos valores recomendados para esta faixa etária. Porém não estão condizentes com a qualidade da imagem necessária para um bom diagnóstico. Isso se deve ao fato de não haver uma preocupação com a imagem, somente com o tempo em que o paciente passa dentro da sala de exame.

Este fato preocupante também foi observado nos exames realizados no Hospital de Clínicas de Curitiba. Apesar da qualidade da imagem não ser um fator pesquisado neste trabalho, havia uma necessidade de realizar o exame rapidamente e portanto não havia uma preocupação com o posicionamento do paciente e nem tão pouco com a técnica empregada, o que em certas ocasiões proporcionava um aumento significativo da dose.

Nas figuras 14 e 15 apresentam-se a dose de pacientes entre 5 e 10 anos de idade. Após uma queda significativa da dose, pela mudança da técnica radiológica, observa-se um aumento significativo da dose tanto em 2007, quanto em 2009, voltando e até mesmo ultrapassando os valores anteriores à mudança.

Isso se deve ao retorno das técnicas anteriores à mudança. Uma carga maior foi empregada nestes exames. Notou-se um aumento de cerca de 18,5% na carga e de 14,26% na tensão do tubo (kVp), observado nas médias. Conseqüentemente a dose para PA/AP teve um aumento de 54,5% e 60,53% para Perfil. Porém esses valores ainda se encontram dentro dos limites internacionais de dose para esta faixa etária.

Nas figuras 16 e 17 estão as maiores mudanças de dose. Em 2005 antes da mudança de técnica os valores encontrados são em média de 67,97 μ Gy para exames de PA/AP e de 66,05 μ Gy, após 4 anos a dose é 52,5% maior que no início da pesquisa (cerca de 143 μ Gy) e 74,7% maior do que nos exames de Perfil (cerca de 261 μ Gy). Isto se deve ao aumento considerável da carga empregada no exame, em que a média ao final da pesquisa é maior do que a média no início da pesquisa.

Analisando as doses encontradas no Hospital de Clínicas de Curitiba e um cenário nacional de exames de tórax para a faixa etária estudada, podemos constatar a falta de padronização nacional deste exame, bem como o cuidado com o próprio paciente. Em

Curitiba os valores encontrados estão dentro dos recomendados para a faixa de 0 a 10 anos, mas acima para pacientes entre 10 e 15 anos, como recomendado por COOK *et. al.* (2006).

A falta de estudos amplos e a carência de padronização e otimização dos serviços de radiologia demonstram a pouca preocupação das instituições regulatórias brasileiras com os próprios pacientes.

Os resultados obtidos não foram os esperados, devido ao aumento de dose principalmente nas faixas etárias de 5-10 anos e de 10-15 anos. Esse aumento de dose se deve ao fato de não haver um cuidado maior dos profissionais envolvidos com as técnicas radiológicas.

Na radiologia torácica representada pelas incidências AP/PA e Perfil de Tórax, algumas considerações merecem destaque. Para o grupo de 0 a 1 ano, as incidências em AP e Perfil encontram-se condizentes com a faixa de kVp e mAs recomendada pelas diretrizes européia, destacando-se a utilização de um limite menor de mAs para as incidências laterais. Para a incidência lateral alguns serviços costumam realizar o aumento do mAs para não sobrecarregar o tubo, isto principalmente em adultos. Por este motivo em geral o mesmo protocolo é mantido para a pediatria. Porém analisando a pequena variação de espessura da incidência em AP para o perfil podemos manter a corrente compensando de maneira apropriada na energia do tubo sem haver sobrecarga. O valor de corrente considerado limite para o AP nas diretrizes européias é de aproximadamente 2 mAs (foco fino e 10ms), e na incidência lateral é de aproximadamente 4 mAs (foco grosso e 20ms).

Todos os valores coletados na prática estão diretamente relacionados à espessura média dos pacientes, pois fornece uma média geral do tamanho da criança. Estas relações podem ser utilizadas como referência na prática radiológica, sabendo-se a constante do equipamento de raios X, através da “regra do espessômetro” (BONTRAGER, 2009 e BUSHONG, 2001).

Os valores relacionados à técnica de exposição utilizada relacionam-se, também, com uso de grade. Foi convencionado para incidências de crianças maiores neste centro diagnóstico o seu uso. Este fator explica em parte os valores maiores para kVp e mAs utilizados. A recomendação da Comissão Européia é do uso de grade apenas para crianças maiores, pois este uso implica em um aumento significativo da dose na criança, que poderá ser percebido nos valores de dosimetria expostos no decorrer deste capítulo.

Obedecendo a proporcionalidade do aumento da espessura e idade do paciente observamos que doses maiores acompanham o crescimento dos pacientes (HUDA *et. al.*, 1998). Este comportamento é comum mesmo em outros estudos (OLIVEIRA *et. al.*, 2001 e

LUNELLI 2005), por ser a massa e espessura do paciente determinante para a medida de dose, e muitas vezes a limitação técnica dos equipamentos acaba por restringir os exames a margem inferior de técnica permitida pelo equipamento.

A taxa de repetição dos exames executados foi de aproximadamente 10%. As causas desta repetição do presente trabalho na sala pediátrica foram as mais diversas, desde mau posicionamento do paciente, exame feito no momento inadequado da respiração (os exames de tórax tem que ser executados no momento da inspiração), técnica imprecisa e até falha na escolha do tamanho do foco. Existe a possibilidade de diminuição das repetições dos exames investindo-se na qualificação e treinamento de pessoal.

A ICRP 34 (1982) cita que vários estudos publicados têm uma taxa de repetição de exames de raios X entre 3 e 12%, e que as maiores causas de repetição são os erros de posicionamento e exames com filmes muito claros ou escuros, por diversos motivos.

