

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**MAURICIO DE OLIVEIRA FERREIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS  
DE TÓRAX DE BAIXA E ALTA QUILOVOLTAGEM**

Botucatu - SP  
Dezembro - 2011

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**MAURICIO DE OLIVEIRA FERREIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS  
DE TÓRAX DE BAIXA E ALTA QUILOVOLTAGEM**

Orientador: Prof. Ms. Leandro Bolognesi

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
FATEC - Faculdade de Tecnologia de  
Botucatu, para obtenção do título de  
Tecnólogo no curso Superior de Radiologia.

Botucatu – SP  
Dezembro – 2011

## *AGRADECIMENTOS*

*A DEUS em primeiro lugar .*

*Ao prof. ms. LEANDRO BOLOGNESI, orientador e amigo, pela dedicação e paciência para o desenvolvimento desta monografia;*

*À coordenadora VIVIAN TOLEDO SANTOS GAMBARATO, pela imensa dedicação ao curso e para com os alunos;*

*Aos meus pais JURANDIR e OLÍVIA e minha namorada VANESSA, pelo apoio, compreensão e paciência;*

*A todos meus professores da Faculdade, especialmente MARJORIE DO VAL IETSUGU e MARIELE CRISTINA MODOLO PICKA, por sempre estarem presentes;*

*A todos os colegas do curso;*

*E à FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU - FATEC- por me proporcionar um ensino de qualidade.*

*“Agradeço tudo aquilo que está na minha vida até neste momento, incluindo até as dores. A nossa compreensão do universo ainda é muito pequena, para julgarmos o que quer que seja da nossa vida.”*  
(Desconhecido)

## RESUMO

Radiografia é o registro de uma imagem produzida pela passagem de feixes de raios X através de um objeto. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo entre técnicas radiográficas de tórax em radiologia convencional, empregando baixa e alta quilovoltagem, tendo em vista que, as exposições radiológicas para fins de saúde constituem a principal fonte de exposição na população a fontes artificiais de radiação ionizante e entre todas as modalidades de exames radiológicos, a radiografia de tórax é o exame mais realizado, sendo muito importante o emprego de uma técnica radiográfica que reduza a dose de radiação no paciente. O estudo foi desenvolvido utilizando-se o método de revisão bibliográfica por meio de pesquisa de trabalhos relacionados com o tema, utilizando artigos, livros, teses, trabalhos de conclusão de curso e normas de proteção radiológica, seguida de uma discussão dos dados encontrados, chegando à conclusão que técnicas de alta quilovoltagem reduzem significativamente a dose de entrada da pele do paciente e produzem imagens de qualidade.

**Palavras – chave:** Dosimetria. Proteção radiológica. Qualidade de imagem. Radiografias de tórax.

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Processo de ionização.....	13
2	Radiação bremsstrahlung. ....	14
3	Radiação característica. ....	15
4	Esquema elétrico do gerador de raios X.....	15
5	Ampola de raios X.....	17
6	Esquema da ampola de raiox X.....	17
7	Esquema da grade antidifusora.....	18
8	Espectro de raios X para 75 kV e filtração de 2,5 mmAl.....	19
9	Filme radiográfico . ....	20
10	Composição da tela intensificadora. ....	21
11	Tela intensificadora .....	21
12	Cassete.....	22
13	Processadora automática .....	22
14	Vista superior dos racks .....	23
15	Baixo contraste e escala longa de tons de cinza em tórax (110 kV e 10 mAs).....	26
16	Alto contraste e escala curta de tons de cinza em tórax (50 kV e 800 mAs) .....	26
17	Radiografia de mão utilizando 2,5 mAs e 60kV .....	27
18	Radiografia de mão utilizando 5 mAs e 60kV .....	28
19	Radiografia de abdome demonstrando ausência de detalhes .....	29
20	Radiografia de abdome demonstrando borramento localizado .....	29
21	Divirgência dos raios X e raio central . ....	30
22	Efeito da distância foco filme.....	31
23	Efeito da distância objeto filme.....	32
24	Caixa torácica vista anterior e posterior .....	36
25	Estruturas presente no mediastino .....	37
26	Orgãos do sistema respiratório presentes no tórax.....	37
27	Posicionamento do tórax em PA. ....	39
28	Radiografia de tórax em PA. ....	39
29	Posicionamento do tórax em perfil esquerdo .....	39
30	Radiografia de tórax em perfil esquerdo. ....	40
31	Fração da dose de radiação artificial que o ser humano está exposto .....	41
32	Porcentagem dos exames radiológicos (SAI/SUS), segundo o tipo, realizados em estabelecimentos de saúde do estado de São Paulo, referente ao período de julho de 2003 a junho de 2004.....	44
33	Radiografia de tórax com técnica de 117 kV e 2 mAs, melhor visualização de estruturas pulmonares e mediastinais. ....	48
34	Radiografia de tórax com técnica de 78 kV e 12 mAs, sem delimitação das estruturas pulmonares e mediastinais.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Critérios de imagem segundo a Comissão das Comunidades Européia para exames de tórax na incidência pósterio – anterior.....	47
2 Critérios de imagem segundo a Comissão das Comunidades Européia para exames de tórax na incidência latero-lateral ou perfil.....	47

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>1.1 Objetivo.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Justificava.....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 A história dos raios X.....</b>	<b>12</b>
<i>2.1.1 As radiações ionizantes.....</i>	<i>13</i>
<b>2.2 Produção de raios X.....</b>	<b>14</b>
<i>2.2.1 Gerador de alta tensão de raios X.....</i>	<i>15</i>
<i>2.2.2 Tubo de raios X.....</i>	<i>16</i>
<i>2.2.3 Sistema de grade.....</i>	<i>18</i>
<i>2.2.4 Espectro de raios X.....</i>	<i>18</i>
<b>2.3 Sistema receptor de imagem radiográfica.....</b>	<b>19</b>
<i>2.3.1 Filme radiográfico.....</i>	<i>20</i>
<i>2.3.2 Tela intensificadora.....</i>	<i>20</i>
<b>2.4 Processamento automático de filmes radiográficos.....</b>	<b>22</b>
<i>2.4.1 Revelação.....</i>	<i>23</i>
<i>2.4.2 Fixação.....</i>	<i>23</i>
<i>2.4.3 Lavagem.....</i>	<i>23</i>
<i>2.4.4 Secagem.....</i>	<i>24</i>
<b>2.5 Técnicas radiográficas.....</b>	<b>24</b>
<i>2.5.1 Quilovontagem (kV).....</i>	<i>24</i>
<i>2.5.2 Miliamperagem (mA).....</i>	<i>24</i>
<i>2.5.3 Tempo de exposição.....</i>	<i>25</i>
<b>2.6 Fatores de qualidade da imagem radiográfica.....</b>	<b>25</b>
<i>2.6.1 Contraste.....</i>	<i>25</i>
<i>2.6.2 Densidade.....</i>	<i>27</i>
<i>2.6.3 Detalhes.....</i>	<i>28</i>
<i>2.6.4 Distorção.....</i>	<i>29</i>
<i>2.6.4.1 <u>Alinhamento do raio central(RC)</u>.....</i>	<i>31</i>
<i>2.6.4.2 <u>Alinhamento da estrutura com o plano do filme</u>.....</i>	<i>31</i>
<i>2.6.4.3 <u>Distância foco filme</u>.....</i>	<i>31</i>
<i>2.6.4.4 <u>Distância objeto filme</u>.....</i>	<i>32</i>
<b>2.7 Grandezas e unidades utilizadas para quantificar a radiação ionizante.....</b>	<b>32</b>
<b>2.8 Princípios de proteção radiológica.....</b>	<b>33</b>
<i>2.8.1 Justificação da prática e das exposições médicas individuais.....</i>	<i>33</i>
<i>2.8.2 Otimização .....</i>	<i>33</i>
<i>2.8.3 Limitação de dose.....</i>	<i>34</i>
<i>2.8.4 prevenção de acidentes.....</i>	<i>34</i>
<b>2.9 Métodos de proteção radiológica.....</b>	<b>34</b>
<i>2.9.1 Redução no tempo de exposição.....</i>	<i>34</i>
<i>2.9.1 Aumento da distância fonte – indivíduo.....</i>	<i>35</i>
<i>2.9.3 Uso de blindagens.....</i>	<i>35</i>
<b>2.10 Interações das radiações ionizantes e seus efeitos biológicos.....</b>	<b>35</b>
<b>2.11 Anatomia do Tórax.....</b>	<b>36</b>
<b>2.12 Termos e posicionamento radiográfico do tórax.....</b>	<b>38</b>
<i>2.12.1 Incidência pósterio – anterior de tórax.....</i>	<i>38</i>
<i>2.12.2 Imagem radiográfica de tórax em PA.....</i>	<i>39</i>

<b>2.12.3 Incidência latero – lateral de tórax.....</b>	<b>40</b>
<b>2.12.4 Imagem radiográfica de tórax em Latero-lateral esquerdo (LLE).....</b>	<b>40</b>
<b>2.13 Principais indicações patológicas para o exame radiográfico de tórax.....</b>	<b>41</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>42</b>
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

É denominada radiação qualquer dos processos físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios (radiações eletromagnéticas), seja por meio de partículas dotadas de energia cinética (radiações corpusculares). (FERREIRA, 2009).

Dependendo da quantidade de energia que possui, a radiação pode ser classificada em ionizante e não ionizante. As radiações não ionizantes são aquelas utilizadas quando se liga um micro-ondas ou um rádio e, por possuírem relativamente baixa energia, não possuem poder de ionizar o material, não apresentando assim, risco biológico associado. Já as radiações ionizantes são aquelas que possuem grande quantidade de energia e, por isso, são capazes de ionizar o átomo, podendo acarretar risco biológico.

Já com relação à sua natureza, as radiações podem ser classificadas em radiações eletromagnéticas e corpusculares. As radiações eletromagnéticas não possuem massa, podem existir no vácuo e formam a maior classe das radiações. Estão presentes em nosso redor e nosso cotidiano, tais como a luz, as ondas de rádio e televisores, micro-ondas, raios X e raios gama. Em contrapartida, as radiações corpusculares possuem massa, ou seja, são partículas oriundas do núcleo dos átomos, tais como elétrons, nêutrons, prótons e partículas alfa. (SCAFF, 2004).

A transferência de energia da radiação ionizante para a matéria ocorre através de excitação e ionização dos átomos. Dessa forma, a interação da radiação ionizante com o tecido biológico pode provocar danos, cuja gravidade depende, entre outros fatores, da dose de radiação absorvida e do tipo da radiação ionizante. (PINA, 1996). Avaliar os efeitos da radiação ionizante a baixas doses, como as envolvidas no radiodiagnóstico, é bastante difícil,

tendo em vista que, em pequenas quantidades, os únicos efeitos conhecidos são os tardios, como o câncer e as alterações hereditárias.

Atualmente sabe-se que as principais fontes de radiações a que o ser humano está exposto são provenientes de fontes naturais e o restante de fontes artificiais. (AZEVEDO, 2005).

