

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE  
ANÁLISE DO PROGRAMA DE GARANTIA DA QUALIDADE EM SERVIÇOS DE  
RADIODIAGNÓSTICO

Rafael Carvalho Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM  
ENGENHARIA NUCLEAR.

Aprovada por:

---

Prof. Delson Braz, D.Sc.

---

Profª. Regina Cély Barroso, D.Sc.

---

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

---

Prof. Carlos Eduardo Veloso de Almeida, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2008

SILVA, RAFAEL CARVALHO

Desenvolvimento e Implementação de uma Metodologia de Análise do Programa de Garantia da Qualidade em Serviços de Radiodiagnóstico [Rio de Janeiro] 2008

xix, 179p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Nuclear, 2008).

Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

1. Gerenciamento em radiodiagnóstico

2. Modelo de banco de dados.

I. COPPE/UFRJ    II. Título (série)

A Deus pela força e proteção a toda a minha família  
e a coragem de vencer os obstáculos impostos pela vida.

A minha esposa Mônica Antonia Pinheiro  
Silva e aos meus filhos Rafael Pinheiro  
Silva e Thays Pinheiro Silva, minhas razões  
de vida, pelo amor, incentivo , paciência e  
pela constante presença nos meus  
momentos mais difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Professor Delson Braz, pela oportunidade, ajuda, compreensão, paciência, incentivo e amizade.

A Professora Regina Cely Barrosa pela amizade, apoio, paciência, prontidão em ajudar, incentivo e por permitir-me compartilhar de seus conhecimentos e excepcional capacidade de trabalho.

Ao Laboratório de Ciências Radiológicas/IBRAG/UERJ, em especial ao Prof. Carlos Eduardo Veloso de Almeida, pela colaboração e seção dos equipamentos necessários ao desenvolvimento deste projeto.

Ao serviço de radiologia do HCJ, em especial ao Dr. José Carlos, que permitiu a implementação deste trabalho, e a todos os seus funcionários que me ofereceram total apoio e credibilidade.

Ao professor Lucas Padilha Filho, por me mostrar um novo caminho profissional e pela lição de nunca desistir perante os obstáculos da vida e incentivar os amigos a crescer em sua carreira profissional.

Aos amigos, Mario Balthar, Aneuri Amorim, Giovane Teixeira, Henrique Iack e Luciane dos S Klen e Marcio gomes, pela ajuda prestada em momentos importantes no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os colegas, funcionários e professores do PEN/COPPE/UFRJ, em particular ao pessoal do LIN, em especial ao amigo Ubiratan, Achilles e Carlos Castro, pela amizade e pelos momentos de alegria e dificuldades compartilhados.

Aos meus Pais, José Cavalcante Silva e Ciléa C. C Silva, pela educação e lição de humildade, companheirismo e amor ao próximo, que tem sido a luz de minha vida e permitido o meu crescimento moral.

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

## DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE DO PROGRAMA DE GARANTIA DA QUALIDADE EM SERVIÇOS DE RADIODIAGNÓSTICO

Rafael Carvalho Silva

Março/2008

Orientador: Delson Braz

Programa: Engenharia Nuclear

Os serviços de radiodiagnósticos, utilizando a técnica de radiologia convencional, são os de maior amplitude no aspecto de diagnóstico por imagem, gerando o indicativo de maior incidência de dose populacional na área da saúde. A implementação da Portaria 453/98 - Ministério da Saúde “Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico”, definiu as atribuições e classificações dos responsáveis, o controle de dose efetiva ocupacional, o desenvolvimento e implementação do projeto de garantia da qualidade, o desenvolvimento do memorial descritivo e a apresentação dos cálculos de blindagem das salas de exames. Este aspecto levou a desenvolver neste trabalho, juntamente com o Laboratório de Instrumentação Nuclear, COPPE/UFRJ, um programa que permita as instituições de gerenciar os controles de doses efetivas ocupacionais dos profissionais e desenvolver os documentos necessários ao seu enquadramento nos aspectos definidos como “conformidade” pela portaria 453/98-MS., contribuindo de forma efetiva para o controle de dose populacional e mantendo os dados constantemente atualizados.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A METHODOLOGY OF  
ANALYSIS PROGRAM GUARANTEE OF QUALITY IN SERVICES  
RADIODIAGNÓSTICO

Rafael Carvalho Silva

March /2008

Advisor: Delson Braz

Department: Nuclear Engineering

Services of radio diagnosis, using the technique of conventional radiology, are of greater magnitude in the appearance of diagnosis for image, generating indicative of the greater incidence of population dose in the health area. The implementation of the Portaria 453/98- Ministério da Saúde “Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico”, define the attribution and classifications of responsibility, the control of occupational dose effective, the development and implementation of the project quality assurance, the development of the memorial and descriptive presentation of the calculations of armoring of the rooms This led to develop this work, together with the Laboratory of Nuclear Instrumentation, COPPE / UFRJ, a program that allows the institutions to manager the controls of effective occupational doses of professionals and develop the necessary documents to their environment the aspects defined as "conformity" with the Portaria 453/98-MS, contributing effectively for the control of population dose and keeping data constantly updated.

# ÍNDICE

Capítulo I - Introdução.....	1
I.1- Apresentação.....	1
I.2 – Controle de qualidade em radiodiagnóstico.....	4
I.3 – Constituição de um equipamento de raios X convencional.....	9
I.5 – Geração dos raios X.....	12
I.6 – Interação dos raios X com a matéria.....	14
I.7 – Formação da imagem radiográfica.....	16
I.8 – Sistema de processamento radiográfico.....	20
I.9 – Grandezas dosimétricas utilizadas em raios X diagnósticos .....	22
I.10 – Efeitos biológicos da radiação.....	29
I.11 – Proteção radiológica em estabelecimentos de radiodiagnóstico.....	30
I.12 – Objetivo.....	31
I.13- Motivação.....	32
Capítulo II – Revisão Bibliográfica.....	34
Capítulo III - Material e Métodos.....	40
III.1 – Estruturação do programa de análise de dados.....	40
III.2 – Definição dos documentos gerados.....	42
III.2.1 - Documento de cadastro da instituição e seus profissionais ocupacionalmente expostos.....	42
III.2.2 - Documento dos requisitos de referência para renovação dos laudos de licenciamento à vigilância sanitária.....	42
III.2.3 - Cálculo de Revalidação da blindagem das salas de exame de radiologia geral .....	42
III.2.4 - Projeto de implementação do Programa de Garantia da Qualidade em radiologia geral.....	43
III.2.5 – Memorial Descritivo .....	43
III.3 – Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Cadastro da Instituição e Registro funcional .....	43
III.3.1.2 – Responsável Técnico (RT).....	44
III.3.1.3 – Supervisor de Proteção Radiológica ( SPR ).....	44
III.3.1.4 – Técnico de raios X diagnóstico.....	45

<u>III.4 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central -</u>	
<u>Controle dos Profissionais Ocupacionalmente Expostos.....</u>	<u>45</u>
<u>III.4.1 – Cadastro da Instituição.....</u>	<u>46</u>
<u>III.4.2 – Controle Funcional.....</u>	<u>46</u>
<u>III.4.3 – Controle de monitoração individual.....</u>	<u>48</u>
<u>III.4.4 – Controle de treinamento periódico em radioproteção e procedimentos</u>	
<u>técnicos na aquisição de diagnóstico por imagem.....</u>	<u>51</u>
<u>III.5 – Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central -</u>	
<u>Avaliação de Desempenho do Sistema de Processamento de Filmes Radiográficos..</u>	<u>52</u>
<u>III.5.1 – Cadastro da câmara escura.....</u>	<u>52</u>
<u>III.5.2 – Parâmetros de análise da avaliação de desempenho da processadora</u>	
<u>automática de filmes radiográficos.....</u>	<u>54</u>
<u>III.5.3 – Parâmetros de análise das condições de uso do conjunto chassis/écran.....</u>	<u>56</u>
<u>III.5.4 – Parâmetros de análise das condições de luminescência do negatoscópio.....</u>	<u>57</u>
<u>III.5.5 – Parâmetros de testes para classificação das condições operacionais do</u>	
<u>sistema de processamento radiográfico.....</u>	<u>59</u>
<u>III.5.6 – Testes sensitométricos de avaliação da manutenção das condições</u>	
<u>operacionais do sistema de processamento radiográfico.....</u>	<u>61</u>
<u>III.5.7 – Teste de avaliação do PH dos compostos químicos do sistema de</u>	
<u>processamento radiográfico.....</u>	<u>62</u>
<u>III.6 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central (Análise</u>	
<u>de Rejeitos Radiográficos).....</u>	<u>63</u>
<u>III.6.1 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de exame rejeitado</u>	
<u>(Registro da Análise):.....</u>	<u>64</u>
<u>.....</u>	<u>65</u>
<u>III.6.2 - Análise de dados da Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de</u>	
<u>exame rejeitado:.....</u>	<u>65</u>
<u>III.6.3 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional</u>	
<u>relacionado a realização do exame (Registro da Análise):.....</u>	<u>67</u>
<u>III.6.4 - Análise de dados da Avaliação de desempenho dos profissionais por erro</u>	
<u>operacional relacionado a realização do exame:.....</u>	<u>68</u>
<u>III.6.5 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional</u>	
<u>relacionado à câmara escura (Registro das análises):.....</u>	<u>69</u>