Os estudos também apontam que é possível reduzir a taxa de repetição para algo em torno de 5%. Para valores abaixo deste patamar, existe um comprometimento na qualidade do serviço (ICRP 34, 1982).

O tamanho do campo de radiação também foi bastante variável, não somente em função do tamanho dos pacientes, mas também por falta de um cuidado maior na colimação. Colimação inadequada causa um acréscimo significativo na dose absorvida pelo paciente (KYRIOU, *et al.* 1996). Em muitos exames, com crianças irrequietas ou em choro desesperador, existe uma pressa maior para executar o exame e muitas vezes a colimação não é adequadamente realizada. Muitas vezes o tamanho do campo irradiado chega a ser maior do que o próprio filme, contribuindo assim com o aumento de dose nos pacientes, pela exposição de tecidos periféricos desnecessariamente.

Com relação aos procedimentos de trabalho e condições de radioproteção na sala pediátrica, devem-se ressaltar os seguintes pontos:

(a) o avental de chumbo, apesar de disponível, nem sempre era oferecido aos acompanhantes;

(b) ausência de dispositivos de posicionamento para os pacientes menores, que eram contidos pelos acompanhantes (estes normalmente se posicionavam atrás do paciente, na direção do feixe primário);

(c) ausência de luvas protetoras aos acompanhantes, que muitas vezes tem que posicionar suas mãos dentro do campo de radiação seja para segurar o paciente ou o chassi com o filme;

(d) colimação inadequada do feixe, proporcionando a exposição, em algumas vezes, dos tecidos que delimitam a região interessada;

(e) ausência de protetores para as regiões das gônadas do paciente e outras partes mais sensíveis à radiação cuja imagem não tem interesse no exame.

5.2 CONCLUSÕES

Foi realizado um levantamento das condições de radioproteção e das doses recebidas pelos pacientes pediátricos em exames radiográficos convencionais realizados em uma instituição da cidade de Curitiba, PR. Ao todo foram acompanhados os exames de 386 pacientes.

Com relação aos requisitos de radioproteção foi verificado que não era comum, no hospital estudado, a utilização de protetores pumblíferos nos pacientes durante a realização dos procedimentos. A imobilização das crianças mais jovens durante a realização dos exames era efetuada, freqüentemente, pelo acompanhante, para o qual nem sempre era oferecido o protetor pumblífero. Aparatos de proteção para os pacientes, como proteção das gônadas e escudo tireoidiano, estão ausentes na sala pediátrica. O uso de equipamentos de proteção, como o avental de chumbo, por exemplo, devem ser de uso habitual. Isto demonstra a necessidade de treinar, reciclar, orientar e avaliar o desempenho dos operadores de raios X e técnicos em radiologia. Com relação ao uso de filtros adicionais de cobre, sugerido pelos guias de boas práticas, não foi constatado seu uso em nenhum procedimento acompanhado.

A partir da caracterização dos exames, pôde-se constatar que os procedimentos radiográficos mais freqüentemente realizados em crianças nas instituições estudadas foram os exames de Tórax (incidência AP/PA e Perfil). De uma maneira geral, concluiu-se que os parâmetros de irradiação empregados nos exames de tórax AP/PA e Perfil, apesar de parte da amostra estar dentro dos parâmetros de dose recomendados, não estão de acordo com os dois principais guias de boas práticas (CE, 1996b, COOK *et. al.*, 2006). O emprego de tensões baixas e tempos de exposição/cargas altas são comuns. Os altos valores de carga empregados, normalmente estão associados aos baixos rendimentos dos aparelhos, uso desnecessário de grades antiespalhamento e restrições dos temporizadores dos equipamentos de raios X. As técnicas radiográficas empregadas poderiam ser otimizadas segundo os critérios adotados pela Comunidade Européia, verificando-se o uso de altos valores de carga, baixas tensões e a não utilização de filtração adicional.

Contribuem, também, para a não otimização dos procedimentos radiográficos, a falta de uma cultura de proteção radiológica por parte da instituição, que não apresenta uma política de treinamento continuado dos profissionais e planos de manutenção preventiva dos aparelhos de raios X.

Os valores médios de Kerma no ar na superfície de entrada ($K_{a,e}$) estimados para a faixa etária de até 10 anos de Tórax AP/PA e Perfil ficaram abaixo das doses de referência (NRD) e acima dos propostos pelo Guia Britânico de boas práticas (COOK *et. al.*, 2006) para a faixa acima dos 10 anos.

De uma maneira geral, pode-se constatar que, apesar do hospital estudado não utilizar técnicas radiográficas otimizadas de acordo com os Guias de Boas Práticas Europeu e Britânico, os valores de $K_{a,e}$ estimados foram mais baixos do que os encontrados em instituições brasileiras e de países desenvolvidos, como Inglaterra, Espanha e Itália. Esse fato deixa dúvidas com relação à qualidade das imagens aceitas para diagnóstico nas instituições estudadas. É imprescindível que as doses recebidas pelos pacientes sejam as mais baixas possíveis, no entanto, sem prejuízo na imagem radiográfica, que se não possuir qualidade adequada, pode induzir diagnósticos errôneos, eliminando, assim, o benefício da realização do exame e, conseqüentemente, tornando a prática injustificável.

Os resultados deste estudo enfatizam a necessidade de fixar e seguir diretrizes para a melhoria de treinamento de pessoal e na padronização das técnicas empregadas. Existe um grande alcance para a redução de dose, a custos baixos. Doses diferentes para o mesmo tipo de exame, foram constatadas e é importante que exista um programa de garantia de qualidade para sanar estas pequenas, mas importantes distorções.