Tendo em vista que as exposições radiológicas para fins de saúde constituem a principal fonte artificial de exposição da população à radiação ionizante, e que a exposição médica é a única categoria na qual é possível grande redução na dose para pacientes, é necessário garantir a qualidade dos serviços de radiologia prestados e de assegurar os requisitos mínimos de proteção radiológica. (JUHL; KUHLLMAN, 2008)

Assim sendo, na realização de um exame radiográfico, é necessário fornecer ao paciente um benefício maior que o risco, pois a energia da radiação é absorvida pelo corpo humano e distribuída em órgãos e tecidos específicos, que possuem radios sensibilidades diferentes. Dessa forma, qualquer avaliação dos efeitos aos pacientes, exige um conhecimento da dose de radiação absorvida e da sua distribuição pelo corpo humano (PINA, 1996).

Para gerar uma radiografia de boa qualidade é necessário ajustar certos fatores técnicos, como a quilovoltagem (kvp), tempo e quantidade de exposição (mAs), distância foco registro de imagem (DFRI), e distância objeto registro de imagem (DORI), levando em consideração os fatores físicos do corpo humano.

Além disso, cuidados especiais devem ser tomados no sentido de se obter uma imagem radiográfica que possibilite um bom diagnóstico com baixas doses de radiação. Imagens de baixa qualidade podem dificultar a interpretação do médico e gerar diagnósticos falsos ou inseguros, além de aumentar a chance de repetição do exame, aumentando a dose de radiação no paciente.

Segundo Squire e Novelline (1992), entre todas as modalidades de exames radiológicos, as radiografias de tórax são os procedimentos mais realizados, e de acordo com Juhl, Crummy e Kuhlman (2008) “há um consenso geral de que o exame radiográfico do tórax é extremamente importante para o diagnóstico das doenças pulmonares”.

Dessa forma, o emprego de técnicas de altas quilovoltagens (100 a 150 kVp), combinadas com um baixo tempo de exposição e quantidade de radiação (mAs) que proporcionem informações suficientes para o diagnóstico, devem ser sempre utilizadas nos exames radiográficos do tórax, a fim de se obter uma boa penetração e visualização das estruturas retrocardíacas e mediastinais e reduzir a dose de radiação no paciente. (BONTRAGER, 2003).

## **1.1 Objetivos**

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo das técnicas radiográficas em exames do tórax em radiologia convencional, empregando técnicas de alta e baixa quilovoltagem, no que diz respeito à dose de radiação no paciente e à qualidade da imagem radiográfica.

## **1.2 Justificativas**

As radiografias de tórax pósterio – anterior e latero – lateral estão entre os exames radiográficos mais realizados no mundo. Dessa forma, constitui uma das principais fontes de exposição à radiação ionizante para a população. Assim sendo, este trabalho reveste-se de importância no que diz respeito à redução da dose de radiação ao paciente nas radiografias de tórax de alta quilovoltagem.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A história dos raios X

Em 1894, o professor de física Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923) iniciou seus estudos com os raios catódicos, um dos assuntos mais discutido naquele período na Universidade de Würzburg (Alemanha). Incentivado principalmente pelos trabalhos de Heinrich Rudolf Hertz e Philipp Lenard, Roentgen realizou uma série de experimentos que o levou, em outubro de 1985 a descobrir os raios X. (OLIVEIRA, 2003).

De acordo com uma entrevista concedida a um jornalista americano, Henry Dam, Roentgen relatou o momento em que fez sua descoberta:

Eu estava trabalhando com um tubo de Crookes coberto por uma blindagem de papelão preto. Um pedaço de papel com platino- cianeto de bário estava lá na mesa. Eu tinha passado uma corrente pelo tubo, e notei uma linha preta peculiar no papel. O efeito era algo que só poderia ser produzido, em linguagem comum, pela passagem de luz. Nenhuma luz poderia provir do tubo, pois a blindagem que o cobria era opaca a qualquer luz conhecida, mesmo a do arco elétrico. (MARTINS, 1998, p.375).

Após realizar alguns experimentos, Roentgen concluiu que realmente estava observando um novo tipo de radiação e, por desconhecer sua natureza, a classificou como raios X. (OLIVEIRA, 2003).

Logo após a divulgação de Röntgen, a radiologia se tornou uma área em grande expansão, sendo aplicada na medicina e evoluindo com desenvolvimento de aparelhos, técnicas e o aparecimento de componentes que auxiliaram a melhorar a qualidade da imagem e minimizar a dose nos pacientes. (OLIVEIRA, 2003).

No Brasil, o primeiro aparelho de raios X chegou em 1897, na cidade de Formiga em Minas Gerais e em 1898 o Dr. Jose Carlos Ferreira Pires realizou a primeira radiografia da América do Sul, sendo realizada a radiografia da mão do então ministro Lauro Muller, para visualização de um corpo estranho. (FELENON, 2005).

### 2.1.1 As radiações ionizantes

As radiações ionizantes são um fenômeno natural, existindo no planeta Terra desde sua origem. Porém, no início a vida era provavelmente incompatível com essas radiações devido às altas taxas de exposições. Contudo, no decorrer do tempo, o excesso de energia contida no núcleo dos átomos radioativos foi liberado e a exposição natural à radiação ionizante diminuiu. (BRASIL, 2005).

Devido a grande quantidade de energia, as radiações ionizantes são capazes de arrancar elétrons do átomo fazendo-os perder a neutralidade elétrica, ou seja, o átomo perde elétrons ele fica com um número de prótons maior que o de elétrons, tornando-o eletricamente positivo e sendo assim chamado de íon positivo, (Fig.1). A esse processo de formação de íons dá-se o nome de ionização. (SCAFF, 2004).

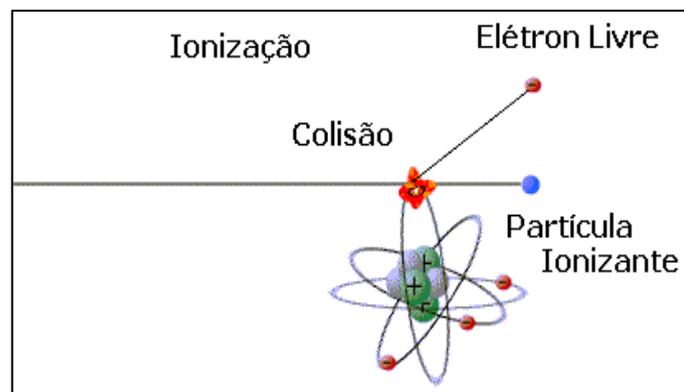


Figura 1 – Processo de ionização

Fonte: Instituto de Pesquisa Energéticas, 2002.

Levando em consideração as características das radiações ionizantes, ela tem grande utilidade para o homem, sendo empregada na área médica (radiodiagnóstico e tratamentos), na indústria e na agricultura. O uso dessas radiações trazem bastantes benefícios para o ser

humano, porém deve salientar-se que o uso incorreto pode causar riscos físicos, químicos e biológicos.

## 2.2 Produção de raios X

Os raios X são uma radiação eletromagnética na frequência de  $10^{17}$  a  $10^{21}$  Hz com comprimento de onda no intervalo de  $10^{-11}$  a  $10^{-8}$  m, composta por fótons de alta energia resultante da colisão de elétrons produzidos por um filamento aquecido (cátodo) contra os átomos de um alvo metálico (ânodo). (SCAFF, 2004)

Sabe-se que os elétrons liberados pelo cátodo são acelerados através de uma diferença de potencial em direção ao ânodo e ao se aproximarem do núcleo dos átomos presentes no mesmo, que possuem carga positiva, são atraídos e desacelerados, mudando sua trajetória inicial e com isso perdendo sua energia cinética proveniente da aceleração e a convertendo parte em calor (99 %) e parte em radiação eletromagnética (1%). Esses fótons de raios X gerados através desse processo de desaceleração dos elétrons são chamados de radiação de frenamento ou Bremsstrahlung como demonstrado na Figura 2.

Porém, existe também a possibilidade do elétron acelerado colidir e remover o elétron das camadas eletrônicas dos átomos do anodo (geralmente das camadas K e L). Nesse caso, origina-se um espaço na camada, que será imediatamente preenchido pelos elétrons das camadas mais externas.

Nesse processo de rearranjo dos elétrons surge a emissão de radiação (Fig. 3), cuja energia corresponde à diferença entre as energias de ligação das camadas da eletrosfera, por isso ela é chamada de radiação característica porque sua energia vai depender do material que a produz, ou seja, é característica do mesmo.

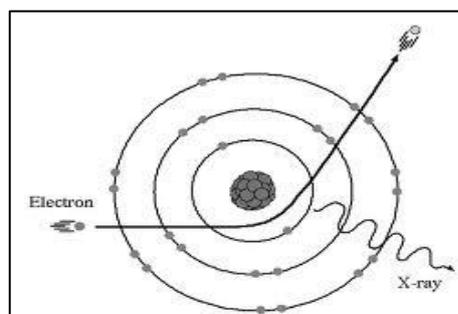


Figura 2 - Radiação bremsstrahlung

Fonte: Scaff, 2004.

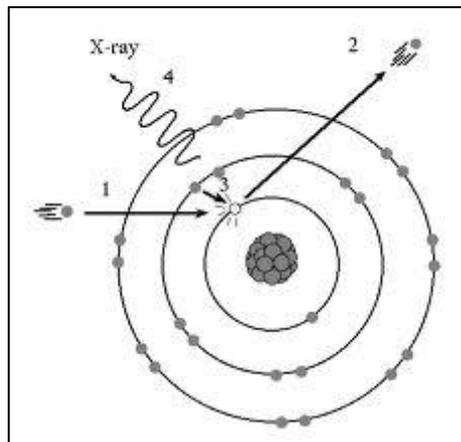


Figura 3- Radiação característica

Fonte: Scaff, 2004.

Contudo, para que aconteça a geração desses fótons de radiação, é necessário um equipamento de raios X, sendo constituído basicamente de um gerador de alta tensão e um tubo (ampola) de raios X.

### 2.2.1 Gerador de alta tensão

O gerador de alta tensão tem como principal componente um transformador, e suas principais funções são aumentar a voltagem da rede elétrica fornecendo a potencia necessária ao tubo de raios X, converter a corrente alternada em corrente contínua e permitir a seleção de energia (kvp), quantidade de fótons de raios X (mA) e o tempo de exposição (s), (Fig.4). (DIMENSTEIN; NETTO, 2005).