<u>III.6.6 – Análise de dados da Avaliação de desempenho dos profissionais por erro operacional na câmara escura.....</u>	<u>69</u>
<u>III.6.7 – Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado ao comando e controle do paciente – Registro de Análise.....</u>	<u>70</u>
<u>III.6.8 – Análise de dados da Avaliação de desempenho dos profissionais por erro operacional relacionado ao comando e controle do paciente.....</u>	<u>70</u>
<u>III.7 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Cadastro dos Instrumentos de Teste Utilizados.....</u>	<u>71</u>
<u>III.8 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Cadastro do equipamento de raios X.....</u>	<u>71</u>
<u>III.9 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central – Controle de avaliação visual das condições operacionais do equipamento. ....</u>	<u>72</u>
<u>III.10 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Análise dos parâmetros físicos recomendados pela portaria 453/98MS.....</u>	<u>73</u>
<u>III.10.1 – Avaliação de desempenho do sistema de colimação e alinhamento do eixo central do feixe de raios X.....</u>	<u>74</u>
<u>III.10.2- Avaliação das dimensões do ponto focal.....</u>	<u>75</u>
<u>III.10.3 – Avaliação de desempenho da Linearidade e Reprodutibilidade da Tensão do Tubo.....</u>	<u>77</u>
<u>III.10.4 - Avaliação de desempenho da Linearidade e Reprodutibilidade da tensão do tubo em função da variação da corrente aplicada ao catodo.....</u>	<u>79</u>
<u>III.10.5 – Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade do tempo de exposição.....</u>	<u>81</u>
<u>III.10.6 - Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da camada semi-redutora.....</u>	<u>82</u>
<u>III.10.7 – Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da taxa de Kerma no Ar.....</u>	<u>84</u>
<u>III.10.8 – Avaliação de desempenho do rendimento do tubo de raios x.....</u>	<u>86</u>
<u>III.10.9 - Avaliação da dose na entrada da pele (DEP).....</u>	<u>88</u>
<u>III.10.10 - Avaliação da câmara automática de exposição (CAE).....</u>	<u>92</u>
<u>III.10.11 – Avaliação da blindagem e fuga do cabeçote.....</u>	<u>93</u>
<u>III.10.12 – Avaliação do levantamento radiométrico da sala de exame.....</u>	<u>94</u>
<u>III.10.13 – Avaliação do alinhamento da grade.....</u>	<u>98</u>

<u>III.11 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central –</u>	
<u>Cálculo de revalidação da blindagem aplicada a sala de exame.....</u>	<u>99</u>
<u>III.11.1 - Cálculo da barreira para feixe primário.....</u>	<u>100</u>
<u>III.11.2 – Cálculo de barreira para feixe secundário.....</u>	<u>100</u>
<u>III.11.3 - Apresentação das tabelas de Archer-2004.....</u>	<u>101</u>
<u>Capítulo IV Apresentação dos Resultados.....</u>	<u>106</u>
<u>IV.1 – Preenchimento do “Documento de cadastro da instituição e seus Profissionais ocupacionalmente expostos”.....</u>	<u>107</u>
<u>IV.2 – Preenchimento do “Banco de Dados Central”.....</u>	<u>107</u>
<u>IV.2.1 – Controle dos Profissionais Ocupacionalmente Expostos ( III.4.2).....</u>	<u>107</u>
<u>IV.2.2 – Controle de Monitoração Individual dos Profissionais Ocupacionalmente Expostos.....</u>	<u>108</u>
<u>IV.2.3 – Controle de treinamento periódico dos profissionais ocupacionalmente expostos.....</u>	<u>110</u>
<u>IV.2.4 – Avaliação de Desempenho do Sistema de Processamento Radiográfico....</u>	<u>111</u>
<u>IV.2.5 - Parâmetros de análise das condições de uso do conjunto chassis/écran.....</u>	<u>113</u>
<u>IV.2.6- Parâmetros de análise das condições de luminescência do negatoscópio.....</u>	<u>115</u>
<u>IV.2.7 - Parâmetros de testes para classificação das condições operacionais do sistema de processamento radiográfico.....</u>	<u>117</u>
<u>IV.2.8 - Testes sensitométricos de avaliação da manutenção das condições operacionais do sistema de processamento radiográfico.....</u>	<u>118</u>
<u>IV.2.9 - Teste de avaliação do PH dos compostos químicos do sistema de processamento radiográfico.....</u>	<u>119</u>
<u>IV.2.11 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de exame rejeitado.</u>	<u>121</u>
<u>IV.2.12 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado a realização do exame.....</u>	<u>123</u>
<u>IV.2.13 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado a câmara escura.....</u>	<u>125</u>
<u>IV.2.14 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado ao comando e controle do paciente.....</u>	<u>127</u>
<u>IV.2.15 – Análise do Desempenho do Profissional .....</u>	<u>129</u>
<u>IV.2.16 - Cadastro dos Instrumentos de Teste Utilizados.....</u>	<u>131</u>
<u>IV.2.17 - Controle de avaliação visual das condições operacionais do equipamento .....</u>	<u>132</u>

<u>IV.2.18 - Avaliação de desempenho do sistema de colimação e alinhamento do eixo central do feixe de raios X.....</u>	<u>133</u>
<u>IV.2.19 - Avaliação das dimensões do ponto focal.....</u>	<u>134</u>
<u>IV.2.20 - Avaliação de desempenho da Linearidade e Reprodutibilidade da Tensão do Tubo.....</u>	<u>135</u>
<u>IV.2.21 - Avaliação de desempenho da Linearidade e Reprodutibilidade da tensão do tubo em função da variação da corrente aplicada ao catodo.....</u>	<u>136</u>
<u>IV.2.22 - Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade do tempo de exposição.....</u>	<u>137</u>
<u>IV.2.23 - Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da camada semi-redutora.....</u>	<u>138</u>
<u>IV.2.25 - Avaliação de desempenho do rendimento do tubo de raios x.....</u>	<u>139</u>
<u>IV.2.26 - Avaliação da dose na entrada da pele (DEP).....</u>	<u>140</u>
<u>IV.2.27 - Avaliação da câmara automática de exposição (CAE).....</u>	<u>142</u>
<u>IV.2.28 - Avaliação da blindagem e radiação de fuga do cabeçote.....</u>	<u>142</u>
<u>IV.2.29 - Avaliação do levantamento radiométrico da sala de exame.....</u>	<u>143</u>
<u>IV.2.30 - Avaliação do alinhamento da grade.....</u>	<u>145</u>
<u>IV.2.31 - Cálculo de revalidação da blindagem aplicada a sala de exame.....</u>	<u>146</u>
<u>Capítulo V - Conclusões e Sugestões .....</u>	<u>148</u>
<u>V.1 – Conclusões.....</u>	<u>148</u>
<u>V.1.1 – Do memorial descritivo.....</u>	<u>148</u>
<u>V.1.2 – Do Projeto de Implementação do Controle de Qualidade.....</u>	<u>149</u>
<u>V.1.3 – Documento de análise de licenciamento.....</u>	<u>149</u>
<u>V.1.4 – Cálculo de blindagem .....</u>	<u>150</u>
<u>V.2 Sugestões.....</u>	<u>151</u>
<u>Referências Bibliográficas.....</u>	<u>152</u>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

## **ÍNDICE DE TABELAS**

## Capítulo I - Introdução

### I.1- Apresentação

Desde sua descoberta por Wilhelm C. Roentgen, em 1895, até os dias de hoje, os raios X vem sendo utilizados em inúmeras áreas de pesquisas e desenvolvimento, principalmente as que envolvem a medicina (KAPLAN, 1978).

Logo após sua descoberta, os raios X já eram utilizados por médicos na elaboração de diagnósticos. As primeiras radiografias de uso clínico foram realizadas em 1896, pelo Dr Edwards em Birmingham, na Inglaterra. (ARQUINOPOLO, 1987).

Com os crescentes avanços nas pesquisas, relativas às propriedades físicas dos raios X, realizados no período de transição entre os séculos XIX e XX, verificou-se que o mesmo se tratava de uma radiação ionizante, e que com isso poderia, de acordo com suas condições de uso, provocar efeitos biológicos nocivos aos tecidos formadores do ser humano. A partir desta constatação, foi criada em 1915 a “Roentgen British Society”, com o objetivo de elaborar propostas relativas a proteção radiológica. A preocupação com o uso dos raios X e a evidente necessidade da proteção radiológica, se difundiu por todo o mundo, principalmente Europa e Estados Unidos, sendo criado em 1928, durante o 2º Congresso Internacional de Radiologia o “International Commission on Radiological Protection” (ICRP), que se constituiu como uma organização internacional, não governamental, que elabora recomendações visando a proteção radiológica do homem e do meio ambiente, considerando todas as relações possíveis de exposições às radiações ionizantes, servindo como referência para vários países e organismos internacionais, nas elaborações de suas normas de proteção radiológicas.

A filosofia da proteção radiológica foi crescendo ao longo dos anos, juntamente com os avanços tecnológicos, envolvendo as pesquisas científicas, correlacionando as doses de radiação e os efeitos biológicos por ela causados no ser humano. Em 1977, a ICRP de número 26 (ICRP-26-1977), publicou as recomendações envolvendo os princípios da utilização das radiações ionizantes.

a) Princípio da Justificação – “nenhuma prática ou fonte adscrita a uma prática deve ser autorizada a menos que produza suficiente benefício para o indivíduo exposto ou para a sociedade, de modo a compensar o detrimento que possa ser causado”; (BRASIL,1998).

b) Princípio da Otimização – “as instalações e as práticas devem ser planejadas, implantadas e executadas de modo que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições acidentais sejam tão baixos quanto razoavelmente exeqüíveis, levando-se em conta os fatores sociais e econômicos, além das restrições de dose aplicáveis” (BRASIL,1998).

c) Princípio da limitação de dose individual – “são valores de doses efetivas ou de dose equivalente, estabelecidos para exposição ocupacional e exposição do público decorrentes de práticas controladas, cujas magnitudes não devem ser excedidas, atualmente estabelecidas que para exposições ocupacionais, a dose efetiva média anual não deve exceder a 20mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder em nenhum ano a 50mSv e o limite dadose efetiva o indivíduo do público não deve exceder a 1mSv/ano (Brasil,1998 ).

No prosseguimento das pesquisas e evoluções das tecnologias empregadas, outras ICRP's foram publicadas, visando à adequação das práticas radiológicas, sendo as mais diretamente relacionadas às práticas de radiodiagnóstico médico, como apresentado na tabela I.1:

**Tabela I. 1 – História das publicações das ICRP**

ICRP	Descrição
ICRP 1982	<i>“Protection of the patient in diagnostic radiology”, publicação 34;</i>
ICRP 1982	<i>“Protection against ionizing radiation from external sources used in medicine”, publicação 33;</i>
ICRP 1989	<i>“Radiological Protection of Workers in Medicine and Dentistry”, publicação 57;</i>
ICRP 1991	<i>“Recommendation of the International Commission on Radiological Protection”, publicação 60;</i>
ICRP 1993	<i>“Summary of the current ICRP principles for protection of the patient in diagnostic radiology”, report of committee 3;</i>
ICRP 1997	<i>“Radiological protection and safety in Medicine”, publicação 73</i>
ICRP 2005	<i>“Patient dosimetry for X rays used in medical imaging”, publicação 74</i>

Juntamente com a ICRP, surge a ICRU (*International Commission of Radiation Units*) – a qual estabelece as grandezas e unidades utilizadas nas diferentes formas de medidas adotadas nos procedimentos envolvendo radiações ionizantes. Desta forma, estimava-se conseguir quantificar as doses distribuídas a população em geral, alcançando um grau de segurança nas práticas.