Concluí-se que o aprimoramento técnico das equipes em radiologia pediátrica é uma das melhores maneiras de se obter bons resultados na diminuição da dose. Deve-se gerar uma preocupação na equipe envolvida, levando o conhecimento da dosimetria e das possíveis conseqüências da radiação no organismo, que é somada a grande expectativa de vida das crianças. A conscientização do profissional é a melhor forma de obter o progresso na área.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Um estudo que envolva a avaliação conjunta da dose e qualidade da imagem poderia dar informações adicionais a respeito da otimização da proteção ao paciente pediátrico nas instalações radiológicas de Curitiba. No presente estudo a qualidade da imagem radiográfica não foi avaliada devido às dificuldades práticas de se conseguir tal intento sem prejudicar a

rotina dos hospitais. A avaliação da qualidade da imagem através da utilização dos critérios sugeridos pelos Guias Britânico (COOK, 2006) e Europeu de Boas Práticas (CE, 1996) requer a disponibilidade de médicos radiologistas durante a coleta dos dados, ou a digitalização da radiografia, em tempo hábil, na própria sala de exames, para posterior avaliação do médico.

Dessa forma, sugere-se para a realização de um trabalho futuro, a utilização de objetos testes ou simuladores, para a quantificação da qualidade da imagem. A utilização de objetos testes, disponíveis comercialmente, como o TOR [CDR], fabricado pela Leeds Test Objects Limited, ou o CDRAD 2.0, produzido pela Carpintec, acoplados a placas de acrílico para simular as dimensões do paciente, tem mostrado resultados interessantes (LLORCA *et. al.* 1993, GELEIJNS *et. al.* 1993). Além disso, a confecção de fantasmas pediátricos como o desenvolvido por PINA (2002) e VASSILEVA (2002), para pacientes adultos, viabilizaria um levantamento em larga escala da qualidade da imagem, não somente em instalações da cidade como de todo o estado.

Análise de dosimetria e radiação de espalhamento em unidades de terapia intensiva (UTI) neonatal, onde as crianças são submetidas muitas vezes a uma radiografia por dia durante o internamento, este que muitas vezes se prolongam por mais de um mês.

Levantamento de radiação ocupacional em equipes de enfermagem que trabalham em UTI neonatal, muitas vezes sem o conhecimento apropriado.

Cartilhas explicativas sobre a importância do adequado uso da radiação em crianças, trazendo a física e a dosimetria ao alcance dos técnicos em radiologia e médicos. Muitas vezes estes desconhecem ou tem dificuldade no entendimento da importância dos parâmetros técnicos utilizados nos exames ou no número de exposições ao qual o paciente pediátrico é submetido.

Estudos da sensibilidade dos sensores de captação de imagem digitais em comparação ao sistema tela-filme.

Confecção de cartas técnicas para a utilização na radiologia pediátrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Portaria 453/98**. Brasília, 1998.
Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=1021>>
Acessado em: 15/03/2010.
- ALMÉN A.; LÖÖF M.; MATTSSON, S. **Examination technique, image quality, and patient dose in paediatric radiology**. A survey including 19 Swedish hospitals. Acta Radiologica, v.37, p.337-342, 1996.
- AROUA, A.; DECKA, I.; BURNAND, B. et. al. **Dosimetric aspects of a national survey of diagnostic and interventional radiology in Switzerland**. Medical Physics, vol. 29, p.2247-2258, 2002.
- AZEVEDO, A C P; MOHAMADAIN, K E M; ROSA, L, A R; GUEBEL, M R N; BOECHAT, M C B. **Dose Measurements Using Thermoluminescent Dosimeters And Dosecal Software At Two Paediatric Hospitals In Rio De Janeiro**. Applied Radiation and Isotopes 59. April, 2003. p. 53-57.
- BONTRAGER, K. L. **Tratado de Técnica Radiológica e Base Anatômica**. Ed. Guanabara Koogan S.A., 7ª ed. Rio de Janeiro, 2009.
- BORISOVA, R., INGILIZOVA, Ch., VASSILEVA, J. **Patient Dosimetry in pediatric diagnostic radiology**. Radiation Protection Dosimetry. Fevereiro, 2008. p. 1-5
- BURKE, K.; SUTTON, D. **Optimization and deconvolution of lithium fluoride TLD-100 in diagnostic radiology**. British Journal of Radiology, v. 70, p. 261-271, 1997.
- BUSHONG, Stewart C. **Radiologic science for technologists: physics, biology, and protection**. 7ª Edição, 2001.
- CANEVARO, L.V. Otimização da proteção radiológica em fluoroscopia / Níveis de Referência em Radiodiagnóstico. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), tese de doutorado, 2000.

- CE. Commission of European Communities. **Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics**. Draft Working Document, Brussels: CEC XII/307/91, 1992.
- CE. Commission of European Communities. **European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images**. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg: EUR16260, 1996.
- CE. Comissão Europeia. **Orientações relativas aos níveis de referência de diagnóstico (NRD) para exposições médicas**. Protecção contra as radiações 109, MED 97/43/EURATOM, 1999.
- CHAPPLE, C.L.; FAULKNER, K.; LEE, R.E.J.; HUNTER, E.W. **Results of a survey of doses to pediatric patients undergoing common radiological examinations**. British Journal of Radiology, v. 65, p.225–231, 1992.
- CHAPPLE, C.L. **Optimization of Protection in Pediatric Radiology**. 12º International Congress of the International Radiation Protection Association. Refresher Course 14. Buenos Aires, Argentina. Outubro, 2008.
- COMPAGNONE, G. PAGAN, L. BERGAMINI, C. **Effective dose calculations in conventional diagnostic x-ray examinations for adult and paediatric patients in a large italian hospital**. Radiation Protection Dosimetry, v. 114, n. 1-3, p. 164-167, 2005.
- COOK, J.V.; SHAH, K.; PABLOT S.; et al. **Melhor prática em radiologia pediátrica: um manual para todos os serviços de radiologia**. Tradução de Ana Cecília Pedroza de Azevedo; Antônio Carlos Pires Carvalho; Arnaldo Levy Lassance Cunha; Marise Ribeiro Nogueira Guebel. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2006. Título Original: Guidelines on best practice in the x-ray imaging of children; a manual for all x-ray departments.
- DAVIES, M.; MC-CAILUM, H.; WHITE, G.; BROWN, J.; HLEM, M. **Patient dose audit in diagnostic radiography using custom designed software**. Radiography, vol. 3, p.17-25, 1997.
- DEL REAL, R., PIFARRÉ X., ROSELLÓ J. **Efectos de orientación de los dosímetros de termoluminiscencia (TLD-100) para rayos-X de diagnóstico**. Radioprotección 1998; extraordinário:426–8.