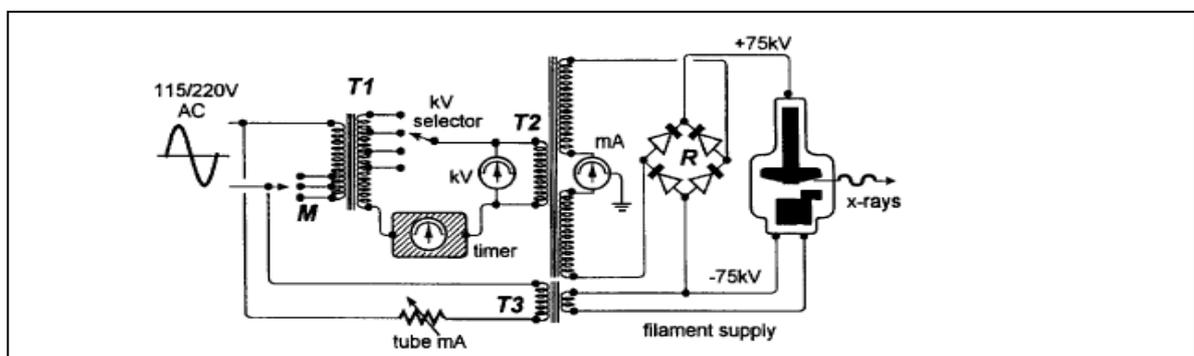


Figura 4 – Esquema elétrico do gerador de raios X

Fonte: Dimenstein; Netto, 2005.

### ***2.2.2 Tubo ou ampola de raios X***

O tubo ou ampola de raios X (fig. 5) é o local onde ocorre a geração dos fótons de raios X e é formado por um vidro que possui alta condutividade térmica e que permita a contenção de grande parte dos fótons de radiação dentro de si, sendo liberados apenas por uma janela, contendo vácuo em seu interior e dois eletrodos, sendo um positivo e um negativo, chamados respectivamente de ânodo e cátodo. Além disso, o tubo é envolvido em um cabeçote que barra a radiação não absorvida pelo vidro do tubo e contém um líquido refrigerante para que não ocorra o superaquecimento do mesmo. (SCAFF, 2004)

O ânodo é revestido com um material de elevado número atômico e alto ponto de fusão (acima de 3300°C), chamado de alvo. Geralmente é utilizado o tungstênio, o ânodo pode ser de dois tipos, fixo ou giratório, sendo o último mais utilizado nos tubos onde se utiliza alta intensidade de raios X, permitindo melhor dissipação do calor e melhor distribuição da área de impacto dos elétrons.

Sendo assim, o ânodo tem a função de suporte do alvo que irá receber os elétrons e aliviar a carga térmica durante a execução de um exame. (COSTA, 1997)

Já o cátodo consiste em dois filamentos helicoidais feitos com material que possui as mesmas propriedades do alvo, ou seja, o tungstênio, e de um copo focalizador carregado negativamente para repulsar os elétrons e focaliza-los em direção ao alvo. (COSTA, 1997; SCAFF, 2004)

Através do Efeito Joule o filamento do cátodo é aquecido, liberando assim os elétrons termoionicamente, que por sua vez são acelerados em direção ao alvo através de uma diferença de potencial e, por existir vácuo no tubo, eles não perderão energia colidindo com partículas gasosas. A figura 6 ilustra o esquema de uma ampola de raios X contendo o ânodo e o cátodo.



Figura 5 – Ampola de raios X

Fonte: Dimenstein; Netto, 2005.

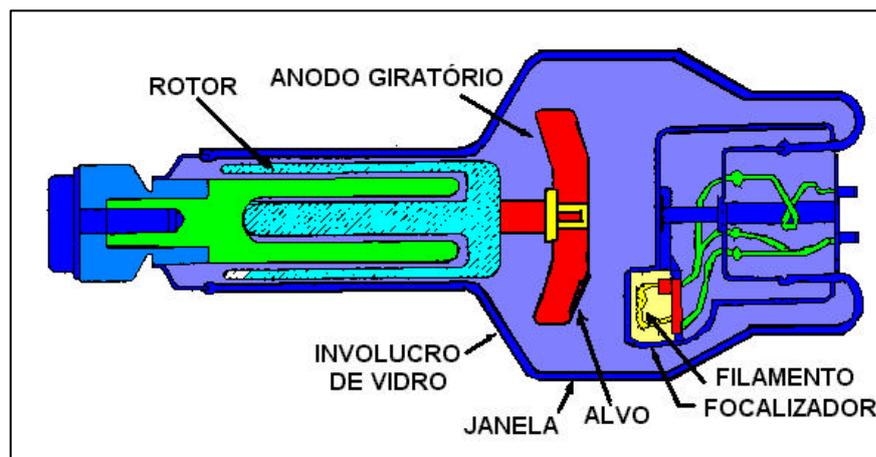


Figura 6 – Esquema da ampola de raios X

Fonte: Costa, (1997).

Todavia, além do gerador de alta tensão, do tubo e do sistema de refrigeração, os equipamentos de raios X possuem ainda um sistema de colimação e luz para delimitar e simular o feixe de radiação respectivamente onde também é possível observar o chamado raio central (local onde os fótons incidem perpendicular ao objeto), uma mesa de exames, uma estativa vertical e um painel de controle onde é possível ajustar todos parâmetros necessários para realização do exame radiográfico. (COSTA, 1997; SCAFF, 2004).

### 2.2.3 sistema de grade

Ao interagir com a matéria, os fótons de raios X podem sofrer desvios de sua trajetória, sendo assim chamada de radiação espalhada. Essa radiação espalhada ocasiona uma perda de resolução na imagem radiográfica prejudicando sua qualidade, para reduzir esses danos é utilizada uma grade antidifusora, podendo ser estática ou móvel constituído basicamente de lamina de chumbo intercaladas com plástico, de forma que apenas os raios oriundos do feixe central passem por seus intervalos e os raios espalhados sejam absorvidos pelo chumbo. (Fig. 7). (COSTA, 1997; PINA, 1996).

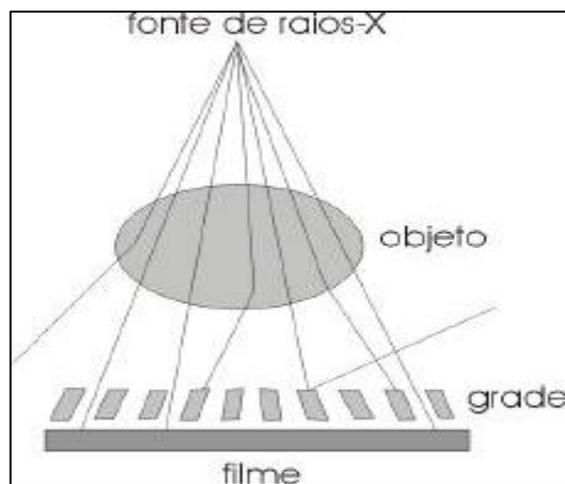


Figura 7 – Esquema da grade antidifusora

Fonte: Costa, (1997).

### 2.2.4 Espectro de raios X

Os feixes de radiação gerados no tubo possuem fótons com diversas energias, sendo que os mais energéticos possuem energia igual ao valor da quilovoltagem aplicada ao tubo. (PINA, 1996).

Já os fótons de baixa energia não contribuirão para a formação da imagem sendo barrados pelo próprio vidro do tubo, processo chamado de filtração inerente. Porém alguns fótons são atenuados pelo vidro e emergem com uma baixa intensidade que serão absorvidos pelo paciente acarretando uma dose desnecessária. Contudo, para solucionar esse problema é colocado entre o feixe de raios X e o paciente, um filtro constituído geralmente de lamina de

alumínio que absorvem principalmente os fótons de baixa energia, deixando o feixe mais penetrante, sendo chamado de filtração adicional. (PINA, 1996; SCAFF, 2004)

Dessa forma, com o sistema de filtração de feixe e sabendo-se que os fótons de raios X são gerados através de dois processos (bremsstrahlung e característico), pode se construir o espectro de raios X, demonstrado na Figura 8, onde se observa no eixo y o número de fótons, no eixo x a energia dos fótons (keV), a curva de radiação bremsstrahlung, os picos de radiação característica e a parte em escuro representam as filtrações inerente e adicional, ilustrando que as mesmas absorvem os fótons de baixa energia.

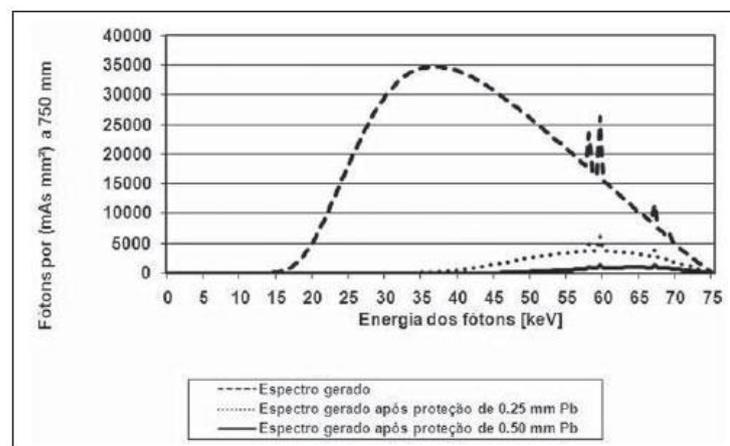


Figura 8 – Espectro de energia de uma ampola de alvo de tungstênio e filtração inerente de 2,5 mmAl a 75 kV.

Fonte: Soares, Pereira e Flôr (2011).

### 2.3 Sistemas receptores de imagens

Para que a visualização de uma imagem radiográfica seja possível, é necessário um sistema que absorva a radiação atenuada pelo paciente e a converta em uma imagem visível, sendo chamado de sistema receptor de imagem radiográfica. (PINA, 1996).

Existem vários tipos de receptores, tais como: o sistema convencional (tela - filme), o computadorizado, o digital e o de fluoroscopia. Para o presente trabalho foi escolhido o sistema tela - filme por ser o primeiro e o mais utilizado no Brasil. (PONTE; SILVA; COUTINHO, 2010).

O sistema tela - filme consiste no uso de um filme radiográfico e um cassete contendo uma tela intensificadora (écran).

### **2.3.1 Filme radiográfico**

É uma película fotográfica (Fig. 9), utilizada para o registro da imagem radiográfica, sendo composto por uma base, emulsão, adesivo e uma camada protetora.

A base é uma camada transparente de acetato ou poliéster, medindo normalmente 0,18 mm de espessura e que serve de estrutura para a emulsão. Já a emulsão é uma camada gelatinosa colocada nas duas faces da base, que possui como componente principal os cristais de prata sendo, 95% de brometo de prata e 5% de iodeto de prata aproximadamente. Ela é o componente mais importante do filme, tendo em vista que é nela onde ocorre a interação com os fótons de radiação que formarão a imagem radiográfica. (COSTA, 1997; SCAFF, 2004)

Entre a base e a emulsão existe uma substância adesiva que serve para unir perfeitamente ambas as partes e para proteger o filme contra choques mecânicos existe ainda uma camada protetora. (PINA, 1996)



Figura 9 – Filme radiográfico

### **2.3.2 tela intensificadora**

Tendo em vista que os filmes radiográficos são muito mais sensíveis à luz do que aos fótons de raios X, é necessária a utilização de telas intensificadoras (écrans) que são capazes de converter esses fótons de raios X em luz.