Com a publicação da norma CNEN-3.01-1988, e as recomendações estabelecidas pelas normas acima citadas, O Conselho Nacional de Saúde, com apoio e orientação da

CNEN, através das vigilâncias sanitárias, desenvolveram uma Portaria de diretrizes a serem cumpridas pelas instituições que se dispõem em utilizar equipamentos emissores de radiação na prática do desenvolvimento dos raios X diagnóstico. É publicada em 21 de dezembro de 1988 a Resolução número 06 - que define as práticas e procedimentos para licenciamento e avaliação dos requisitos de proteção radiológica. Adotadas no Estado do Rio de Janeiro, tendo se estendido da data de sua publicação até 01 de Junho de 1998, quando então é publicada pelo Ministério da Saúde, através da Secretaria de Vigilância Sanitária (ANVISA), a portaria 453/98 “Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico”, onde determina que as mesmas devem ser aplicadas a todo território Nacional, cabendo as vigilâncias sanitárias estaduais e municipais sua implementação e fiscalização nas unidades e estabelecimentos que fazem uso das radiações ionizantes para uso do radiodiagnóstico médico e odontológico.

## **I.2 – Controle de qualidade em radiodiagnóstico**

Os procedimentos médicos em radiodiagnóstico são os que oferecem maior contribuição para exposição do homem à fontes artificiais de radiação ionizantes (ICRP-34,1982). A dose efetiva anual média é composta de 2mSv devido a radiação natural, 1mSv devido a exposições médicas e menos de 0,1mSv devido à todas as outras fontes de radiação artificial (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1972).

A FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz – publicou em 2004 a distribuição das aplicações relativas às radiações ionizantes como é mostrado nas tabelas I.2 e I.3 e ilustrado nas figuras I.1 e I.2:



**Tabela I. 2 – Fração de dose na população para fontes artificiais e naturais**

Fontes	Percentual de exposição
Radiodiagnóstico	38%
Gama	15%
Médica (outras)	14%
Interna	13%
Cósmica	13%
Torônio	6%
Outros	1%

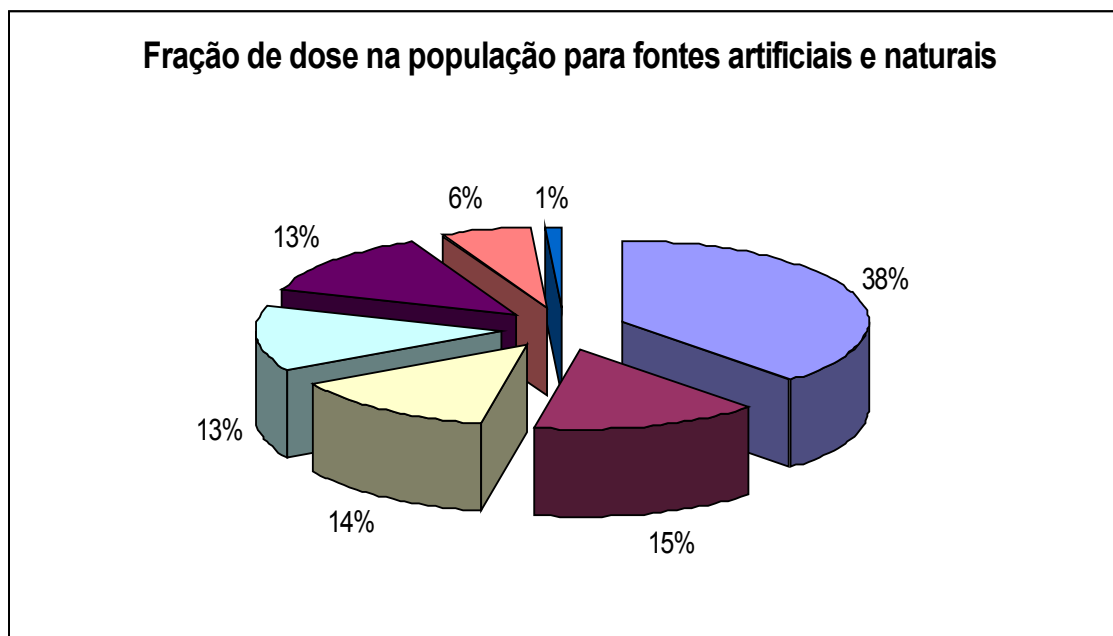
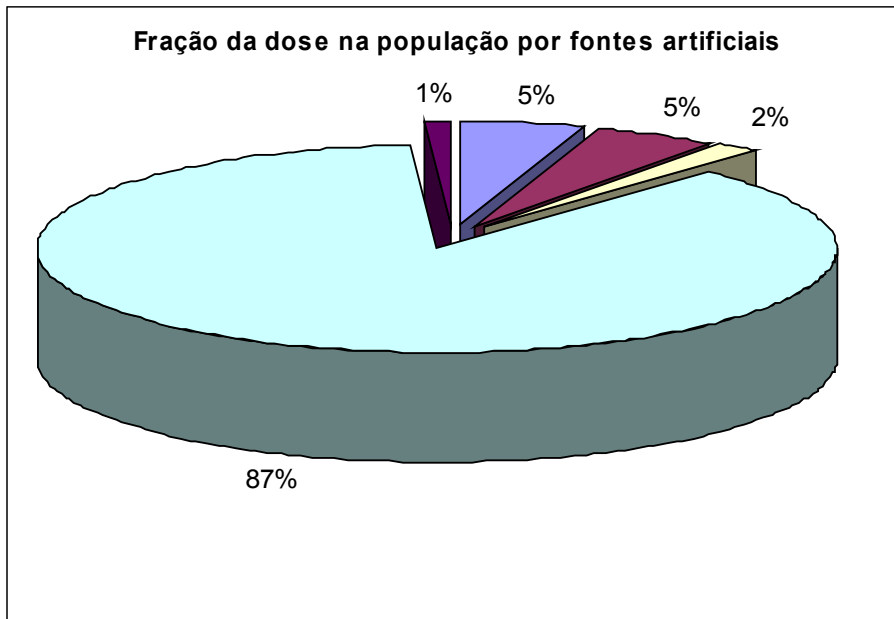


Figura I. 1–Fração de dose na população para fontes artificiais e naturais (FIOCRUZ 2004)

**Tabela I. 3** – Fração da dose na população para fontes artificiais (UNSCEAR-2000)

<b>Área de aplicação</b>	<b>Percentual de exposição</b>
Exposição ocupacional	5%
Indústria nuclear	5%
Aplicações médicas	2%
Radiodiagnóstico	87%
Outros	1%

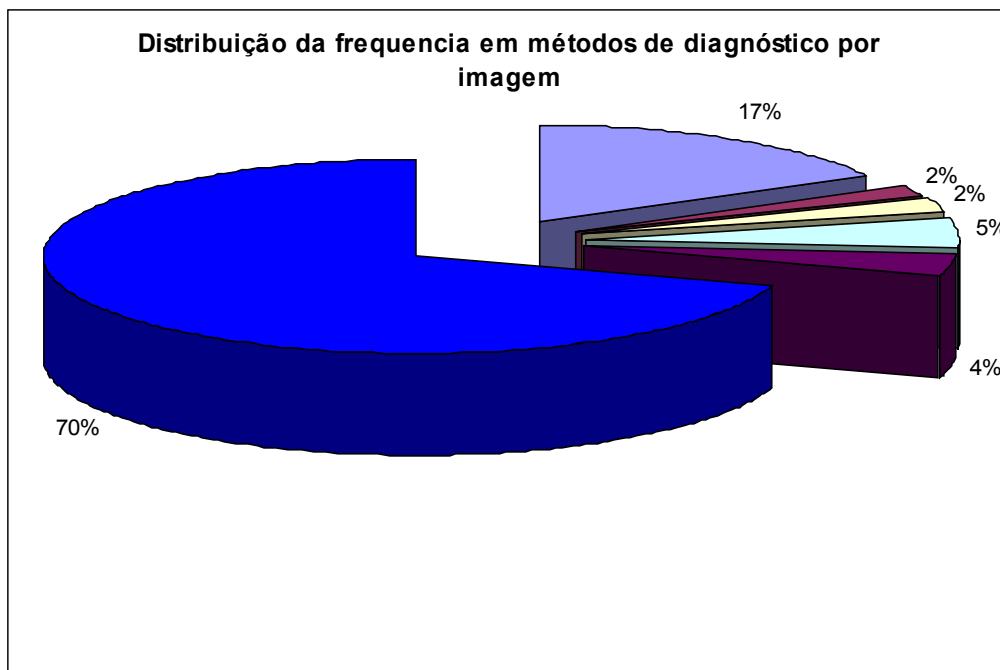


**Figura I. 2** – Fração de dose na população para fontes artificiais

Em 2003, a Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – demonstra a distribuição de contribuição de dose na população nas atividades médicas e industriais, com radiações ionizantes, tomando-se dois parâmetros de análise como mostra a tabela I.4 e a figura I.3 (BITELLI, 2003 )

**Tabela I.4 - Distribuição da frequência de métodos em diagnóstico por imagem.**

<b>Método de diagnóstico</b>	<b>Percentual de frequência de uso</b>
Ultrassonografia	17%
Ressonância magnética	2%
Medicina nuclear	2%
Tomografia computadorizada	5%
Angiografias	4%
Radiologia geral (método convencional)	70%



**Figura I. 3 – Distribuição da frequência de métodos em radiodiagnóstico por imagem**

Estes resultados deixam clara a necessidade de priorizar a aplicação de Programas de Garantia de Qualidade no Radiodiagnóstico, visando a considerável redução de dose na população. Para obtenção de uma imagem de qualidade que possibilite um diagnóstico preciso e que submeta o paciente a doses mínimas necessárias de radiação X, é necessário desenvolver um método de análise que possibilite identificar todos os pontos negativos na rotina de execução de um serviço de radiodiagnóstico, visando principalmente as condições satisfatórias dos equipamentos de raios X, técnicas operacionais, processamento de imagem, condições gerais de proteção radiológica, conforme preconiza a Portaria 453/98MS. Em 1982, a “World Health Organization” e a ICRP elaboraram um documento contendo recomendações relativas a implementação de programas de controle da qualidade em radiologia diagnóstica, promovendo desta forma a exposição dos pacientes e trabalhadores à radiação, melhorando a qualidade da imagem e minimizando os riscos operacionais.