EUROPEAN COMMISSION. **European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics.** Office for Official Publications of the European Communities, 1996.

FAULKNER, K.; BROADHEAD, D.A.; HARRISON, R.M. **Patient dosimetry measurement methods.** Applied Radiation and Isotopes, vol. 50, p.113–123, 1999.

FAUKNER, K., BOSMANS, H. **Results of a European survey on patient doses in pediatric radiology.** Radiation Protection Dosimetry. Fevereiro, 2008. p. 1-7

FREITAS, M. B., YOSHIMURA, E. M. **Dose measurements in chest diagnostic x rays: adult and paediatric patients.** Radiation Protection Dosimetry, v. 111, n. 1, p. 73-76, 2004.

FREITAS, M.B. **Panorama das exposições médicas em radiologia convencional no estado de São Paulo.** São Paulo: Universidade de São Paulo (USP), tese de doutorado, 2005.

GELEINJNS, J.; SCHULTZE KOOL, L.J.; ZOETELIEF, J.; ZWEERS, D.; BROERSE, J. J. **Image quality and dosimetric aspects of chest x ray examinations: measurements with various types of phantoms.** Radiation Protection Dosimetry, v.49, p.83-88, 1993.

GHILARDI NETO, T. **Garantia e controle da qualidade em radiodiagnóstico.** Apostila, 1998; Disponível em: <<http://rxnet.com.br>>.

HARRISON, R. M. **Backscatter factors for diagnostic radiology (1–4 mm Al HVL).** Phys. Med. Biol. 27, 1465–1474. 1982.

HARRISON, R.M., CLAYTON, C.B., et. al. **A survey of radiation doses to patients in five common diagnostic examinations.** British Journal of Radiology, v. 56, p.383-395, 1983.

HART, D.; JONES, D.G.; WALL, B.F. **Normalised Organ Doses for Medical X-Ray Examinations Calculated using Monte Carlo Techniques.** National Radiological Protection Board, Oxon: NRPB-SR262, 1994a.

HART, D.; JONES, D.G.; WALL, B.F. **Estimation of Effective Dose in Diagnostic Radiology from Entrance Surface Dose and Dose-Area Product Measurements.** National Radiological Protection Board, Oxon: NRPB-R262, 1994b.

- HART, D.; JONES, D.G.; WALL, B.F. **Normalised organ dose for paediatric x-ray examinations calculated using Monte-Carlo techniques.** National Radiological Protection Board, Oxon: NRPB-SR279, 1996a.
- HART, D.; JONES, D.G.; WALL, B.F. **Coefficients for estimating effective doses for paediatric x-ray examinations.** National Radiological Protection Board, Oxon: NRPBR279, 1996b.
- HART, D.; WALL, B.F.; SHRIMPTON, P.C.; DANCE, D.R. **The establishment of reference doses in paediatric radiology as a function of patient size.** Radiation Protection Dosimetry, v.90, p.235-238, 2000.
- HINTENLANG, K.M.; WILLIAMS, J.L.; HINTENLANG, D.E. **A survey of radiation dose associated with pediatric plain-film chest x-ray examinations.** Pediatric Radiology, v.32, p.771-777, 2002.
- HUDA, W.; GKANATSIOS, N. A. **Radiation dosimetry for extremity radiographs.** *Health Physics* 75. 1998, p.p. 492-499.
- HUFTON, A.D.; DOYLE, S.M.; CARTY, H.M.L. **Digital radiography in paediatrics: radiation dose considerations and magnitude of possible dose reduction.** British Journal of Radiology, v.71, p.186-199, 1998.
- IAEA. International Atomic Energy Agency. **International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources.** IAEA, Vienna: BSS Safety Series 115, 1996.
- ICRP 34 – International Commission on Radiological Protection. **Protection of the Patients in Diagnostic Radiology. Report of the Committee 3.** Pergamon Press, Oxford, New York, 1982.
- ICRP. International Commission on Radiological Protection. **Basis for dosimetric quantities used in radiological protection.** Pergamon Press, Oxford, UK: Draft of 12 February 2006.
- ICRU. International Commission on Radiation Units and Measurements. **Phantoms and computational models in therapy, diagnosis and protection.** Bethesda, Maryland: ICRU Report 48, 1992.

ICRU. International Commission on Radiation Units and Measurements. **Patient Dosimetry For X Rays Used In Medical Imaging**. Bethesda, Maryland: Journal of the ICRU, v. 5, n.2, Report 74, 2005.

IPSM, NRPB, CoR. Institute of Physical Sciences in Medicine, National Radiological Protection Board and College of Radiographers. **National protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology**. Chilton, UK: Dosimetry Working Party of the IPSM, 1992.

JOHNS, H. E.; CUNNINGHAM, J. R. **The Physics of Radiology**. 4ª Edição. Ed. Charles C. Thomas Publisher. Springfield, Illinois. 1983.

KYRIOU, J.C.; FITZGERALD, M.; PETTETT A.; COOK, J.V.; PABLOT, S.M. **A comparison of dose and techniques between specialist and non-specialist centres in the diagnostic X-ray imaging of children**. British Journal of Radiology, v.69, p.437-450, 1996.