Dessa forma elas reduzem a dose de radiação que seria necessária para formar a imagem em 50 a 100 vezes comparado com a exposição direta de raios X ao filme, pois elas são formadas por material (fósforo ou tungstato de cálcio) que, quando estimulado por um

fóton de raios X, tem a capacidade de gerar uma grande quantidade de luz. Elas são compostas por uma base de plástico, uma camada refletora na qual é depositado um material fluorescente responsável pela emissão de luz quando estimulado pelo fóton de raios X e uma camada protetora contra choques mecânicos. (Fig.10) (COSTA, 1997; SCAFF, 2004; PINA, 1996).

Assim sendo, o filme radiográfico é colocado entre as telas intensificadoras, e para garantir um contato ideal entre eles e impedir que a luz ambiente sensibilize o filme é necessário à utilização de um cassete almofadado, demonstrado na figura 11 e 12.

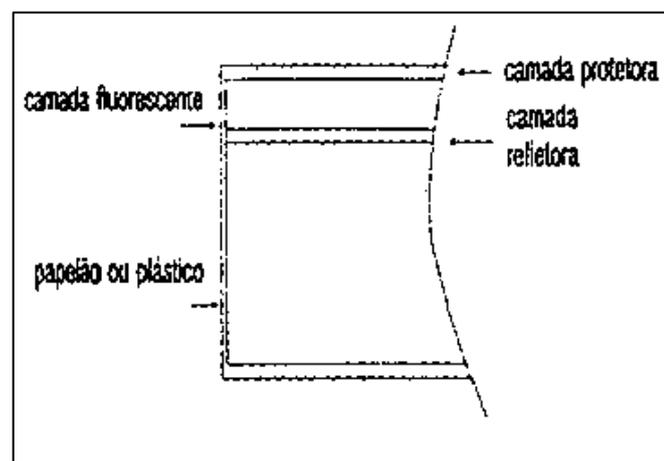


Figura 10 – Composição da tela intensificadora

Fonte: Scaff, 2004.



Figura 11 – Tela intensificadora



Figura 12 – Cassete

#### 2.4 Processamento de filmes radiográficos

Para que se possa visualizar uma imagem radiográfica é necessário um processo químico que transforme a imagem oculta formada durante a exposição em imagem visível, de forma que a mesma fique permanente no filme e represente a região radiografada.

Sendo assim, o processo de revelação do filme constitui de quatro fases: revelação, fixação, lavagem e secagem. Esse processamento é realizado por uma processadora automática (Fig. 13), que basicamente é composta por tanques sequenciais contendo em cada um deles um produto que corresponde às fases do processamento do filme radiográfico, sendo que o mesmo é transportado através desses tanques por meio de rolos chamados de racks demonstrados na figura 14. (MAGALHÃES; AZEVEDO; CARVALHO, 2002).



Figura 13 – Processadora automática



Figura 14 – Vista superior dos racks

As quatro fases do processamento serão descritas a seguir.

#### **2.4.1 Revelação**

Etapa na qual o filme passa no tanque que contém uma solução química chamada de revelador, composta por várias substâncias (reductor, ativador, restritor, preservativo, endurecedor e água), cada qual com uma função bem definida.

É nessa fase que a prata metálica da emulsão do filme fica enegrecida e visível, fazendo com que a imagem oculta venha à tona. ((MAGALHÃES; AZEVEDO; CARVALHO, 2002).

#### **2.4.2 Fixação**

Logo após passar pelo revelador o filme entra no tanque de fixador, que também é composto por substâncias químicas (neutralizador, produto de limpeza, preservativo, endurecedor e água) que tem como função criar uma barreira protetora sobre a imagem para que ela possa ser manuseada e não sofra a ação do tempo.

#### **2.4.3 Lavagem**

Nessa etapa ocorre a retirada do líquido fixador do filme através de água, sendo muito importante, pois se o triossulfato de amônia que está presente na solução fixadora não for

retirado pode ocorrer uma reação com o nitrato de prata e o ar, fazendo com que o filme adquira uma cor marrom-amarelada com o passar do tempo.

#### **2.4.4 Secagem**

Última etapa do processamento, no qual o filme é exposto a uma circulação de ar quente sobre sua superfície tornando-o mais fácil seu manuseio após sair da processadora automática.

### **2.5 Técnicas radiográficas**

Para se realizar uma radiografia deve se ajustar fatores ou variantes de exposição no painel de comando do aparelho de raios X, denominados fatores técnicos ou técnica radiográfica, sendo a quilovoltagem (kV), a miliamperagem (mA) e o tempo de exposição (s).

É muito importante saber equilibrar esses fatores para que se obtenha uma radiografia de boa qualidade sem acarretar uma dose de radiação desnecessária no paciente. (WHITLEY et. al, 2007).

#### **2.5.1 Quilovoltagem (kV)**

É a tensão aplicada ao tubo de raios X representado em quilovoltagem que determina a qualidade dos fótons de raios X produzidos. É o fator que controla o contraste da imagem radiográfica, sendo aplicado conforme a espessura e área de interesse podendo ser chamado de poder de penetração do feixe de radiação. (SARAVEGO; DAMAS, 2007).

#### **2.5.2 Miliamperagem (mA)**

É a corrente aplicada ao tubo que determina a quantidade de raios X produzidos, sendo aplicada conforme a densidade da região a ser radiografado, ou seja, quanto mais denso for a região, maior será a corrente aplicada. (SARAVEGO, DAMAS, 2007).

### **2.5.3 Tempo de exposição**

É a duração da emissão de raios X, ou seja, o tempo que eles levam para atravessar a região a ser radiografada, sendo representado em segundos.

Geralmente costuma se multiplicar o tempo de exposição com a miliaperagem obtendo se o fator mAs, que significa o “produto do trabalho do aparelho num determinado tempo.” (SARAVEGO; DAMAS, 2007).

Sabe se que o valor do mAs selecionado no painel de controle do aparelho é diretamente proporcional a quantidade de exposição de radiação no paciente, ou seja, quanto maior for a quantidade de mAs selecionado, maior será a quantidade de radiação recebida pelo paciente.

## **2.6 Fatores de qualidade de imagem**

São quatro fatores (contraste, densidade, detalhe e distorção), que avaliam a qualidade de uma imagem radiográfica, podendo ser regulados ou minimizados para que os tecidos e órgãos sejam demonstrados com clareza e qualidade. (BONTRAGER, 2003).

### **2.6.1 Contraste**

Pode ser definido como a diferença de densidades ópticas entre dois pontos de uma imagem radiográfica ou como uma variação na densidade, sendo que quanto maior essa variação maior será o contraste. (BONTRAGER, 2003).

Sabe se que o grau de contraste na imagem depende principalmente da quilovoltagem (kV) empregada, pois quanto maior a energia do feixe de radiação incidente, mais penetrante ele é, ocasionando uma imagem com baixo contraste porém com uma escala de tons de cinza da densidade ótica mais longa, como ilustrado na figura 15.(BONTRAGER, 2003; SCAFF, 2004).

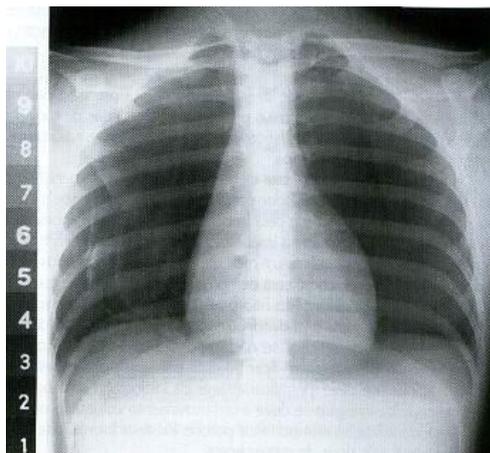


Figura 15 – Baixo contraste e escala longa em radiografia de tórax, (110 kV e 10mAs).

Fonte: Bontrager, 2003.

Todavia, quando a energia do feixe de radiação é mais baixa, menor será seu poder de penetração, originando dessa forma uma imagem radiográfica com um alto contraste e uma curta escala de tons de cinza na densidade ótica, como demonstrado na figura 16. (BONTRAGER, 2003).

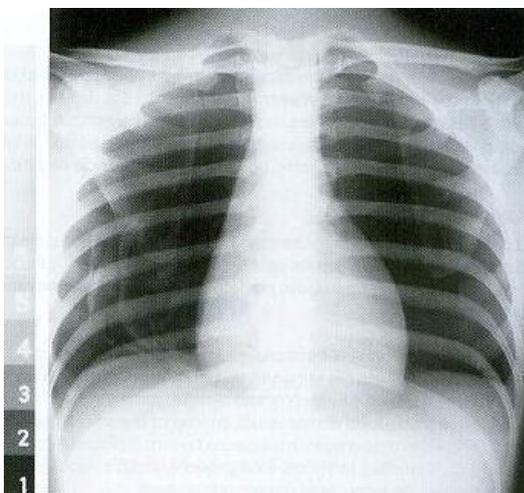


Figura 16 – Alto contraste e escala curta em radiografia de tórax, (50 kV e 800mAs).

Fonte: Bontrager, 2003.

Sendo assim, um baixo ou alto contraste na imagem radiográfica não quer dizer que a mesma está sem qualidade diagnóstica, ou seja, o grau de contraste que a imagem necessita depende de qual estrutura se deseja visualizar. (JUHL; KUHLMAN, 2008).

### 2.6.2 Densidade

De acordo com Bontrager (2003) e Scaff (2004) a densidade determina o grau de enegrecimento da imagem processada, sabendo-se que quanto menos luz atravessar o filme, maior a densidade. Pode-se ajustar esse fator com o mAs, que controla diretamente a densidade pela quantidade de raios X emitidos, sendo que quando se dobra o mAs, dobra-se a densidade.

Outro fator que regula a densidade é a DFRI, pois com o aumento da distância a quantidade de radiação é reduzida a um quarto da inicial segundo a lei do inverso do quadrado, diminuindo a densidade.

Entretanto, como geralmente se utiliza uma DFRI fixa, os ajustes na densidade são controlados principalmente pelo mAs, conforme mostram as figuras abaixo (17 e 18), em que na figura 18 dobrou-se o mAs para se obter a densidade desejada. (BONTRAGER, 2003)



Figura 17 - Radiografia de mão utilizado 2,5 mAs e 60 kV.

Fonte: Bontrager, 2003.



Figura 18 - Radiografia de mão utilizado 5 mAs e 60 kV.

Fonte: Bontrager, 2003.

### **2.6.2 Detalhes**

Sabe-se que uma imagem radiográfica necessita de detalhes, o observador deve enxergar com nitidez as estruturas na imagem, sendo assim, o fator de qualidade de detalhe pode ser definido como o grau de precisão e clareza de uma imagem. (BONTRAGER, 2003; SCAFF, 2004)

Quando existe a falta de detalhes na imagem ocorre um borramento, podendo ser causado por fatores geométricos ou movimento.