No Brasil, os Programas de Garantia da Qualidade ( PGQ ), começaram a ser discutidos e aplicados na década de noventa (Ferreira, 2003), desenvolvendo-se requisitos mínimos de avaliação utilizados até hoje nos projetos desenvolvidos. A implementação da Portaria 453/98MS, em 01 de junho de 1998, determina que todo estabelecimento de radiodiagnóstico implemente seu PGQ, devendo manter resultados periódicos de análise disponíveis para avaliação das vigilâncias sanitárias. Esta exigência, dentre outras estabelecidas, provocou uma grande perturbação nos serviços de radiodiagnóstico, tendo em vista que os profissionais ali existentes, não possuíam a qualificação adequada a desenvolver tais programas, que a Portaria atribuí, como obrigação, ao Supervisor de Proteção Radiológica (SPR), que sendo uma figura nova nos conceitos de organização de um serviço de radiodiagnóstico, não foram implementados na maioria dos serviços existentes.

### **I.3 – Constituição de um equipamento de raios X convencional**

Os equipamentos de raios X utilizados em radiodiagnóstico convencional são constituídos de três partes principais: gerador, tubo, painel de comando ( Hoxter – 1977).

**Gerador** – É o componente responsável por gerar a alta tensão ( 30kV à 150 kV ) e corrente elétrica, após retificada, de 20mA a 1000 mA, necessárias a produção dos feixes de raios X. Podem possuir sistema de retificadores de meia onda, onda plena e alta frequência, que interferem diretamente no desempenho do equipamento.

**Tubo** – É a parte do equipamento onde, ao aplicarmos as variáveis kV e mA, ocorrerá a produção do raios X. Constituído de dois eletrodos, catodo e anodo, envolvido por uma ampola de vidro refratário, onde é produzido vácuo em seu interior. Esta ampola é colocada em um invólucro metálico, revestida internamente de chumbo, e possuindo óleo de alta capacidade de dissipação térmica, auxiliando na manutenção da temperatura do sistema.

**Catodo** - É constituído de material metálico contendo um alto ponto de fusão ( 3600°C ) e elevado número atômico com características termo iônicas, possuindo um comprimento variável entre 1 a 2cm, com cerca de 2mm de diâmetro, envolvido por capa metálica, cuja finalidade é direcionar o feixe de elétrons para o ponto focal do anodo. O elemento que atualmente é utilizado na constituição do catodo é o tungstênio (W, cujo número atômico é  $Z = 74$  ).

**Anodo** - É uma placa metálica, contendo em seu corpo uma área alvo, constituída de material com as mesmas características do catodo, denominado de “alvo”, para onde o feixe de elétrons do catodo será direcionado. Seu corpo é constituído de mistura metálica, predominando a presença do cobre, de excelente condutibilidade elétrica e térmica, permitindo uma acelerada dissipação do calor produzido no processo de geração dos raios X. Pode ser produzido com características de anodo fixo ou giratório, com seu ângulo de inclinação variando entre 2° e 20°, permitindo o direcionamento do feixe de raios X produzido para a área útil, denominada de ponto focal efetivo.

**Painel de Comando** – É a parte do equipamento onde encontramos os controles de definição dos parâmetros técnicos utilizados para obtenção das imagens radiográficas. Localizado em uma cabine de comando, devidamente blindada, onde deverá existir um visor de vidro plumbífero ou material equivalente, que permita o profissional da radiologia observar o paciente durante todo o processo de exposição a radiação X.

#### I.4 – Parâmetros que influenciam na qualidade do feixe de raios X produzidos

**Corrente elétrica** – Fator radiográfico aplicado no catodo, na ordem de grandeza de mili-Ampér ( $\text{mA} = 10^{-3} \text{ A}$ ), sendo o principal responsável pela quantidade de fótons de raios X produzidos. Atua diretamente como controlador da densidade ótica do filme radiográfico e é um fator direto da proporção da exposição da radiação aplicada, tornando-se o principal controlador da dose de radiação aplicada ao paciente.

**Tensão elétrica** – Aplicado no anodo, na ordem de grandeza de quilovolt ( $\text{kV} = 10^3 \text{ V}$ ), sendo o principal responsável pela qualidade do feixe dos fótons de raios X produzidos. Atua diretamente como o principal controlador do contraste do filme radiográfico e é um fator de proporção direta da energia do feixe necessária para atravessar a densidade da região anatômica a ser estudada. Sua aplicação varia na faixa de 20kV à 150kV, sendo diretamente responsável pelo comprimento de onda do raios X gerados, tendo como parâmetro a relação apresentada na equação I.1( SCAFF-2004):

$$\begin{aligned} f &= \frac{c}{\lambda} \\ E &= hf \\ E &= \frac{hc}{\lambda} \end{aligned} \tag{I.1}$$

onde:

$\lambda$  = comprimento de onda ( m );

$f$  = frequência (Hz);

$h$  = constante de Planck (  $6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  );

$c$  = velocidade da luz (  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  );

$E$  = energia do fóton (J).

Desta forma, pode-se relacionar a energia média dos fótons gerados com uma relação empírica. A energia necessária para atravessarmos o tecido biológico do ser humano está relacionada a duas vezes a espessura deste corpo, somado a energia mínima do equipamento utilizado, denominada de constante operacional.

Assim defini-se o comprimento de onda adequada, a cada região do corpo, a ser estudada através da energia do feixe estabelecida, utilizando-se o fator quilovoltagem, conforme apresentada na equação I.2.

$$kV = 2 \times E + K \quad (I.2)$$

onde:

E = espessura da região anatômica a ser estudada;

K = constante operacional do equipamento; definida pelo fabricante e apresentada em manual

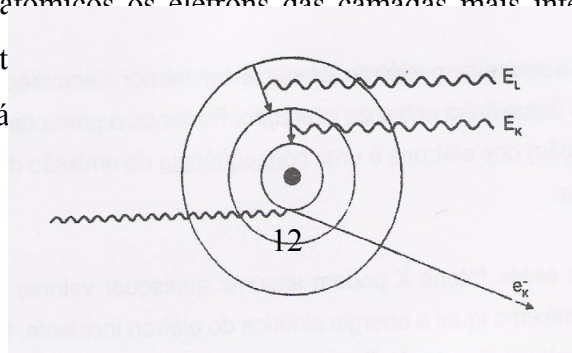
kV = tensão aplicada ao anodo (energia média do fóton).

**Filtração** – São placas constituídas de material de baixa densidade, geralmente alumínio, colocadas na saída do tubo, funcionando como filtro adicional, absorvendo os fótons de baixa energia que compõem o feixe de radiação gerados, os quais não irão contribuir para a formação da imagem radiográfica, depositando sua energia no tecido biológico e aumentando a dose no paciente ( SCAF-2004). A própria constituição do tubo produz uma filtração denominada inerente, que somadas a filtração adicional, devem possuir valor mínimo, para equipamentos de raios X convencional, equivalente a 2,5mmAl (alumínio) para uma energia média de 80kV (BRASIL 1998).

### I.5 – Geração dos raios X.

Os raios X são gerados por dois processos físicos, através da relação kV x mA, em um tempo previamente estabelecido sendo denominados de raios X característico e raios X de frenagem ( BUSHONG – 2001 ).

**Raios X característicos** : ocorrem através da interação do elétron, provenientes do catodo, que possuindo uma energia cinética, capaz de interagir com o elétron que compõem o nível K ou L da eletrosfera do átomo que constitui o anodo, sede parte de sua energia ao elétron desta camada promovendo sua retirada e deixando uma lacuna, que imediatamente será preenchida pelo elétron da camada subsequente. Como na formação dos níveis atômicos os elétrons das camadas mais internas possuem menor energias do que o elétron para a camada K, irá deslocar da camada L em forma de onda

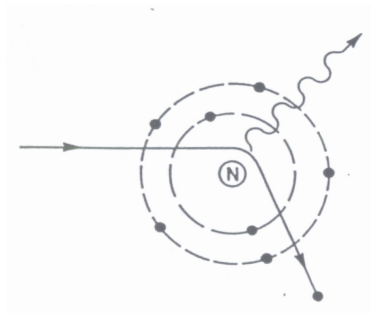




eletromagnética com comprimento de onda na faixa dos raios X. Sendo a diferença de energia entre os níveis de um átomo de material definido sempre constante, ou seja de característica mono energética, o raios-X liberado entre os níveis envolvidos será característico do elemento que constitui o alvo, não sofrendo influência da energia cinética do elétron incidente de interação proveniente do catodo. Este processo é considerado raro em comparação com o frenagem, tendo em vista a pouca probabilidade de um elétron interagir diretamente com o outro em um átomo, conforme demonstrado na figura I.4 ( BUSHONG – 2001 ).

**Figura I. 4** – Representação do raios X característico (BUSHONG-2001)

**Raios X frenamento** – ocorrem através da interação do elétron, provenientes do catodo, que possuindo uma energia cinética muito alta, atravessam o átomo sem interagir diretamente com os elétrons dos níveis K ou L, porém interagem com o campo elétrico do núcleo do átomo, sofrendo uma brusca frenagem, liberando parte de sua energia, e alterando sua trajetória, com a energia resultante da diferença da energia incidente e a energia liberada. A energia liberada neste processo será diretamente proporcional a energia do elétron incidente, proveniente do catodo, sendo então maior quanto mais elevado for o valor da kV aplicada no tubo. Este processo constitui a maior faixa dos raios X produzidos durante um procedimento de aquisição de imagem, lembrando que a kV aplicada deverá ser proporcional a espessura da região anatômica a ser estudada, conforme demonstrado na figura I.5 e aplicado na equação I.2.( BUSHONG - 2001 ).