KYRIOU, J.C.; NEWAY, V.; FITZGERALD, M.C. **Patient doses in diagnostic radiology at the touch of a button**. London, UK: St. George's Hospital, 2000.

KHOURY, H. J., BARROS, V. S. DE, SCHELIN, H. R., PORTO, L. E., KODLULOVICH, S., AZEVEDO, A. C., MEDEIROS, R. B. **Survey Of Image Quality And Radiographic Technique Of Pediatric Chest Examinations Performed In Brazil**. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, 2009, Munique. WC 2009, IFMBE Proceedings. Munique : Springer, 2009. v. 25. p. 671-674.

LACERDA, M.A.S. **Análise crítica da medida da camada semi-redutora em radiologia diagnóstica**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), dissertação de Mestrado, 2002.

LACERDA, M. A. S.; KHOURY, H. J.; SILVA, T. A.; AZEVEDO, A. C. P.; GUEDES, E. C. **Avaliação das Condições de Radioproteção e Dose Paciente em Exames de Tórax Realizados em um Hospital Público Infantil de Belo Horizonte**. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Proteção Radiológica. Rio de Janeiro, 2005.

- LACERDA, M.A.S. **Dosimetria e Aspectos de proteção Radiológica em exames radiográficos convencionais pediátricos realizados em Belo Horizonte.** Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), tese de doutorado, 2007.
- LE HERON, J.C. **XDOSE: a user's guide. Software and manual.** National Radiation Laboratory. Christchurch, New Zealand, 1994.
- LE HERON, J.C. **CHILDOSE: a user's guide. Software and manual.** National Radiation Laboratory. Christchurch, New Zealand, 1996.
- LIMA, A.A.; CARVALHO, A.C.P.; AZEVEDO, A.C.P. **Avaliação dos padrões de dose em radiologia pediátrica.** Radiologia Brasileira, v.37, p.279-282, 2004.
- LLORCA, A.L., GUIBELALDE, E., VAÑÓ, E., RUIZ, M.J. **Analysis of image quality parameters using a combination of an ANSI Type Phantom and the LEEDS TOR 172 (CDR) test object in simulations of simple examinations.** Radiation Protection Dosimetry, v. 49, p. 47-49, 1993.
- LUNELLI, N. A. **Avaliação de dose de entrada na pele em exames radiográficos de tórax em crianças no hospital de clínicas de Curitiba:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), dissertação de mestrado, 2006.
- LUNELLI, N. A.; SCHELIN, H. R. ; PASCHUK, S. A.; DENYAK, V.; TILLY, J. G. ; ROGACHISKI, E.; KHOURY, H. J.; AZEVEDO, A. C. P. de. **Evaluation of entrance surface dose to chest x-rays in pediatric radiography performed in a university hospital in curitiba, brazil.** In: XXVIII Reunião de Trabalho sobre Física Nuclear no Brasil, 2007, Guarujá. Anais da XXVIII Reunião de Trabalho sobre Física Nuclear no Brasil. São Paulo : Editora Livraria da Física, 2007. v. 1. p. 335-341.
- MARSHALL, N.W, FAULKNER, K.; BUSCH, H.P.; MARSH, D.M.; PFENNING, H. **An investigation into the radiation dose associated with different imaging systems for chest radiology.** British Journal of Radiology, v.67, p.353-359, 1994.
- MOHAMADAIN, K.E.M.; AZEVEDO, A.C.P.; DA ROSA, L.A.R.; GUEBEL, M.R.N.; BOECHAT, M.C.B. **Dose measurements using thermoluminescent dosimeters and DoseCal software at two hospitals in Rio de Janeiro.** Applied Radiation and Isotopes, v.59, p.53-57, 2003.

- MOHAMADAIN, K.E.M.; DA ROSA, L.A.R.; AZEVEDO, A.C.P.; GUEBEL, M.R.N.; BOECHAT, M.C.B.; HABANI, F. **Dose evaluation for paediatric chest x-ray examinations in Brazil and Sudan: low doses and reliable examinations can be achieved in developing countries.** *Physics in Medicine and Biology*, v.49, p.1017-1031, 2004.
- MOONEY, R.; THOMAS, P.S. **Dose reduction in a paediatric X-ray department following optimization of radiographic technique.** *British Journal of Radiology*, v.71, p.852-860, 1998.
- NCRP, National Council on Radiation Protection and Measurement. **Implementation of the Principle of as low as reasonably achievable (ALARA) for medical and dental personnel.** Bethesda, MD. Dezembro, 1990.
- OLIVEIRA, M. L. ; KHOURY, H. ; DREXLER, G. ; BARROS, E. . **Avaliação de dose de entrada na pele ao paciente pediátrico em exames de tórax.** In: V Regional Congress on Radiological Protection and Safety, 2001, Recife. Proceedings of V Regional Congress on Radiological Protection and Safety, 2001.
- OLIVEIRA, Mércia Liane and KHOURY, Helen. **Influência do procedimento radiográfico na dose de entrada na pele de pacientes em raios-X pediátricos.** *Radiologia Brasileira*, Mar./Abr. 2003, vol.36, no.2, p.105-109. ISSN 0100-3984.
- OLIVEIRA, A. L. da R. de. **Avaliação de dose de entrada da pele em pacientes pediátricos.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, dissertação de mestrado, 2008.
- OMS; OPS. Organización Mundial de la Salud; Organización Panamericana de la Salud. **Garantía de la calidad en radiodiagnóstico.** Publicación Científica n.469. Washington, DC: OMS y OPS, 1984.
- PINA, D.R. **Metodologia para otimização de imagens radiográficas.** Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo (USP), tese de doutorado, 2002.
- PETOUSSI-HENS, N.; ZANKL, M.; DREXLER, G.; PANZER, W.; REGULLA, D. **Calculation of backscatter factors for diagnostic radiology using Monte Carlo methods.** *Physics in Medicine and Biology*, v.43, p.2237-2250, 1998.