No caso do movimento ele pode ser voluntário ou involuntário, sendo que o primeiro causa um borramento generalizado na imagem e o segundo um borramento localizado. Pode-se prevenir ou minimizar os movimentos voluntários com técnicas de relaxamento, apneia e imobilização das partes do corpo, contudo se o movimento for involuntário (movimento peristáltico) torna-se mais difícil a solução, porém com tempos de exposição menores pode-se diminuir a chance de causar um borramento na imagem. (BONTRAGER, 2003).

As figuras a seguir (fig.19 e 20) mostram duas radiografias de abdome na qual a primeira demonstra um movimento voluntário de respiração e a segunda um movimento involuntário do intestino.

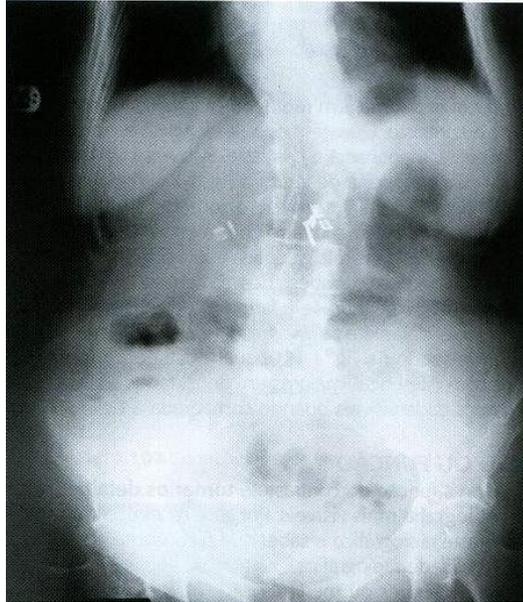


Figura 20 - Radiografia de abdome demonstrando ausência de detalhes.

Fonte: Bontrager, 2003.



Figura 21 – Radiografia de abdome demonstrando borramento localizado.

Fonte: Bontrager, 2003.

### 2.6.3 Distorção

Sabe-se que nenhuma imagem radiográfica é uma reprodução idêntica à estrutura radiografada. Isso porque sempre existe uma ampliação ou distorção da imagem, seja por causa da DORI, da DFRI, do desalinhamento da estrutura em questão ou da própria divergência dos raios X. (BONTRAGER, 2003; PINA, 1996; SCAFF, 2004)

Segundo Bontrager (2003), a divergência dos raios X ocorre porque ao serem produzidos eles se divergem ou espalham ao saírem do tubo, sendo que apenas o raio central (RC) não sofrerá divergência, conforme demonstra a figura 21. O mesmo autor afirma também que “quanto maior o campo de radiação e menor a DFRI, maior será o ângulo de divergência nas áreas externas, o que aumenta o potencial de distorção”.

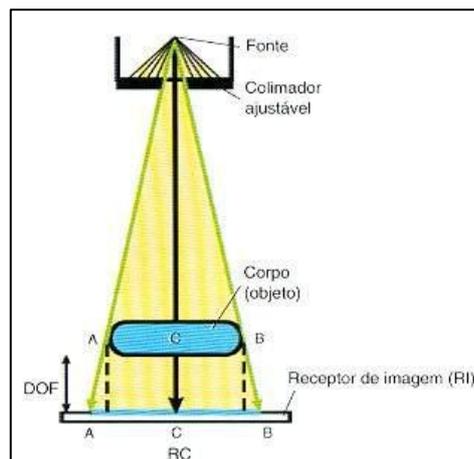


Figura 21 - Divergência dos raios X e raio central.

Fonte: Bontrager, 2003.

Sendo assim, distorção pode ser definida como uma representação equivocada da forma ou tamanho da estrutura radiografada. Portanto ela deve ser minimizada levando em consideração seus fatores de controle de qualidade: alinhamento do raio central (RC), alinhamento da estrutura com o plano do filme, DFRI e DORI. (BONTRAGER, 2003)

### 2.6.4.1 Alinhamento do raio central(RC)

Como já foi dito anteriormente, o RC é o único que não apresenta divergência, por esse motivo ele deve estar centralizado com a estrutura que se deseja radiografar, diminuindo assim a distorção da imagem. (SCAFF, 2004)

### 2.6.4.2 Alinhamento da estrutura com o plano do filme

Refere-se ao alinhamento do objeto a ser radiografado com o plano do filme, se não houver um alinhamento correto ocorre uma distorção na imagem, sendo mais frequente observar essa distorção nas articulações dos membros superiores e inferiores. (BONTRAGER, 2003)

### 2.6.4.3 Distância foco filme

A DFRI influencia na distorção do tamanho da imagem, tendo em vista que quanto menor for essa distância, maior será a ampliação da imagem, podendo ser observado na figura 22.

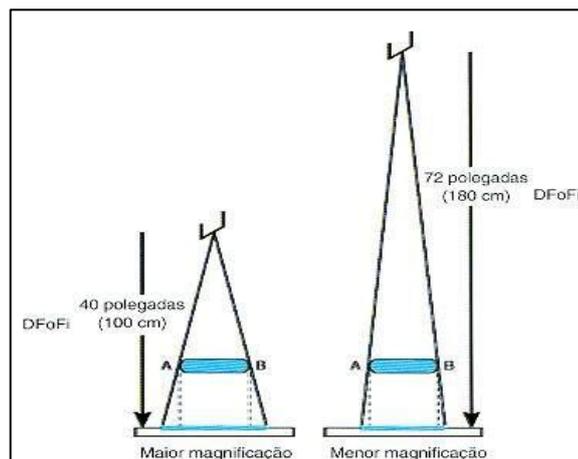


Figura 22 – Efeito da distância foco filme.

Fonte: Bontrager, 2003.

#### 2.6.4.4 Distância objeto filme

Como visto no fator anterior, a distância objeto filme também vai influenciar na distorção do tamanho da imagem, contudo, a DORI é proporcional a ampliação, pois com o aumento dessa distância ocorre um aumento da magnificação, conforme ilustra a figura 23.(BONTRAGER, 2003; SCAFF, 2004)

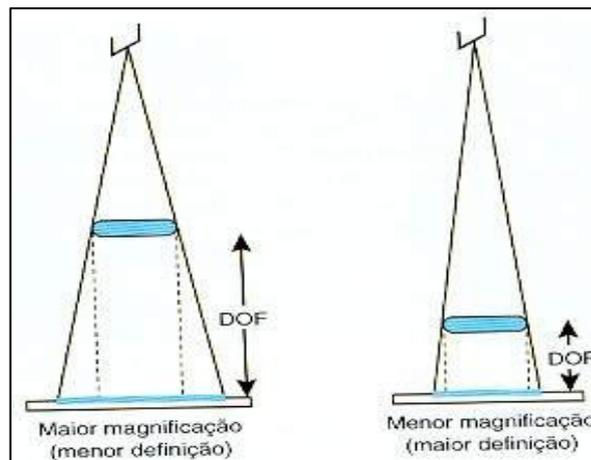


Figura 23 - Efeito da distância objeto filme.

Fonte: Bontrager, 2003.

### 2.7 Grandezas e unidades utilizadas para quantificar a radiação ionizante

São grandezas físicas utilizadas para quantificar as radiações e são classificadas em: dose absorvida (Dt), dose equivalente (Ht) e dose equivalente efetiva (He). (BRASIL, 2005)

A dose absorvida pode ser descrita como a quantidade de energia absorvida da radiação ionizante por unidade de massa, tendo como unidade o joule por quilograma e recebe o nome de Gray (Gy) no sistema internacional (S.I.). Todavia a Dt leva em consideração a energia absorvida no ar e no tecido humano, porém não dá a ideia dos efeitos biológicos no homem, sendo necessária a grandeza de dose equivalente, que considera fatores como o tipo de radiação ionizante, a energia e a distribuição da radiação no tecido, ou seja, é a dose absorvida multiplicada pelo fator de ponderação da radiação. No S.I. a unidade da dose equivalente também é o joule por quilograma e recebe o nome de sievert (Sv). (SOARES; PEREIRA; FLÔR, 2011).

Quando o objetivo é limitar o risco de efeitos estocásticos, monitorar os indivíduos ocupacionalmente expostos e avaliar os riscos envolvidos nos exames que utilizam radiação ionizante é empregado a grandeza de dose equivalente efetiva (He), que se baseia no “princípio de que para um certo nível de proteção, o risco deve ser o mesmo se o corpo inteiro for irradiado uniformemente, ou se a irradiação é localizada em um determinado órgão”. (INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS, 2002, p. 20). A unidade de medida da He é o sievert e o Rem.

## **2.8 Princípios de proteção radiológica**

Segundo o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, (2002) o principal objetivo da proteção radiológica é proteger os indivíduos dos efeitos nocivos que as radiações ionizantes podem causar. De acordo com a Portaria 453/98 “Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico” para atingir a finalidade da radioproteção é necessário adotar os seguintes princípios básicos: justificção, otimização, limitação de dose e prevenção de acidentes. (BRASIL, 1998).

### ***2.8.1 Justificção da prática e das exposições médicas individuais***

Tendo em vista que, as radiações ionizantes podem causar algum dano à saúde humana e que esse dano pode aumentar com o aumento da exposição à radiação, é necessário que se justifique essa exposição, pois o benefício decorrente dessa aplicação deve ser maior que o risco de causar algum dano à saúde. (BRASIL, 2005)

### ***2.8.2 Otimização***

Mesmo que se justifique a exposição à radiação ionizante, deve-se otimizar os níveis de radiação mantendo-os “tão baixos quanto razoavelmente possíveis” do princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), levando-se em consideração os fatores sociais e econômicos. (BRASIL, 1998).

### ***2.8.3 Limitação de dose***

Representa o valor máximo estabelecido de dose que os indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs) e os indivíduos do público em geral podem ser expostos, sem que resulte em algum dano à sua saúde, levando-se em consideração que para os IOEs, esse limite máximo de dose é estabelecido considerando os efeitos somáticos tardios, principalmente o câncer. (BRASIL, 2005).

Conforme estabelecido pela RESOLUÇÃO-CNEM n.º 12/88 a dose efetiva média anual para os IOEs não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano. Já para os membros do público em geral a dose anual não deve exceder 1 mSv.

### ***2.8.4 Prevenção de acidentes***

Deve-se minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes (exposições potenciais), no projeto e operação de equipamentos e instalações. (BRASIL, 1998).

## **2.9 Métodos de proteção radiológica**

Conforme o Instituto de pesquisas energéticas (2002) para assegurar que as doses de radiação não excedam os limites aceitáveis, conforme descrito anteriormente, medidas práticas de radioproteção devem ser tomadas como:

### ***2.9.1 Redução no tempo de exposição***

A dose de radiação que o indivíduo recebe é diretamente proporcional ao tempo que ele fica exposto a radiação, ou seja, quanto maior o tempo exposto à radiação ionizante, maior é a dose de radiação equivalente recebida. Deste modo, o tempo exposto à radiação deve ser reduzido ao máximo possível.

### **2.9.2 Aumento da distância fonte – indivíduo**

De acordo com a Lei do inverso do quadrado da distância, a intensidade da radiação diminui com o aumento da fonte irradiadora em  $\frac{1}{4}$ , sendo assim um pequeno aumento da distância da fonte resulta em grande redução de radiação.