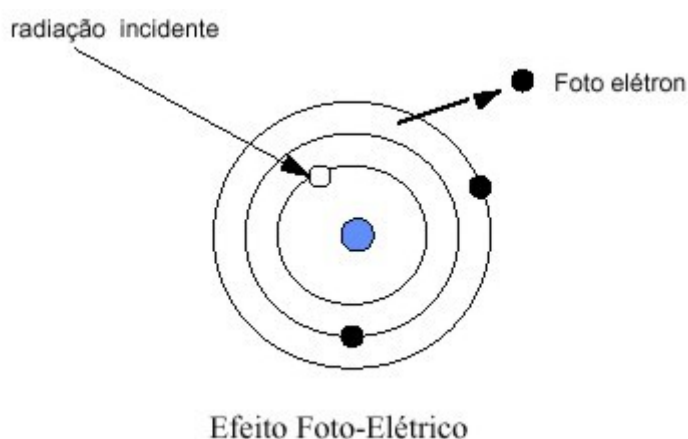
**Figura I. 5** – Representação dos raios X frenagem

### **I.6 – Interação dos raios X com a matéria**

Os raios X ao interagirem com a matéria são considerados radiações indiretamente ionizantes, pelo fato de não possuírem carga elétrica. No processo de interação, transferem total ou parcialmente sua energia a outro elétron, ou núcleo do átomo constituinte do meio. Devido a sua natureza ondulatória, os raios X podem penetrar grandes espessuras de um material sem interagir com seus átomos. Este poder de penetração depende da probabilidade ou seção de choque de interação, que por sua vez depende da energia do fóton incidente e do número atômico ( $Z$ ) do material alvo. A interação da radiação X, com comprimento de onda na faixa dos raios X diagnóstico ( entre  $0,1$  e  $0,5 \text{ \AA}$  ) ( Tauhata-1999), com a matéria se dá através de dois efeitos físicos denominados Compton e fotoelétrico. O terceiro efeito de interação conhecido é o de formação de pares, porém devido sua energia mínima ( $1,022\text{MeV}$  ) ser superior a

energia máxima do raios X diagnóstico ( 150keV ), o mesmo não ocorre no processo de interação com a matéria em radiodiagnóstico ( SCAF – 2004).

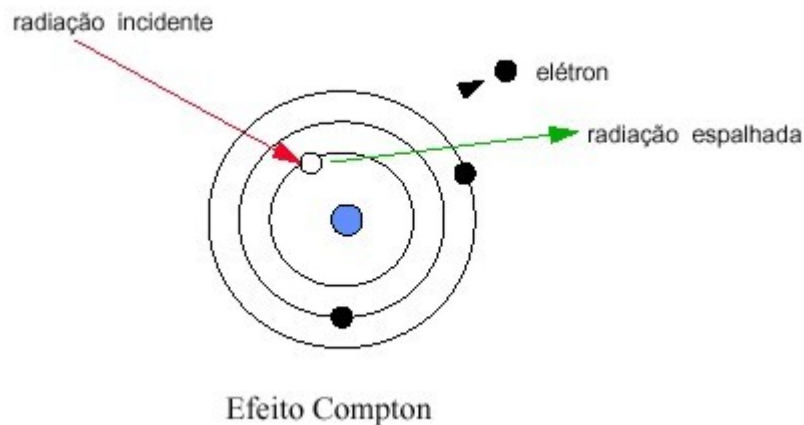
**Efeito fotoelétrico** – Predominante no processo de interação com fótons de baixa energia e elementos químicos de elevado número atômico. O fóton incidente interage com um elétron, das camadas mais internas de um átomo ( K ou L ), cedendo toda sua energia. O elétron, ao receber esta energia, é ejetado com uma energia cinética resultante da energia cinética do fóton menos a energia de ligação. Sua probabilidade de ocorrência aumenta com a terceira potência de  $Z$  e decresce rapidamente com o aumento da energia do fóton incidente. Desta forma podemos concluir que um feixe de fótons de uma mesma keV gerada , irá interagir de forma diferenciada em tecidos de densidades diferentes, mesmo que possuam a mesma espessura, contribuindo assim para a formação do contraste radiográfico, capaz de ser gerado em uma imagem radiográfica. Esta atenuação diferenciada, devido ao efeito fotoelétrico, em meios com diferentes números atômicos, é a principal razão da utilização de fótons de baixa energia ( faixa de raios X diagnóstico ) na geração das imagens radiográficas, conforme demonstrado na figura I.6. ( SCAF – 2004)



**Figura I. 6** – Representação do Efeito Fotoelétrico

**Efeito Compton** – predominante no processo de interação com fótons de energia intermediária e sua ocorrência independe do número atômico (  $Z$  ) do material alvo, onde o fóton incidente interage com um elétron da camada mais periférica do átomo, recebendo parte de sua energia. Após a interação o fóton resultante e o elétron são espalhados em direções distintas, sendo a energia do fóton espalhado menor que a

energia do fóton incidente. Na interação por efeito Compton, a ocorrência de atenuação diferenciada entre materiais ou tecidos com diferentes números atômicos, pode ser desconsiderada, por isso, tem ação negativa na formação da imagem, contribuindo para a perda do contraste radiográfico, conforme demonstrado na figura I.7. ( ATTIX, 1986).



**Figura I.7** – Representação de Efeito Compton

### **I.7 – Formação da imagem radiográfica**

Os processos que envolvem a obtenção da imagem visível para diagnóstico se inicia na interação da radiação resultante com o a película do filme radiográfico (imagem latente ) e posterior processamento químico desta película (imagem visível) (EASTMAN KODAK,1980).

**Filme radiográfico** – composto fisicamente de quatro camadas: base, substrato, emulsão e camada de proteção.

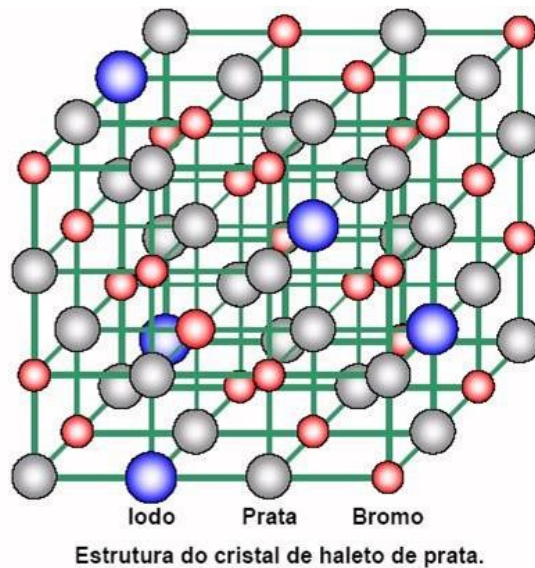
**Base** – camada composta de uma película plástica, tendo como características principais: ser hidrófuga, possuir estabilidade dimensional, resistir a temperaturas em torno de 120°C, ter coloração azul clara, proporcionar um grande conforto visual em sua interpretação e interagir na menor proporção possível com os fótons incidentes.

**Substrato** – tem por finalidade principal proporcionar a adesão da emulsão sobre a base, permitindo uma distribuição homogênea e compacta.

**Camada de proteção** – tem por finalidade proteger a emulsão contra ações externas que venham alterar a composição da emulsão durante seu manuseio, como eletricidade estática. Possui um corante adicional que irá contribuir para a sensibilidade do filme no espectro de cor.

**Emulsão** – caracterizada como a camada ativa do filme, composta por elementos fotossensíveis, montados em uma rede cristalina de brometo de prata ( 90% ), iodeto de prata ( 8% ) e uma impureza de sulfeto ( 2% ), a qual denominamos de armadilha. Estes cristais são distribuídos em um composto de gelatina de natureza orgânica e dispostos de forma homogênea sobre toda a superfície da base. Quimicamente os cristais são compostos por fracas ligações iônicas (  $\text{Br}^- + \text{Ag}^+$  ,  $\text{I}^- + \text{Ag}^+$  ,  $\text{S}^+$  ). No processo de formação da imagem latente, a radiação resultante da interação com o tecido biológico, irá interagir com o cristal, provocando um número de quebras de ligações iônicas proporcional a intensidade do feixe incidente, provocando a migração dos bromos e iodios envolvidos para a gelatina e dos elétrons liberados para a armadilha, atraídos pelo íon de sulfeto, modificando neste momento a geometria inicial do cristal. Em seguida os átomos de prata, que estão eletricamente positivos, migram para a armadilha e se associam aos elétrons ali acumulados, se tornando prata estável porém não visível (imagem latente ). O número de pratas, agora estáveis, que se apresentam no cristal irá definir o grau de densidade ótica por ele adquirido de forma diretamente proporcional a quantidade de fótons incidentes, após o processo de revelação.

Os filmes radiográficos pela sua natureza fotossensível, devem ser devidamente manipulados, evitando assim sua mudança de comportamento. A forma física de sua análise é gerada através de uma curva característica, denominada de curva sensitométrica, que relaciona o grau de densidade ótica ( entre 0 – 4 DO) e exposição relativa, a figura I.8 demonstra a representação esquemática de um cristal do filme radiográfico (BUSHONG-1998).



**Figura I.8** – Representação da Estrutura do Cristal da emulsão

**Densidade ótica** – é definida pelo logarítmico da razão entre a intensidade de luz incidente e a intensidade de luz transmitida através de uma película radiográfica, podendo ser definida como o grau de enegrecimento alcançado por um cristal após sofrer o processo de interação da radiação e o processamento químico, conforme apresentado na equação I.3.

$$DO = \log(I_0 / I_t) \quad (I.3)$$

onde,

$I_0$  = Intensidade da luz insidente

$I_t$  = Intensidade da luz transmitida

**Véu de base ( base + fog )** – menor valor de densidade ótica alcançado por um filme radiográfico, após o processamento químico. O valor ideal recomendado é de 0,2 DO, representando a área não exposta a qualquer tipo de radiação eletromagnética. Será representado no teste sensitométrico pelo degrau de exposição 1 (fora do campo de exposição).

**Patamar** – grau máximo de densidade ótica alcançada por um filme radiográfico, após seu processamento químico. Tem seu valor máximo representado na curva sensitométrica em 4DO, formando a parte constante do nível de densidade ótica alcançado pelo filme.