- RAMLI, K.; ABDULLAH, B.J.J.; NG, K.H.; MAHMUD, R.; AF HUSSAIN, A.F. **Computed and conventional chest radiography: A comparison of image quality and radiation dose.** Australasian Radiology, v.49, p.460-466, 2005.
- RUIZ, M.J.; GONZALEZ, L.; VAÑO, E.; MARTINEZ, A. **Measurement of radiation doses in the most frequent simple examinations in pediatric radiology and its dependence on patient age.** British Journal of Radiology, v.64, p.929-933, 1991.
- SEFM; SEPR. Sociedad Española de Física Médica; Sociedade Española de Protección Radiológica. **Protocolo Español de Control de Calidad em Radiodiagnóstico.** Madrid: Edicomplet, 2002.
- SCHNEIDER, K.; FENDEL, H.; BAKAWSKI, C.; STEIN, E.; KOHN, M.; KELLNER, M.; et al. **Results of a dosimetry study in the European Community on frequent X-ray examinations in infants.** Radiation Protection Dosimetry, v.43, p.31-36, 1992.
- SMANS, K., VAÑO, E., SANCHEZ, R., SCHULTZ, F. W., ZOETELIEF, J., KILJUNEN, T., MACCIA, C., JÄRVINEN, H., BLY, R., KOSUNEN, A. **Results of a European survey on patient doses in pediatric radiology.** Radiation Protection Dosimetry, Fevereiro, 2008. p. 1-7.
- YAKOUMAKIS, E. N., *et al.* **Radiation doses in common x-ray examinations carried out in two dedicated paediatric hospitals.** Radiation Protection Dosimetry, v. 124, n.4, 2007.
- TILLY JR, J.G. **Avaliação de doses de radiação em pacientes submetidos à exames radiológicos convencionais.** Ribeira Preto: Universidade de São Paulo (USP), dissertação de mestrado, 1997.
- VASSILEVA, J. **A phantom for dose-image quality optimization in chest radiography.** British Journal of Radiology, v.75, p.837-842, 2002.
- WALL, B.F.; SHRIMPTON, P.C. **The historical development of reference doses in diagnostic radiology.** Radiation Protection Dosimetry, v.80, p.15-20, 1998.

ANEXO 1

DOSIMETRIA EM RADIOLOGIA DIAGNÓSTICA CONVENCIONAL

A grandeza dosimétrica fundamental em proteção radiológica é a dose absorvida D (ICRP, 1991). Em baixos níveis, a dose absorvida média em um órgão ou tecido humano é um indicador da probabilidade de efeitos estocásticos subsequentes. Em níveis mais altos, a dose absorvida nas regiões mais expostas dentro do corpo pode ser um indicador da severidade dos efeitos determinísticos (ICRU, 2005).

Em vista da dificuldade óbvia de se medir a distribuição da dose absorvida dentro do corpo na radiologia diagnóstica ou intervencionista, grandezas dosimétricas mais práticas, que possam ser diretamente medidas ou facilmente estimadas têm sido desenvolvidas. Essas grandezas práticas são usadas para duas finalidades distintas: determinar o risco e verificar as boas práticas de operação com objetivo de otimizar a proteção do paciente e a qualidade da imagem (ICRU, 2005).

GRANDEZAS DOSIMÉTRICAS BÁSICAS

As grandezas dosimétricas básicas, relevantes na radiologia são: Fluência Energética, Kerma e Dose Absorvida (ICRU, 2005).

Fluência Energética (Ψ)

A energia carregada pelos fótons em um feixe de raios X pode ser especificada em termos de fluência energética Ψ , definida como o “quociente de dR por da , onde dR é a energia radiante incidente em uma esfera com área da seção transversal da ” (ICRU, 2005):

$$\Psi = \frac{dR}{da}$$

A unidade da fluência energética é o $J.m^{-2}$.

Kerma (K)

A grandeza kerma (K) é definida pela ICRU como sendo “a razão entre dE_{tr} e dm , onde dE_{tr} é a soma das energias cinéticas iniciais de todas as partículas carregadas liberadas por interações de partículas sem carga em um volume de massa dm ” (ICRU, 1998) ou seja:

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

A unidade de Kerma é o $J.kg^{-1}$ com o nome especial de gray (Gy).

O Kerma é definido em um ponto e envolve a transferência de energia pelas partículas não carregadas para a matéria. Para feixes de raios X diagnóstico e intervencionista, o Kerma é usualmente expresso no ar, K_a .

Dose Absorvida (D)

A dose absorvida (D) pode ser usada para quantificar a deposição de energia pela radiação ionizante. Ela é definida como “o quociente de $d\bar{E}$ por dm , onde $d\bar{E}$ é a energia média depositada pela radiação ionizante na matéria de massa dm ” (ICRU, 2005). Ou seja:

$$D = \frac{d\bar{E}}{dm}$$

A unidade de dose absorvida é $J.kg^{-1}$ com o nome especial de gray (Gy).

GRANDEZAS DOSIMÉTRICAS PRÁTICAS

Três grandezas dosimétricas práticas têm sido utilizadas em radiologia diagnóstica convencional (ICRU, 2005). São elas: (a) Kerma no ar Incidente ($K_{a,i}$); (b) Kerma no ar na superfície de entrada ($K_{a,e}$) e; (c) Produto Kerma no ar-área ($P_{K,A}$). As duas primeiras grandezas são obtidas pela medida do Kerma no ar no ponto onde o eixo central do feixe de raios X intercepta o plano correspondente à superfície de entrada do paciente ou objeto simulador (Figura 1).