### **2.9.3 Uso de blindagens**

Outro método de proteção radiológica é inserir barreiras que impeçam sua passagem para o local onde se deseja proteger, pois ao ultrapassar um meio absorvedor há uma redução da intensidade da radiação, sendo esse processo chamado de atenuação da radiação. O tipo de blindagem vai depender da energia da radiação, da densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) e número atômico do meio absorvedor e da espessura da barreira. (SCAFF, 2004)

## **2.10 Interações das radiações ionizantes e seus efeitos biológicos**

Ao interagir com a matéria a energia da radiação ionizante é transferida para o meio irradiado, podendo provocar a ionização e excitação dos átomos e moléculas causando a modificação da estrutura das moléculas, tendo como principal efeito biológico o dano no ácido desoxirribonucleico (DNA). (SOUZA; SOARES, 2008)

Os efeitos biológicos que as radiações ionizantes causam podem ser determinísticos ou estocásticos. O efeito determinístico ou imediato é aquele que necessita de um limiar de dose para ocorrer (exposição aguda a alta dose de radiação), sendo que a gravidade do efeito é proporcional à dose, o que leva a morte celular. (SOARES; PEREIRA; FLOR, 2011)

Já o efeito estocástico ou tardio não necessita de um limiar de dose para ocorrer, podendo se manifestar após anos ou décadas de exposição à radiação. De acordo com Souza e Soares, (2008) o efeito estocástico ocorre por consequência à exposição de baixas doses de radiação ionizante durante um longo período, causando dessa forma mutações genéticas.

### 2.11 Anatomia do tórax

Bontrager, (2003) afirma que “o tórax é a porção superior do tronco entre o pescoço e o abdome” e segundo o mesmo autor ele é dividido anatomicamente em três porções: caixa torácica ou tórax ósseo, mediastino e o sistema respiratório.

A caixa torácica compreende a parte esquelética do tórax, servindo como um arcabouço para proteção das estruturas internas e é constituído por 12 pares de costelas, pelo esterno e cartilagens costais anteriormente e pela coluna torácica posteriormente, conforme ilustrado na figura 24. (NETTER, 2008).

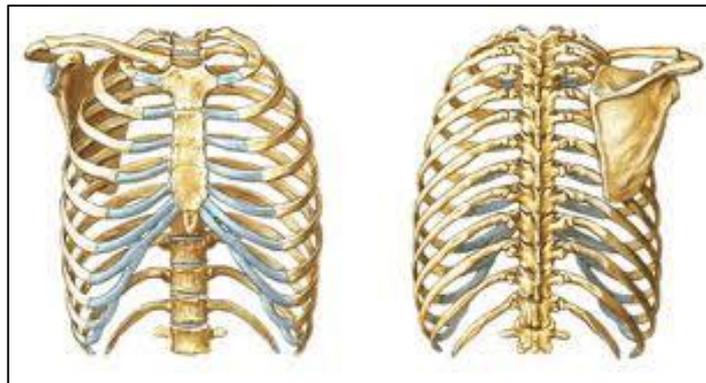


Figura 24 – Caixa torácica vista anterior e posterior

Fonte: Netter, 2008.

De acordo com Bontrager (2003) o mediastino é a porção medial do tórax localizada entre os pulmões onde está localizado o coração, pericárdio, aorta e ramos, artéria pulmonar, esôfago, traqueia, brônquios principais, veia cava superior e suas tributárias, segmento proximal da veia cava inferior, linfonodos, vasos linfáticos, nervos e tecido adiposo. (Fig. 25).

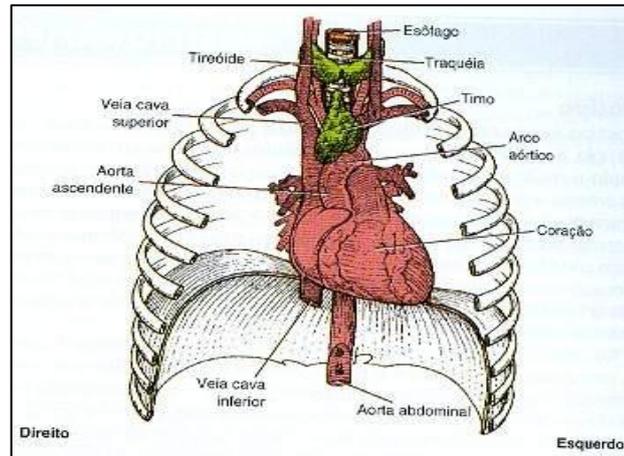


Figura 25 – Estruturas presentes no mediastino

Fonte: Bontrager, 2003.

Por conseguinte a parte do tórax responsável pela respiração é constituída pela laringe, traquéia, brônquios e pulmões, sendo que cada um deles possuem uma função específica a fim de se realizar troca de substâncias gasosas entre o ar que respiramos e a corrente sanguínea, conforme ilustra a figura 26. (NETTER, 2008).

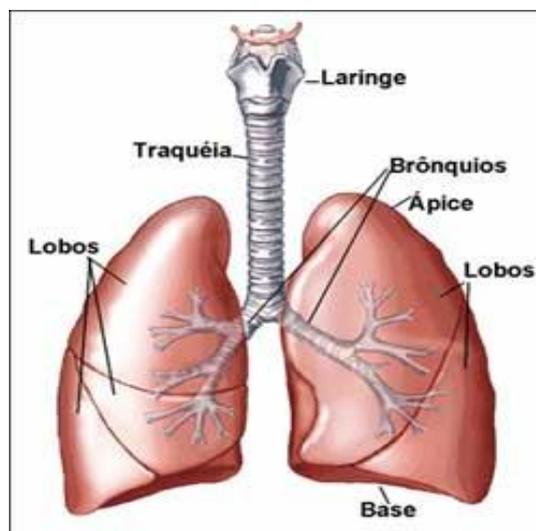


Figura 26 - Órgãos do sistema respiratórios presentes no tórax.

Fonte: Netter, 2008.

## **2.12 Termos e posicionamento radiográfico do tórax**

De acordo com Bontrager (2003) e Whitley et al. (2007), o termo incidência refere-se à direção ou trajetória percorrida pelo feixe de radiação ao atravessar o paciente e o termo posição refere-se ao paciente, por exemplo, decúbito dorsal, decúbito ventral, etc.

Para o posicionamento de tórax na incidência pósterio – anterior (PA) e latero – lateral (LL), é preferível realizar o exame em posição ortostática, devido a menor ampliação do coração, melhor controle da respiração, o efeito da gravidade sobre os órgãos abdominais ajudam a visualizar a área máxima dos campos pulmonares e melhor visualização de possíveis níveis de líquidos. (WHITLEY et al., 2007; DAMAS, 2008)

### ***2.12.1 Incidência pósterio – anterior de tórax***

Segundo Bontrager (2003) e Damas (2008) o paciente é colocado na posição ortostática de frente para o buck vertical a uma distância de 180 cm da fonte, de modo que o plano médio sagital (PMS) fique centralizado com o chassi e que o feixe de radiação incida na região dorsal e saia na região anterior perpendicularmente ao chassi e centralizado com o plano médio sagital na altura da sétima vertebra torácica (T 7).

Os mesmos autores também afirmam que o exame geralmente é realizado em apnéia após inspiração completa, e que os ombros devem estar rodados para frente a fim de que as escápulas não sobreponham os campos pulmonares. A figura 24 demonstra o posicionamento de tórax em (PA) em ortostático.



Figura 27 – Posicionamento de tórax em PA.

Fonte: Whitley et al., 2007

### ***2.12.2 Imagem radiográfica de tórax em PA***

Sabe se que, uma radiografia de tórax na incidência PA (Fig. 28) deve mostrar os campos pulmonares completos sem sobreposição das escápulas, os ângulos costofrênicos e o diafragma devem estar bem delimitados, mediastino e coração mostrados com clareza e visualização precisa do padrão vascular de todo o pulmão. (SOUZA et al., 2009)

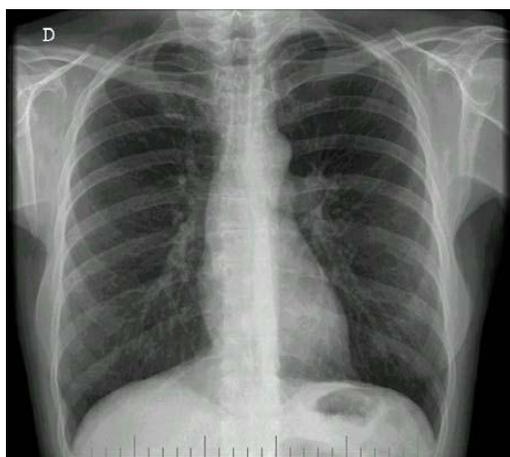


Figura 28 – Radiografia de tórax PA.

Fonte: Juhl; Kuhlman, 2008.

### **2.12.3 Incidência latero – lateral de tórax**

Tendo em vista que nem sempre uma radiografia de tórax em PA é suficiente para dar um diagnóstico preciso e dependendo da rotina do trabalho, pode se realizar uma radiografia lateral de tórax como suplementar a de PA. (WHITLEY et al., 2007)

Sendo assim, de acordo com Bontrager (2003) costuma se geralmente realizar a incidência latero – lateral esquerda, devido a menor ampliação do coração. O exame é realizado em ortostático (pelos mesmos motivos da incidência em PA), com o lado esquerdo do paciente mais próximo do chassi, encostado na estativa a uma distância de 180 cm da fonte de raios X e com os braços levantados de modo que não venha a sobrepor o campo pulmonar. (Fig. 29).

O raio central é direcionado perpendicularmente ao chassi, incidindo no plano médio coronal na altura da sétima vertebra torácica. Lembrando se que o exame também é realizado em apnéia após inspiração profunda. (WHITLEY et al., 2007; DAMAS, 2008)

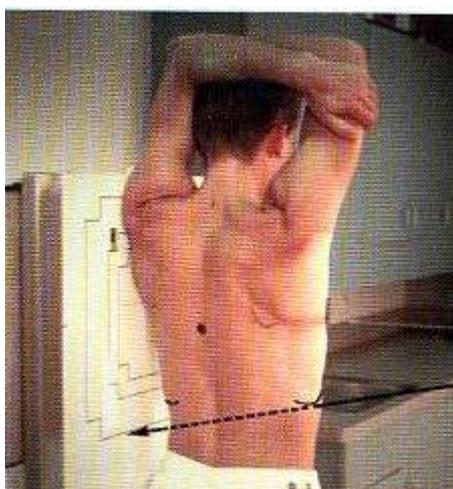


Figura 29 – Posicionamento de tórax em perfil esquerdo.

Fonte: Bontrager, 2003.

### **2.12.4 Imagem radiográfica de tórax em Latero-lateral esquerdo (LLE)**

Na imagem LLE (Fig. 30) deve se visualizar todo campo pulmonar, hilo pulmonar, ângulo costofrênico, espaço retroesternal e principalmente espaço retrocardíaco.