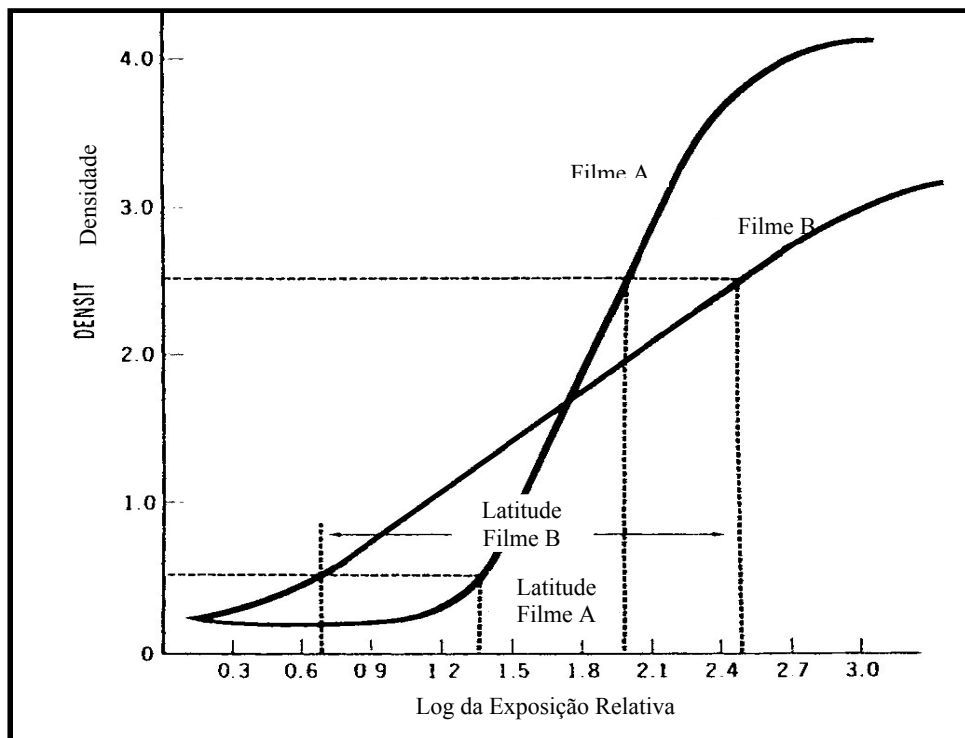
**Latitude** – é o eixo mais central da curva, parte linear, definida como a área útil para formação da imagem radiográfica. É estabelecida na curva sensitométrica entre o véu de base somado a 2,5 unidades de DO, ficando com maior frequência entre 2,5 e 3DO.

**Contraste** – diferença de densidade ótica entre dois ou mais cristais de um mesmo filme. O grau de inclinação da área de latitude em relação ao eixo de exposição relativa, irá definir o contraste proporcionando pelo filme, sendo de maior contraste quanto maior for o ângulo inclinação (alto contraste) e de menor contraste quanto menor for o ângulo de inclinação (baixo contraste). Podemos definir o nível de contraste relacionando a quantidade de tons de cinza que podemos gerar em uma imagem, sendo assim, quanto maior for a quantidade de tons de cinza gerados, mais baixo contraste o filme terá. É estabelecido na curva sensitométrica somando-se 4 degraus de exposição ao valor obtido como degrau de exposição de sensibilidade, ficando normalmente seu valor de referência entre os degraus 14 e 16 de exposição.

**Sensibilidade** – representa o nível de resposta do filme ao interagir com a radiação eletromagnética. É estabelecida na curva sensitométrica ao valor mais próximo de 1,2DO.

**Velocidade** – esta relacionado diretamente a sensibilidade do filme, sendo comparativamente definido como o filme que necessita de menor exposição para obter um mesmo valor de DO. É estabelecida na curva sensitométrica de forma visual, comparando os resultados de DO obtidos por duas ou mais curvas em função de uma mesma exposição aplicada,

A figura I.9 apresenta a curva característica de um filme radiográfico (EASTMAN Kodak-2002).



**Figura I.9** Curva característica de um filme radiográfico

### **I.8 – Sistema de processamento radiográfico**

O sistema de processamento radiográfico tem por finalidade tornar a imagem latente, gerada no filme exposto a radiação, em imagem visível, utilizando para isso substâncias químicas que proporcionarão o enegrecimento dos cristais de forma direta as alterações por ele sofrida pela radiação incidente. O sistema atualmente utilizado, em grande escala, é o processamento automático, aonde o filme conduzido por um sistema de tração mecânica, comandado por um controle eletrônico, direciona o filme para os recipientes de revelação, fixação, lavagem e secagem. ( EASTMAN KODAK,1980 )

As tabelas I.5 e I.6 demonstra os compostos químicos do revelador e fixador e suas atribuições no sistema de processamento radiográfico.



**Tabela I. 5** – Distribuição dos compostos químicos do revelador ( EASTMAN KODAK 1980 ).

<b>Composto</b>	<b>Função</b>	<b>Descrição</b>
Metol e Fenidona	Agente revelador	Convertem os cristais de prata expostos em prata metálica negra
Hidroquinona		
Carbonato de sódio	Ativador	Prepara a emulsão para que os agentes redutores possam agir sobre os cristais
Brometo de potássio	Restritor	Evita que os agentes redutores provoquem velamento
Sulfato de sódio	Preservativo	Evita a oxidação rápida dos agentes reveladores
Água	Solvente	Líquido para dissolver os produtos químicos

**Tabela I. 6** – Distribuição dos compostos químicos do fixador ( EASTMAN KODAK 1980 ).

<b>Composto</b>	<b>Função</b>	<b>Descrição</b>
Tiosulfato de Amônia	Agente fixador	Elimina os cristais de prata não expostos
Ácido acético	Neutralizador	Neutraliza a ação dos agentes reveladores fornecendo a acidez
Sulfito de sódio	Preservativo	Evita a oxidação rápida dos agentes reveladores
Alumém de cromo	Endurecedor	Contraí e endurece a emulsão
Água	Solvente	Líquido para dissolver os produtos químicos

A temperatura de trabalho, do revelador e fixador, devem ser estabelecidas entre 18° e 22°C, proporcionando um maior aproveitamento das características do filme radiográfico. Sua não observância, bem como a forma correta de preparo dos compostos, interferem diretamente no comportamento da curva característica do filme.

## I.9 – Grandezas dosimétricas utilizadas em raios X diagnósticos

As definições das grandezas dosimétricas são estabelecidas pelos órgãos regulatórios, ICRU, NCRP e visam a organização e uniformização dos resultados dosimétricos utilizados nas atividades que envolvem as radiações ionizantes. Dentre todas as grandezas utilizadas, definiremos as que são utilizadas em radiodiagnóstico.

**I.9.1 - Exposição ( X )** – Esta grandeza quantifica o total de cargas elétricas produzidas por unidade de massa de ar,  $X = dQ/dm$ , quando um fóton de radiação interage com a matéria, podendo ter o tempo integrado, proporcionando uma relação direta entre a quantidade de carga elétrica coletada em função do tempo de interação da radiação com o volume de massa envolvido, sendo então maior quanto maior for o tempo de irradiação estabelecido. Sua unidade estabelecida é o “Roentgen”(R).

Um detalhe importante a ser observado é que uma unidade de ar tem grande similaridade com a composição do tecido humano, apesar de apresentarem densidades diferentes. Os números atômicos efetivos de uma mistura de ar e de tecido humano mole são muito próximos, 7,75 e 7,9 respectivamente, fazendo com que o número de ionizações produzidos sejam semelhantes (diferença não superior a 10%), em uma faixa de energia do fóton incidente de 10keV – 10MeV. (BIRAL-2002)

No sistema internacional (SI), “1Roentgen“ equivale a coleta de  $2,58 \times 10^{-4}$  C (coulombs) de carga coletada para 1kg de ar, então roentgen = coulomb/quilograma., conforme apresentado na equação I.4.(ICRP-74-2005)

$$1R = 2,58 \times 10^{-4} C / kg \quad (I.4)$$

Podemos relacionar a exposição a um tempo decorrido de sua medida, estabelecendo o que se definiu como “taxa de exposição”,

$$\dot{X} = dX / dt \quad (I.5)$$

**Dose absorvida (D)** – utilizada para quantificar a energia média depositada pela radiação ionizante em um volume elementar de massa ( $dm$ ) da matéria. Sua unidade J/kg, que recebe o nome especial de Gy (Gray). (ICRP-74-2005)

$$D = dE / dm \quad (I.6)$$

Sob condições de equilíbrio eletrônico, a exposição X, medida no ar, se relaciona com a Dose absorvida D no ar, pela expressão, (Tauhata-1999)

$$D_{ar} = X.(w/e)_{ar} = 0,876.X \quad (I.7)$$

onde, (w/e)= energia média para formação de um par de íons no ar/carga de elétron=0,876

Podemos criar o quadro de relação das unidades implícitas no processo de definição de dose absorvida, sendo:

**Tabela I. 7-** Relação de unidades implícitas no processo de dose absorvida (ICRP 74-2005)

1 rad	100 ergs/g
100rad	1Gy
1Gy	1J/kg
1eV	$1,602 \times 10^{12}C$
1R	$2,58 \times 10^{-7}C/g$
1R	0,876rad
1R	8,76mGy

**Taxa de dose absorvida**  $\dot{D}$  - é definida pelo quociente de,

$$\dot{D} = dD / dt. \quad (I.8)$$

onde  $dD$  é o incremento de dose absorvida no intervalo de tempo  $dt$ , sua unidade no SI é  $Gy.s^{-1}$ . (Tauhata-1999)

**Kerma (K)** - é a soma das energias cinéticas iniciais de todas as partículas carregadas, liberadas por partículas ionizantes não carregadas, no elemento de material de massa  $dm$ , conforme apresentada na equação I.7.

$$K = dE_{tr} / dm \quad (I.9)$$

onde:

$E_{tr}$  = é a soma de todas as energias cinéticas iniciais das partículas carregadas liberadas por partículas não carregadas, em um material de massa  $dm$ . Sua unidade é definida  $J/Kg$ , equivalente ao gray(Gy) (ICRU-74 - 2005).

Kerma é a relação da fluência de energia com o coeficiente de transferência de massa do material,  $\mu_{tr} / \rho$ , conforme apresentado na equação I.8..

$$K = \psi \mu_{tr} / \rho \quad (I.10)$$

Na radiologia médica o Kerma é usualmente expresso no ar ( $k_a$ ), onde se define a fluência de energia transferida pelo coeficiente de massa do ar ( $\mu_{tr} / \rho$ )<sub>a</sub>, sendo utilizada para fótons ou feixes mono energéticos. Sua unidade é definida  $J/Kg$ , equivalente ao gray(Gy), conforme apresentada na equação I.9 (ICRU-74-2005)

$$K_a = \psi ( \mu_{tr} / \rho )_{ar} \quad (I.11)$$

Quando os fótons não são mono energéticos, como é o caso dos raios X médico, a média do valor de  $(\mu_{tr} / \rho)_{ar}$  pode ser usado, levando-se em consideração a distribuição da fluência de energia. A taxa de Kerma é o quociente entre a variação do kerma (  $dK$  ) em função do intervalo de tempo (  $dt$  ), sendo sua unidade no sistema internacional (J/kg)/s equivalente a Gy/s, conforme apresentada na equação I.10. (ICRU-74)

$$\dot{K} = dK / dt \quad (I.12)$$

**Dose equivalente ( $H_T$ )** – é obtida multiplicando-se a dose absorvida  $D$  pelo fator de ponderação da radiação,

$$H_T = D W_R \quad (I.13)$$

onde,

$D_T$  é a dose absorvida média no órgão ou tecido

$W_R$  é o fator de ponderação da radiação, de forma a refletir a efetividade biológica relativa da radiação na indução de efeitos estocásticos a baixas doses.