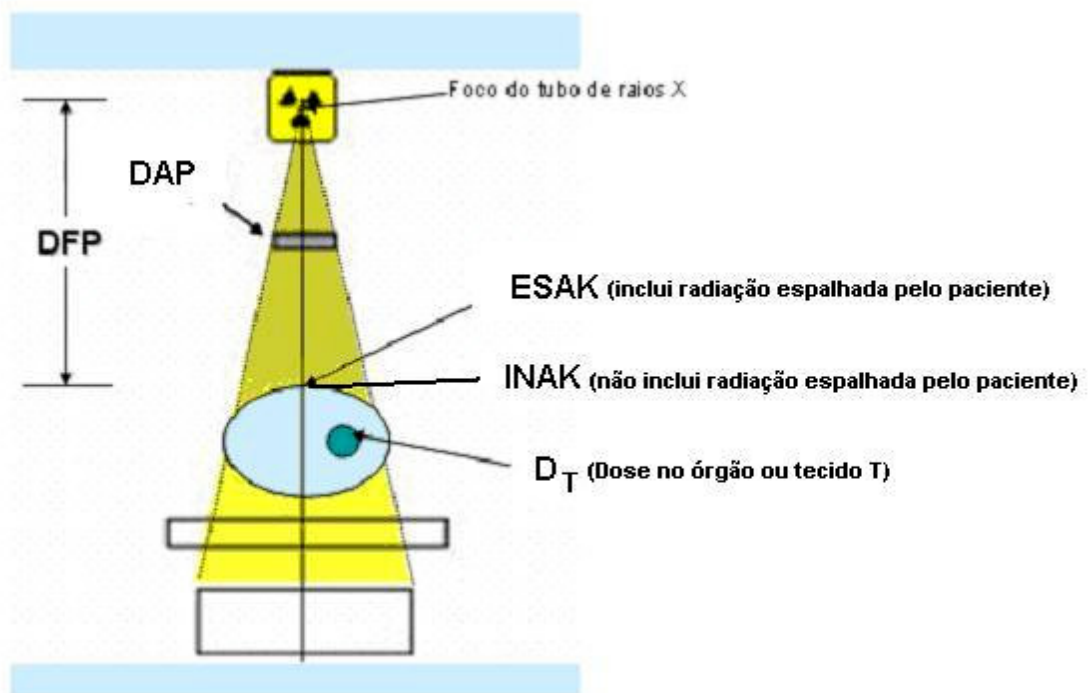


Figura A.1. Arranjo mostrando as três principais grandezas usadas para dosimetria do paciente em radiologia convencional e a Dose no órgão ou tecido (DT).

Kerma no ar Incidente ($K_{a,i}$)

O Kerma no ar Incidente ($K_{a,i}$) é o Kerma no ar medido no eixo central do feixe de raios X em uma distância (DFP) igual à distância do foco ao plano de entrada da pele, não incluindo a radiação espalhada. Sua unidade no SI é o Gy (ICRU, 2005).

O $K_{a,i}$ pode ser determinado medindo-se o Kerma no ar, livre no ar, em qualquer outra distância “d” do foco do tubo de raios X. Para isso, basta corrigir o valor medido pela lei do inverso do quadrado da distância:

$$K_{a,i} = K_a(d) \cdot \frac{d^2}{(DFP)^2}$$

Kerma no ar na superfície de entrada ($K_{a,e}$)

O Kerma no ar na superfície de entrada ($K_{a,e}$) é o Kerma no ar medido no eixo central do feixe de raios X na superfície de entrada do paciente ou fantoma, incluindo a radiação espalhada. Ele pode ser relacionado ao Kerma no ar Incidente através do fator de retroespalhamento (BSF) (ICRU, 2005):

$$K_{a,e} = K_{a,i} \cdot BSF$$

O fator de retroespalhamento depende do espectro de raios X, do tamanho do campo e da espessura do paciente ou objeto simulador. Ele pode ser determinado experimentalmente, ou utilizando a técnica de Monte Carlo. Para espectros de raios X e tamanhos de campo típicos em exames diagnósticos convencionais de adultos este fator varia de 1,18 a 1,60 (PETOUSSI-HENSS et al., 1998). Em crianças, esse fator varia com a faixa etária, podendo assumir valor mínimo próximo a 1,10 (CHAPPLE et al., 1994, HART et al., 1996b).

Produto Kerma no ar-área ($P_{K,A}$)

O Produto Kerma no ar-área ($P_{K,A}$) é a integral do Kerma no ar medido livre no ar sobre toda a área do campo de radiação perpendicular ao eixo do feixe de raios X (ICRU, 2005):

$$P_{K,A} = \int_A K_a(A) \cdot dA$$

Na situação em que o Kerma no ar é constante sobre toda a área do campo de radiação, que é aproximadamente verdadeiro para áreas de feixe pequenas, então:

$$P_{K,A} = \int_A K_a(A) \cdot dA = K_a \cdot A$$

Uma propriedade muito útil dessa grandeza é que se o plano de medida ou cálculo não for muito próximo do paciente ou objeto simulador, ela praticamente não irá variar com a distância do foco do tubo de raios X. Dessa forma, não é necessário especificar a posição do plano. O $P_{K,A}$ é uma grandeza que apresenta uma correlação maior com o risco, uma vez que no seu valor está embutido o valor da área, o que dá uma indicação da quantidade de energia depositada no paciente. Assim, para um dado valor de $P_{K,A}$ não importa se o resultado é decorrente de uma dose elevada e um pequeno tamanho de campo ou de uma dose baixa e um tamanho de campo grande (CANEVARO, 2000).