Figura 30 – Radiografia de tórax em perfil esquerdo.

Fonte: Juhl; Kuhlman, 2008.

### **2.13 Principais indicações patológicas para o exame radiográfico de tórax**

Segundo Bontrager (2003), Juhl e Kuhlman (2008) e Saravego e Damas (2008) as principais indicações patológicas para se realizar um radiografia de tórax são: atelectasia, bronquite, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), dispnéia, derrame pleural, fibrose cística, enfisema, pneumonia, pneumotórax, tuberculose e outras.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi realizado um levantamento bibliográfico com assuntos relacionados com o tema em artigos, livros, teses, trabalhos de conclusão de curso, do período de 1995 a 2011 e nas normas de segurança de proteção radiológica norteadas pela Portaria 453/98 do Ministério da Saúde, da Comissão Nacional de Energia Nuclear norma NE-3.01 do Ministério da Ciência e Tecnologia e no Instituto de pesquisas energéticas, mediante consulta ao Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (Bireme), nas bases de dados Lilacs, PubMed/Medline, Science-Direct e Scielo no período de janeiro de 2011 a outubro de 2011.

O presente trabalho foi realizado conforme as seguintes etapas: identificação e delimitação do tema, pesquisa bibliográfica, seleção das publicações, fazendo-se leitura criteriosa do resumo e conseqüente leitura do texto, a fim de verificar a relação com o tema a ser pesquisado. Posteriormente fez-se uma discussão dos dados encontrados na literatura e uma conclusão baseada nos dados dos diversos estudos pesquisados.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Sabe-se que ao interagir com o organismo humano a radiação ionizante pode causar efeitos biológicos, os quais vão depender da dose de radiação absorvida e do grau de radiosensibilidade da célula, que de acordo com Soares, Pereira e Flôr (2011), quanto menos diferenciada em sua função for a célula, maior será o seu grau de radiosensibilidade, com exceção dos oócitos e os linfócitos.

Segundo os mesmos autores, a maior gravidade dos efeitos biológicos ocorre na molécula de DNA, podendo ocorrer de maneira indireta e direta, sendo que a primeira ocorre através da molécula de água (radiólise da água), ou seja, ocorre a formação de radicais livres que por sua vez, por serem extremamente instáveis, podem reagir com a molécula de DNA, levando a uma quebra das ligações químicas e conseqüentemente a lesões na mesma. Já a direta tem seu evento inicial diretamente no DNA, podendo causar mutações genicas e morte celular.

Sabendo, portanto que a radiação ionizante pode causar danos e que a maioria das fontes de radiação que o ser humano está exposto é proveniente da aplicação médica e radiodiagnóstico, conforme demonstra a figura 31, seu uso deve ser justificado, ser limitado, não podendo a dose ultrapassar os níveis aceitáveis e otimizado a níveis tão baixos quanto razoavelmente exequíveis, tanto para os pacientes quanto aos indivíduos ocupacionalmente expostos. (AZEVEDO, 2005; SOUZA; SOARES; 2008).



Figura 31 – Fração da dose de radiação artificial que o ser humano está exposto

Fonte: Azevedo, 2005.

No Brasil a Portaria 453 de 1º de junho de 1998 estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, tendo em vista que, além de ser a principal fonte de radiação ionizante a que o público está exposta, ainda existe um grande crescimento na área de radiologia em todo o território nacional, sendo necessário garantir a qualidade dos serviços de radiodiagnóstico prestados à população e de assegurar os requisitos mínimos de proteção radiológica aos pacientes, aos profissionais e ao público em geral. (BRASIL, 1998).

Segundo Freitas e Yoshimura (2005), somente no estado de São Paulo, em média um a cada três habitantes realiza um exame radiológico por ano e desses exames, os de maiores frequências são exames radiológicos de tórax nas projeções pósterio-anterior e lateral, que representam respectivamente 66,6% e 30,4%. A figura 15 ilustra a porcentagem dos diversos exames radiológicos realizados nos hospitais do estado São Paulo durante o período de julho de 2003 a junho 2004 de acordo com o Sistema de informações ambulatoriais/Sistema único de saúde (SIA/SUS).

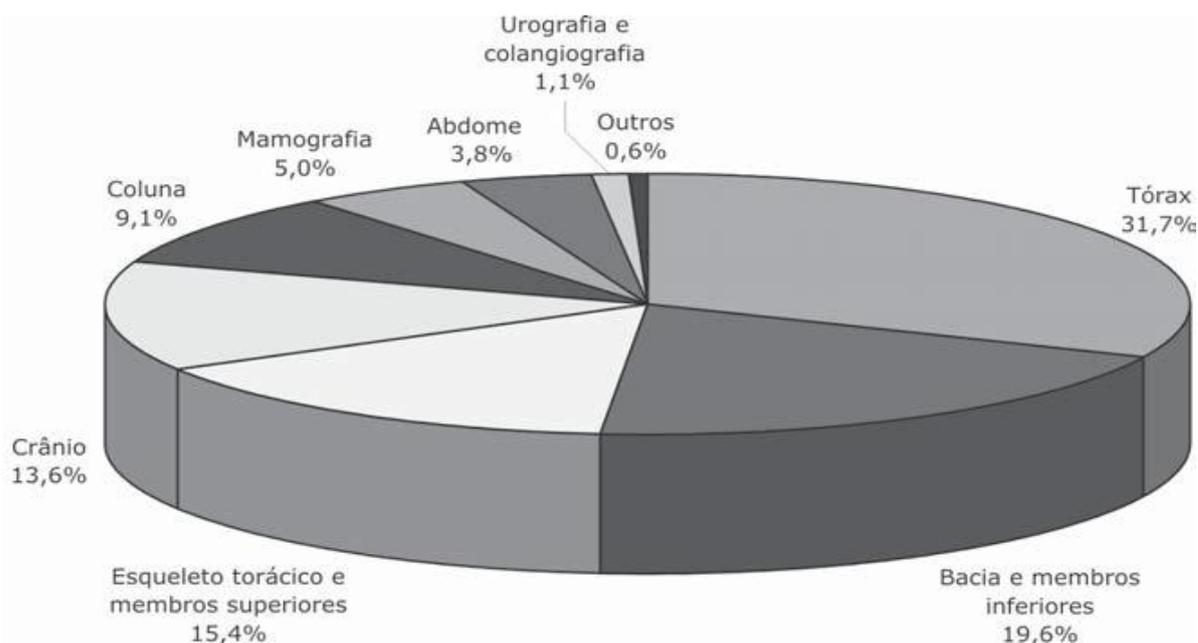


Figura 32 - Porcentagem dos exames radiológicos (SAI/SUS), segundo o tipo, realizados em estabelecimentos de saúde do Estado de São Paulo, referente ao período de julho de 2003 a junho de 2004.

Fonte: Freitas; Yoshimura, 2005.

Tendo em vista que os exames radiológicos de tórax nas projeções pósterio-anterior e lateral são de extrema importância para o diagnóstico de doenças pulmonares, além de apresentarem custos relativamente baixos comparado com outros métodos de radiodiagnóstico e por ser o exame mais realizado, é necessário à utilização de técnicas que diminuam a dose de radiação no paciente sem prejudicar a qualidade da imagem radiográfica. Desta forma, a medida da dose de entrada na pele (DEP) dos pacientes submetidos a exames radiológicos constitui uma importante ferramenta para a avaliação da otimização dos procedimentos (NEVES, 2007).

A DEP representa a dose de radiação na superfície da pele do paciente, somada com a radiação espalhada, sendo que, o método mais usual de avaliá-la é através do uso de dosímetros termoluminescentes (TLD). Todavia, sua avaliação também pode ser realizada através do uso de programas computacionais, tendo em vista que, com o uso dos TLD, perde-se muito tempo, não sendo aconselhado quando o estudo envolve um grande número de pacientes. (AZEVEDO et al., 2005)

De acordo com a Portaria 453/98 da Secretaria da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde anexo A, os níveis de referência de radiodiagnóstico, em termos de dose de entrada na pele, para exames de tórax, utilizando receptores de imagem de sensibilidade média, para

paciente adulto típico, indivíduo com “característica biométrica típica de adulto, com peso entre 60 e 75 kg e altura entre 1,60 e 1,75 m”, deve ser na ordem de até 0,40 mGy na projeção pósterio-anterior e até 1,5 mGy na projeção lateral. (BRASIL, 1998).

Segundo Kotsubo, Marchiori e Azevedo (2003) a técnica radiográfica de tórax tem sido constantemente estudada e vários estudos na literatura confirmam que existe uma grande redução da DEP quando se utilizam técnicas de alta quilovoltagem (de 120 a 150 kV - Colégio Americano de Radiologia; de 100 a 150 kV - Comissão das Comunidades Europeias) associada a um curto tempo de exposição (mAs), quando comparadas com técnicas de baixa quilovoltagem (de 60 a 80 kV). (BONTRAGER, 2003; AZEVEDO et al., 2005; OSIBOTE et al., 2007).

Kotsubo, Marchiori e Azevedo (2003) desenvolveram um trabalho na Clínica Radiológica Ecoimagem em São Bernardo, SP, comparando técnicas radiográficas de alta quilovoltagem (120 kV e 2,3 mAs) com as de baixa quilovoltagem (70 kV e 5 a 10 mAs) em exames radiográficos de tórax, e concluíram que houve uma redução de 326% da DEP com a utilização de técnicas de alta quilovoltagem, tendo em vista que, com o aumento do kV pôde reduzir-se o mAs e conseqüentemente houve uma redução na DEP, resultado semelhante a que Pina (1996) e Azevedo et al. (2007) chegaram em seu trabalhos.

Com relação à qualidade da imagem radiográfica de tórax, vários estudos utilizaram os critérios de imagem segundo a Comissão das Comunidades Européia, que define esses critérios como a presença ou não de certas estruturas e o seu grau de visualização. As Tabelas 1 e 2 demonstram os critérios de imagem para exames de tórax. (KOTSUBO; MARCHIORI; AZEVEDO, 2003; AZEVEDO et al., 2005; OSIBOTE et al., 2007).

Tabela 1 - Critérios de imagem segundo a Comissão das Comunidades Européia para exames de tórax na incidência pósterio-anterior (PA).

Tórax incidência pósterio-anterior (PA)	
1	Executada em inspiração profunda (dez arcos posteriores) e apnéia
2	Reprodução simétrica do tórax sem rotação ou basculação
3	Borda medial das escápulas fora dos campos pulmonares
4	Reprodução de todo o gradil costal acima do diafragma
5	Reprodução nítida da vascularização pulmonar (principalmente na periferia)
6	Reprodução nítida da traquéia e parte proximal dos brônquios
7	Reprodução nítida do diafragma e ângulos costofrênicos
8	Reprodução nítida do coração e aorta
9	Visualização da parte retrocardíaca dos pulmões e mediastino
10	Visualização da coluna através da sombra cardíaca

Fonte: Osibute et al., 2007.