No SI a unidade é o J/kg, denominada de “sievert” ( em homenagem a Rolf Sievert ).

**Tabela I. 8 - Fatores de Peso da Radiação ( $W_R$ ), ( CNEN 3.01-2005)**

Radiação ionizante	Fator de Ponderação ( $W_R$ )
Fótons de todas as energias	1
Elétrons de todas as energias	1
Prótons, exceto os de recuo, energia $>2\text{MeV}$	5
Nêutrons $< 10\text{keV}$ e $>20\text{MeV}$	5
Nêutrons $>10\text{keV}$ à $100\text{keV}$	10
Nêutrons $>100\text{keV}$ à $2\text{MeV}$	20
Nêutrons $>2\text{MeV}$ à $20\text{MeV}$	10
Partículas alfa, fragmentos de fissão, núcleos pesados	20

Como o fator de ponderação ( $W_R$ ) para raios X diagnóstico é igual a 1, a dose equivalente será igual a dose absorvida, logo podemos montar o seguinte quadro de equivalência:

**Tabela I. 9 - Relação de unidades implícitas no processo de dose absorvida e dose equivalente (ICRP 74-2005)**

Dose absorvida	Dose equivalente
$1\text{R} = 1\text{ rad}$	$1\text{ rem}$
$100\text{R} = 1\text{Gy}$	$100\text{rem} = 1\text{Sv}$

**Dose efetiva (E)** – Para refletir o detrimento combinado dos efeitos estocásticos causados pelas doses equivalentes em todos os órgãos e tecidos do corpo, a dose equivalente em cada órgão e tecido é multiplicada pelo respectivo fator de peso do

tecido(  $W_t$ ), sendo, então, feito o somatório desses produtos para obter a dose efetiva,  $E$ . (CNEN – 3.01)

$$E(\text{efetivo}) = \sum H(\text{equivalente}) \times W_t(\text{fator de peso do tecido}) \quad (\text{I.13})$$

a unidade no SI é o Joule/Kg, denominado Sievert (Sv), a tabela I.10 apresenta os valores de peso para os diversos tipos de tecidos.

**Tabela I. 10-** Valores de peso e tecido (CNEN-3.01-2005)

<b>Tecido</b>	<b>Fator de peso <math>W_t</math></b>
Medula óssea ( vermelha )	0,12
Pulmão	0,12
Bexiga	0,05
Fígado	0,05
Tireóide	0,05
Gônadas	0,20
Cólon	0,12
Mama	0,05
Pele	0,01
Restante dos tecidos	0,05

Com a implementação da portaria 453/98MS, foram adotadas algumas grandezas para dose de referencia nas avaliações de desempenho dos equipamentos emissores de radiações ionizantes para fins médicos.

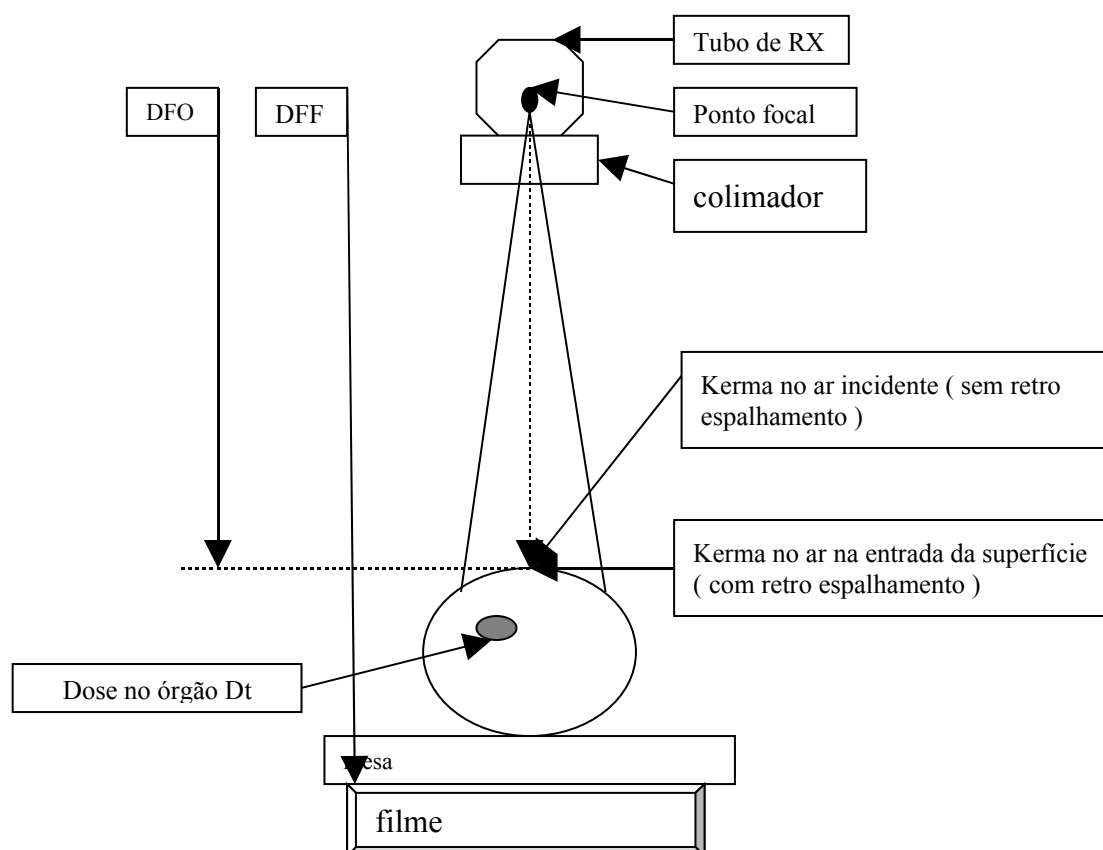
**Dose na entrada de pele ( DEP )** – dose absorvida no centro do feixe incidente na entrada da pele do indivíduo irradiado, considerando o fator de retro-espalhamento.

**Dose individual ( Hx )** - Grandeza operacional definida pela CNEN para monitoração individual externa a feixes de fótons, obtida multiplicando-se o valor determinado pelo dosímetro individual, utilizado na superfície do tronco do indivíduo, calibrado em kerma no ar, pelo fator  $f = 1,14$  convertendo a unidade de sievert para gray.

**Dose externa** - Grandeza operacional definida pela Portaria 453/98MS, nas disposições transitórias, para utilização em medidas de monitoração de ambientes de trabalho e de sua circunvizinhança. Onde são apresentados os fatores multiplicativos de conversão de unidades, para adequação dos instrumentos de medidas utilizados, conforme apresentada na tabela I.11 e referenciada nos pontos de medida na tabela I.12. (ANVISA-2005).

**Tabela I. 11** – Conversão de medidas para dose externa (ANVISA – 2005 )

Exposição (mR)	x 0,01	
Dose absorvida no ar (mrad)	x 0,0114	
Kerma no ar (mGy)	x 1,14	= dose externa (mSv)
Equivalente de dose ambiente	x 1	



**Figura I.7** - Imagem representativa dos pontos de medida das doses referenciadas (transcrita da ICRU-74-2005).



## **I.10 – Efeitos biológicos da radiação**

São os efeitos que produzem alguma alteração no comportamento das células do tecido biológico. Os primeiros estudos foram publicados em 1906, por Jean Bergonié e Louis Tribondeau, onde descreveram as primeiras alterações significativas sobre os efeitos biológicos:

- a) As células com altas taxas de proliferação são mais sensíveis à radiação ionizantes;
- b) A radio sensibilidade é inversamente proporcional ao grau de diferenciação apresentado pelas células (quanto menos definida mais radiosensível é a célula);
- c) A radio sensibilidade da célula é tanto maior quanto maior o número de divisões necessárias da célula recém-formada até que seja alcançada a sua forma-função final como célula madura.

Do ponto de vista químico, após a ionização e quebra de uma ligação química, se seguirão recombinações e rearranjos das macromoléculas alvo. Dessa forma, a ionização poderá dar origem tanto a fragmentos de moléculas como provocar uma alteração da macromolécula original através da inserção de novos íons ou radicais livres ( OH ) nas ligações químicas quebradas. Das estruturas, de uma célula, considera-se de efeito deletério as interações das radiações com as fitas de DNA, localizadas no núcleo, podendo levar a mutações genéticas à medida que a célula se divide, levando a manifestação final de um câncer. ( BIRAL -2002 )

**Efeitos determinísticos** – São os provocados pela exposição a altas doses de radiação, levando a morte celular ou mantendo sua sobrevivência, impedindo seu processo de reprodução ( morte clonogênica), levando o tecido a perda parcial ou total de suas funções em um curto período de tempo. Esta imediata relação causa-efeito, entre a exposição de um organismo a uma alta dose de radiação ionizante e os sintomas atribuídos à perda das funções de um tecido biológico, caracterizam o que denominamos de “efeitos determinísticos”. Em geral trata-se de um período de tempo

curto (horas a semanas), em função da gravidade do dano causado. Apresentam um limiar para sua ocorrência, conforme apresentada na tabela I.12.

**Tabela I. 12 - Limiar de dose para efeitos determinísticos conhecidos ( BIRAL 2002).**

<b>Efeito biológico</b>	<b>Limiar de Dose</b>
Eritema	2Gy
Epilação	3Gy
Cataratas	2Gy
Esterilidade masculina	3Gy
Esterilidade feminina	8Gy
Síndrome hematopoiética	5Gy
Síndrome gastrointestinal	12Gy
Síndrome do sistema	150 Gy

Devido a baixa dose empregada nos raios X diagnóstico, estes efeitos apresentam baixa probabilidade de ocorrência.