ANEXO 2
PLANILHA DE COLETA DE DADOS

ANEXO 3

FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Avaliação de Dose de Entrada na Pele em pacientes através de medidas dosimétricas

Investigador: João Tilly Jr. ; Lorena Elaine Porto; Ana Luiza da Rosa de Oliveira

Local da Pesquisa: Hospital de Clínicas

Endereço e telefone: Rua. General Carneiro, (41) 3360-1896

PROPÓSITO DA INFORMAÇÃO AO PACIENTE E DOCUMENTO DE CONSENTIMENTO

Você está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa, coordenada por um profissional de saúde agora denominado pesquisador. Para poder participar, é necessário que você leia este documento com atenção. Ele pode conter palavras que você não entende. Por favor peça aos responsáveis pelo estudo para explicar qualquer palavra ou procedimento que você não entenda claramente.

O propósito deste documento é dar a você as informações sobre a pesquisa e, se assinado, dará a sua permissão para participar no estudo. O documento descreve o objetivo, procedimentos, benefícios e eventuais riscos ou desconfortos caso queira participar. Você só deve participar do estudo se você quiser. Você pode se recusar a participar ou se retirar deste estudo a qualquer momento.

INTRODUÇÃO

O uso da radiação X para exames médicos sempre foi notado na população e gera curiosidades sobre como esta é utilizada, esta pesquisa visa demonstrar as doses utilizadas em raios X, e como pode-se melhorar estes níveis sem prejudicar o diagnóstico.

PROPÓSITO DO ESTUDO

Verificar a dose de entrada na pele do paciente – DEP – (quantidade de raios X que o paciente recebe ao fazer um exame radiológico).

SELEÇÃO

Pacientes pediátricos de ambos os sexos na idade de 0 a 16 anos.

PROCEDIMENTOS

Para avaliar a quantidade de radiação X que incide na criança ao realizar um exame de raios X convencional, será utilizado um dosímetro que fará esta medida (semelhante a um pequeno pedaço de esparadrapo), este dosímetro será colocado na pele da criança apenas durante o exame sem causar nenhuma

alteração no procedimento normal. Dados como sexo, peso, altura, idade serão perguntados e anotados pelo pesquisador em atividade.

Os dados obtidos serão analisados com o auxílio de computadores para verificadas se as técnicas empregadas para os raios X estão dentro do esperado, tendo o objetivo de fazer melhorias no exame sem prejudicar a qualidade da imagem bem como o diagnóstico.

Este procedimento não irá alterar a rotina do exame ao qual você será submetido, apenas servirá como base para que melhorias no diagnóstico e nos procedimentos sejam estudadas e se possível efetuadas.

PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA:

Sua decisão em participar deste estudo é voluntária. Você pode decidir não participar no estudo. Uma vez que você decidiu participar do estudo, você pode retirar seu consentimento e participação a qualquer momento. Se você decidir não continuar no estudo e retirar sua participação, você não será punido ou perderá qualquer benefício ao qual você tem direito.

PERMISSÃO PARA REVISÃO DE REGISTROS, CONFIDENCIALIDADE E ACESSO AOS REGISTROS:

O Investigador responsável pelo estudo e equipe irão coletar informações sobre você. Em todos esses registros um código substituirá seu nome. Todos os dados coletados serão mantidos de forma confidencial. Os dados coletados serão usados para a avaliação do estudo, membros das Autoridades de Saúde ou do Comitê de Ética, podem revisar os dados fornecidos. Os dados também podem ser usados em publicações científicas sobre o assunto pesquisado. Porém, sua identidade não será revelada em qualquer circunstância.

Você tem direito de acesso aos seus dados. Você pode discutir esta questão mais adiante com seu médico do estudo.

CONTATO PARA PERGUNTAS

Se você ou seus parentes tiver (em) alguma dúvida com relação ao estudo, direitos do paciente, ou no caso de danos relacionados ao estudo, você deve contatar o Investigador do estudo ou sua equipe (Lorena Porto 9675-0068). Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como um paciente de pesquisa, você pode contatar Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone: 360-1896. O CEP trata-se de um grupo de indivíduos com conhecimento científicos e não científicos que realizam a revisão ética inicial e continuada do estudo de pesquisa para o mantê-lo seguro e proteger seus direitos.

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO DO PACIENTE:

Eu li e discuti com o investigador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que eu posso interromper minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito

Eu entendi a informação apresentada neste termo de consentimento. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma cópia assinada e datada deste Documento de Consentimento Informado.

_____	_____	_____
NOME DO PACIENTE	ASSINATURA	DATA
_____	_____	_____
NOME DO RESPONSÁVEL (Se menor ou incapacitado)	ASSINATURA	DATA
_____	_____	_____
NOME DO INVESTIGADOR (Pessoa que tomou o TCLE)	ASSINATURA	DATA

ANEXO 4
CARTA DE AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA EM SERES HUMANOS



Curitiba, 15 de agosto de 2007.

Ilmo (a) Sr. (a)
João Gilberto Tilly Júnior
Ana Luiza da Rosa de Oliveira
Lorena Elaine Porto
Nesta

Prezado Pesquisador:

Comunicamos que o Projeto de Pesquisa intitulado "AVALIAÇÃO DE DOSE DE ENTRADA NA PELE EM PACIENTES ATRAVÉS DE MEDIDAS DOSIMÉTRICAS.", foi analisado e aprovado com pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, em reunião realizada no dia 31 de julho de 2007. O referido projeto atende aos aspectos das Resoluções CNS 196/96, e demais, sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Ministério da Saúde.

CAAE: 1506.171/2007-07
REGISTRO CEP/HC: 0188.0.208.000-07

Conforme a Resolução 196/96, solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos.

Data para entrega do primeiro relatório: 15 de abril de 2008.

Atenciosamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Renato Tambara Filho".

Renato Tambara Filho
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
em Seres Humanos do Hospital de Clínicas/UFPR