Tabela 2 - Critérios de imagem segundo a Comissão das Comunidades Européia para exames de tórax na incidência latero-lateral ou perfil.

Tórax incidência latero-lateral ou perfil	
1	Executada em inspiração profunda e apnéia
2	Os braços devem estar elevados liberando o tórax
3	Superposição das bordas posteriores dos pulmões
4	Reprodução da traquéia
5	Reprodução dos ângulos costofrênicos
6	Reprodução nítida da borda posterior do coração, aorta e mediastino
7	Reprodução nítida do diafragma, esterno e coluna torácica

Fonte: Osibute et al., 2007.

Além de resultar na redução da dose de radiação no paciente, a utilização de técnicas de alta quilovoltagem em exames de tórax melhora a qualidade da imagem radiográfica, considerando os critérios utilizados pela Comunidade Europeia, visto que feixes mais penetrantes diminuem o contraste entre osso e tecidos moles, fazendo com que os ossos sejam menos visíveis e as estruturas pulmonares, retrocardíacas e mediastinais, mais evidentes, conforme ilustrado nas figuras 33 e 34. (OSIBOTE et al, 2007; JUHL; KUHLMAN, 2008).

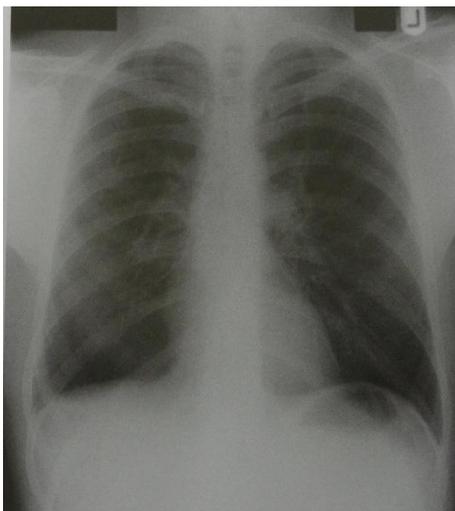


Figura 33 – Radiografia de tórax com técnica de 117 kv e 2 mAs, melhor visualização de estruturas pulmonares e mediastinais.

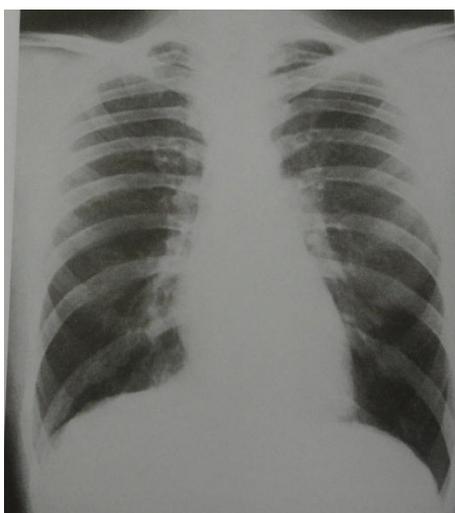


Figura 34 – Radiografia de tórax com técnica de 78 kV e 12 mAs, sem delimitação das estruturas pulmonares e mediastinais.

Com relação a carga transmitida ao tubo de raios X, também houve uma redução, devido à diminuição do mAs, possibilitando assim um menor desgaste do tubo de raios X.( KOTSUBO; MARCHIORI; AZEVEDO, 2003).

Porém, há divergências de opinião quanto ao uso de técnica de alta quilovoltagem, não sendo normalmente utilizada nos serviços de radiodiagnóstico, seja por causa de aparelhos de raios X antigo, que possuem uma capacidade menor de quilovoltagem, por técnicos/tecnólogos não atualizados ou desinteressados, por falta de interesse da parte médico ou por

falta de um controle de qualidade rigoroso e rotineiro. (KOTSUBO; MARCHIORI; AZEVEDO, 2003).

## **5 CONCLUSÃO**

Com a utilização de técnicas radiográficas de alta quilovontagem em radiografias de tórax, foi possível reduzir significativamente a dose de radiação no paciente, associado a uma melhora na qualidade da imagem, além de diminuir os custos no serviço de radiodiagnóstico.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A.C.P. et al. Estudo comparativo das técnicas radiográficas e doses entre o Brasil e a Austrália. **Radiologia Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 5, p.343-346, set. 2005. Bimestral. Disponível em: <[http://www.rb.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=1446](http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1446)>. Acesso em: 06 abr. 2011.

AZEVEDO, A.C.P.. “**Radioproteção em Serviços de Saúde**”. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: <<http://www.biossegurancahospitalar.com.br/files/raiox.doc>>. Acesso em: 18 set. 2011.

BONTRAGER, K.L. **Tratado de Técnica Radiológica e Base Anatômica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2003. 814 p.

BRASIL. Ministério da Ciência e tecnologia. **Diretrizes básicas de proteção Radiológica**. Norma CNEN NN 3.01. Diário Oficial da União, Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/mostra-norma.asp?op=301>>. Acesso em: 05 set. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária. **Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico**. Portaria 453/98. Diário Oficial da União, Brasília, 1998.

COSTA, E.T.. **Equipamentos de raios x**. Campinas: Anais, 1997.

DAMAS, K.F.. **Tratado prático de radiologia**. 3. ed. São Caetano do Sul: Yendis, 2008. 618 p.

DIMENSTEIN, R.; NETTO, T.G. **Bases físicas e tecnológicas aplicadas aos raios x**. 2. ed. São Paulo: Senac, 2005. 97 p.

FELENON, S.. A história da radiologia no Brasil. **Revista Medatual**, São Paulo, n. , p.117-118, 27 abr. 2005. Disponível em: <<http://www.imaginologia.com.br/>>. Acesso em: 23 jun. 2011.

FERREIRA, A.B.H.. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 4. ed. Curitiba: Positivo, 2009. 2120 p.

FREITAS, M.B.; YOSHIMURA, E.M. Levantamento da distribuição de equipamentos de diagnóstico por imagem e frequência de exames radiológicos no Estado de São Paulo. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 05, p.347-354, nov. 2005. Bimestral. Disponível em: <[http://www.rb.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=1447](http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1447)>. Acesso em: 20 out. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. **Noções Básicas de Proteção Radiológica**. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.engeworks.com.br/arquivos/PROTE%C3%87%C3%83O%20RADIOL%C3%93GICA.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2011.

JUHL, J.H.; KUHLMAN, J.E.. Métodos de exame, técnicas e anatomia do tórax. In: JUHL, J. H.; CRUMMY, A.B.; KUHLMAN, J.E.. **Interpretação radiológica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. Cap. 22, p. 663-691.

KOTSUBO, M.T.K.; MARCHIORI, E. ; AZEVEDO, A.C.P. Estudo dosimétrico de radiografias de tórax com o emprego de técnicas de alta quilovoltagem. **Radiologia Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 3, p.163-167, jun. 2003. Bimestral. Disponível em: <[http://www.rb.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=1667](http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1667)>. Acesso em: 05 abr. 2011.

MAGALHÃES, L.A.G.; AZEVEDO, A.C.P.; CARVALHO, A.C.P.. A importância do controle de qualidade de processadoras automáticas. **Radiologia Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 6, p.357-363, nov. 2002. Bimestral. Disponível em: <[http://www.rb.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=1842](http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1842)>. Acesso em: 20 ago. 2011.

MARTINS, R.A.. A descoberta dos raios X: O primeiro comunicado de Rontgen. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Campinas, v. 20, n. 4, p.373-390, dez. 1998. Bimestral. Disponível em: <<http://www.imaginologia.com.br/dow/upload%20historia/A-Descoberta-dos-Raios-X-O-primeiro-comunicado-de-Rontgen.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2011.

NETTER, F.H.. **Atlas de anatomia humana**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 593 p.

NEVES, F.G.P.. **Importância do uso do espessometro no setor de radiologia e diagnóstico por imagem**. 2007. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Tecnologia em Radiologia, Departamento de Núcleo de Tecnologia Clínica, Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <[http://www.walmorgodoi.com/artigos/Artigo1\\_Espessometro.pdf](http://www.walmorgodoi.com/artigos/Artigo1_Espessometro.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2011.

OLIVEIRA, A. R.. **Raios x: do descobrimento a sua aplicação no radiodiagnóstico**. 2003. 12 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Curso de Docência Na Educação Superior, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2003. Disponível em: <[http://www.uftm.edu.br/upload/ensino/raio\\_x.pdf](http://www.uftm.edu.br/upload/ensino/raio_x.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2011.

OSIBOTE, A. O. et al.. Exposição de pacientes e qualidade da imagem em radiografias de tórax: uma avaliação crítica. **Radiologia Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 2, p.119-122, mar. 2007. Bimestral. Disponível em: <[http://www.rb.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=1134](http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1134)>. Acesso em: 05 abr. 2011.

PINA, D.R.. **Construção de um fantoma homogêneo para padronização de imagens radiográficas**. 1996. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências/Física Aplicada À Medicina e Biologia, Departamento de Física e Matemática, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1996.

PONTES, A. A.; SILVA, L. A.; COUTINHO, N.P.S.. **Radiologia: Aspecto Econômico em Instituição Pública e Privada**. Maranhão: Anais, 2010. Disponível em: <<http://www.cbeclin.com.br/arquivos/TL18.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

SAVAREGO, S.; DAMAS, K.F.. **Bases da radiologia convencional**. 2. ed. São Caetano do Sul: Yendis, 2007. 302 p.

SCAFF, L.A.M.. **Radiologia**: bases físicas para técnicos. São Paulo: Projeto Saber, 2004. 284 p.

SOARES, F.A.P.; PEREIRA, A.G.; FLÔR, R.C.. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. **Radiologia Brasileira**, Florianópolis, v. 44, n. 02, p.97-103, mar. 2011. Bimestral. Disponível em: <[http://www.rb.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=2173](http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2173)>. Acesso em: 03 out. 2011.

SOUZA, A.B.B. et al. Avaliação do kerma no ar na superfície de entrada e da qualidade da imagem em radiografias de tórax. **Radiologia Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 5, p.315-319, jul. 2009. Bimestral. Disponível em: <[http://www.rb.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=1016](http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1016)>. Acesso em: 10 out. 2011.

SOUZA, E.; SOARES, J.P.M.. Correlações técnicas e ocupacionais da radiologia intervencionista. **Jornal Vascular Brasileiro**, Niteroi, v. 7, n. 4, p.341-350, dez. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-54492008000400009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-54492008000400009)>. Acesso em: 23 ago. 2011.

SQUIRE, L.F.; NOVELLINE, R.A.. **Fundamentos da radiologia**. 4. ed. Porto Alegre: Artes Médicas do Sul, 1992. 351 p.

WHITLEY, A.S. et al. **Clark**: posicionamento radiográfico. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 513 p.

Botucatu, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011.

---

Nome Completo do aluno (a)

De Acordo:

---

Prof. (a) Dr. Ms. Esp. Nome Completo do Docente  
Orientador (a)

---

Prof. (a) Dr. Ms. Esp. Nome Completo do Docente  
Coordenador (a) do Curso de \_\_\_\_\_