**Efeitos estocásticos** – São efeitos não aparentes, aos quais são associados períodos de latência da ordem de meses ou anos. Devido a esse grande intervalo de tempo, a relação causa-efeito é bem menos divulgada, sendo associados a exposição de baixas doses de radiação ionizantes. Não apresentam um limiar de dose para sua ocorrência, podendo para um mesmo tipo de célula, em indivíduos diferentes, aparecer uma ocorrência e no outro não. Devido a esta característica, os efeitos estocásticos são tratados através do estudo de riscos associados a exposição a doses de radiação. Podem ocorrer em células germinativas, mudanças hereditárias, que podem levar gerações para se manifestar, ou podem ocorrer em células somáticas, no próprio corpo do indivíduo exposto, em que a principal ocorrência é o câncer. Segundo o relatório do BIER V (Committee on Biological Effects of Ionizing Radiation), entre os efeitos estocásticos mais bem caracterizados decorrentes de exposições a baixas doses de radiação, encontra-se o aumento da taxa de Leucemia.(BIRAL – 2002)

### **I.11 – Proteção radiológica em estabelecimentos de radiodiagnóstico**

Compõem um conjunto de diretrizes, estabelecidas por portarias e normas técnicas, que visam objetivar a mínima exposição do indivíduo público e os profissionais ocupacionalmente expostos a radiações ionizantes que, probabilisticamente, possam provocar efeitos estocásticos(SCAFF-2004). Como relatado no item anterior, a demora na manifestação e baixa probabilidade de ocorrência levam os profissionais a negligenciarem os efeitos que por ventura venham a sofrer ou induzir em um indivíduo, quando exposto a radiação em procedimentos de diagnóstico médico.

Será apresentado, no corpo deste trabalho, às diretrizes estabelecidas pela portaria 453/98MS, que se reporta as NCRP, ICRU e Norma CNEN (com ênfase para a 3.01) que define os procedimentos operacionais e limites de doses para público e trabalhador, visando garantir a integridade física e minimizar ao máximo as doses aplicadas nos procedimentos radiológicos. As vestimentas de proteção individual, recomendadas, são dimensionadas para proteção radiológicas das radiações dispersas e as blindagens da área física são estabelecidas de acordo com o procedimento de uso do estabelecimento de saúde, levando-se em consideração os fatores de classificação de cada área adjacente ao tubo de raios X. É importante lembrar da importância do cálculo de blindagem e de sua revalidação, através de procedimentos de medidas estabelecidos nesta Portaria.

## **I.12 – Objetivo**

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma base de dados que possibilite atender todas as exigências da Portaria 453/98MS, tomando-se como referência a radiologia geral. Este setor é o mais crítico dentre os procedimentos de diagnóstico por imagem, levando-se em consideração o número de profissionais envolvidos (em média de 14, para serviços de porte médio, com mais de 150 atendimentos por dia), as condições de otimização operacionais dos equipamentos emissores de radiação e processamento de imagem e a saúde do trabalhador, no que diz respeito a controle de dose ocupacional e desenvolver parâmetros de orientação ao desenvolvimento do planejamento de recapacitação e aprimoramento técnicos operacional, de modo a atender diretamente os pontos críticos do serviço.

Conhecidos os métodos de avaliação e os procedimentos de leitura dos parâmetros, definidos pela portaria 453/98MS, de conformidade ou não conformidade com os requisitos propostos (Radiodiagnóstico Médico – ANVISA-2005), será desenvolvido um parâmetro de análise que possibilite resultados imediatos de qualificação da instituição, desenvolvendo simultaneamente um documento de Memorial Descritivo, Projeto de implementação de Programa de Garantia da Qualidade, revalidação das blindagens das salas de exames e avaliação dos parâmetros mínimos de conformidade para obtenção do licenciamento de funcionamento junto a Vigilância Sanitária Estadual e/ou Municipal do Rio de Janeiro.

### **I.13- Motivação**

Com a implementação da Portaria 453/98MS, e a obrigatoriedade de se qualificar profissionais que atendessem o requisito de Supervisor de Proteção Radiológica, para atender as responsabilidades imposta por esta Portaria, os serviços de radiodiagnóstico necessitam de providenciar procedimentos de capacitação e, na maioria dos casos, a contratação de profissionais qualificados.

Sintetizando a portaria 453/98MS; temos:

- 1) Elaboração do programa de garantia da qualidade da imagem,
- 2) Supervisionar os profissionais no controle das exposições aplicadas aos pacientes,
- 3) Controlar as exposições ocupacionais.
- 4) Desenvolver memorial descritivo,
- 5) Manter a qualidade da reprodutibilidade dos parâmetros dos geradores de raios X,

- 6) Revalidar e elaborar documentos de garantia da blindagem aplicada nos salas de exames,
- 7) Manter todos os requisitos em conformidade com os parâmetros exigidos por esta portaria e principalmente manter a continuidade destes requisitos devidamente assentados e periodicamente revisados.

Estes dados devem sempre estar disponíveis a análise das Vigilância Sanitária local.

Uma pesquisa feita pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Instituto de Biologia – Laboratório de Ciências Radiológicas – Programa de Radioproteção na Saúde (UERJ-IBRAG-LCR-PRS ), instituição de referência na avaliação de radioproteção de gabinetes médicos e odontológicos no Estado do Rio de Janeiro, concluiu que: 90% das instituições não conseguem atingir as conformidades exigidas pela portaria 453/98MS, ficando sempre na condição de inadimplência, principalmente nos requisitos de implementação do programa de garantia de qualidade e desenvolvimento do memorial descritivo. Um outro trabalho estatístico desenvolvido pelo LCR-PRS, observa-se que 80% das instituições e seus responsáveis não possuem conhecimento do conteúdo da portaria 453/98MS, o que justifica o alto índice de não conformidade encontradas em suas avaliações. Estes resultados nos levam a motivação de desenvolver um programa que atenda as exigências da portaria de forma otimizada, proporcionando a oportunidade de aplicar programa de treinamento e atualização aos requisitos de proteção radiológica e qualificação do supervisor de proteção radiológica, contribuindo de forma efetiva ao controle de redução de exposição do pacientes e profissionais ocupacionalmente expostos nas atividades de radiodiagnóstico convencional.

Considerando estas pesquisas e acreditando ser um grande desafio, considerando a diversidade de procedimentos e condutas dos profissionais da radiologia e a falta de homogeneidade nos fatores técnicos aplicados em um mesmo ambiente para obtenção de imagens radiográficas, senti-me motivado a tentar gerar, o que chamo de “PERFIL DE DESEMPENHO DA INSTITUIÇÃO”. É um programa de análise para que a implementação do programa de garantia da qualidade seja desenvolvido com

objetividade, atingindo os focos prioritários de não conformidade e programando treinamentos específicos a necessidade da instituição avaliada.

Este trabalho será desenvolvido na unidade de radiodiagnóstico da instituição doravante, denominada de HCJ, a qual solicitou não ser divulgado sua completa razão social, bem como os nomes de seus profissionais envolvidos no processo, contendo uma sala de exame de radiologia geral e 14 profissionais ocupacionalmente expostos, envolvidos nas atividades semanais.

## **Capítulo II – Revisão Bibliográfica**

**RIBEIRO, R. S** (2002) apresentou resultados de avaliação do sistema de controle de processamento e equipamentos radiográficos, aplicando as diretrizes constantes na portaria 453/98-MS, onde observamos uma aproximação aos obtidos neste trabalho, justificado pela falta de manutenção permanente nos equipamentos e mau gerenciamento do setor de radiodiagnóstico. Sua aplicação não envolveu nenhum desenvolvimento de base de dados específico, utilizando-se da aplicação das formalizações de forma direta.

**COUTO, N. F** ( 2002 ) Desenvolveu um modelo de gerenciamento da manutenção dos equipamentos de radiodiagnóstico de radiologia convencional, onde demonstrou que alguns defeitos de maior dificuldade de identificação e que prejudicam consideravelmente a qualidade final da imagem eram freqüentes e não corrigidos pelos serviços de manutenção contratados. Sugere em seu trabalho a implementação de testes obrigatórios com apresentação dos resultados em forma de planilhas, as quais deveram ser apresentadas as gerências do serviço. É importante enfatizar a observação na discussão de seu trabalho onde cita “Um fato interessante foi de encontrarmos

servidores completamente desmotivados.”, demonstrando a necessidade de implementação de um programa de recuperação e atualização profissional.

**SANTOS, T. R** ( 2000 ) apresenta um modelo de banco de dados para gerenciamento dos equipamentos de radiologia convencional, onde através de informatização dos resultados pode-se gerenciar o desempenho dos equipamentos, apresentando um baixo custo para implementação do sistema. Ressalta a necessidade de integração entre a gerência da radiologia e os responsáveis pela manutenção dos equipamentos.

**CARVALHO, C. B** ( 2003 ) apresenta resultados em uma análise de um serviço de radiodiagnóstico, na cidade de Recife, onde os resultados demonstram a necessidade de gerenciamento. A implementação dos testes estão bem definidos e ilustrados, seguindo a proposta do Manual de Desempenho de Equipamentos Médicos e Odontológicos editado pela ANVISA em 2005.

**MORESCO, D. F.** ( 2006 ) apresenta uma análise de resultados de avaliação dos negatoscópios de um serviço de radiodiagnóstico onde apresenta, inicialmente, 33% dos negatoscópios avaliados se encontravam fora do padrão de luminância, caindo para 10% após os procedimentos de limpeza e correção sugeridos. O resultado se destaca na afirmação da não homogeneidade da superfície dos negatoscópio, prejudicando a qualidade do diagnóstico nos exames ali analisados.

**AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE** ( 1977 ) apresenta um protocolo de conduta de implementação do controle de qualidade, onde define os testes de qualidade que devem ser implementados e a metodologia de seu desenvolvimento, documento este muito semelhante a Portaria 453/98-MS, demonstrando uma preocupação especial com o controle de dose aplicadas em procedimentos de radiodiagnósticos médicos.

**KODAK** ( 2004 ) apresenta documento de orientação e disposição necessários para o ambiente de utilização, preparação e manuseio dos químicos utilizados nos processamentos radiográficos, ressaltando a necessidade de adequada preparação para garantir um bom desempenho dos filmes revelados, enfatizando os requisitos de ventilação constante do ambiente, para fins de evaporação dos gases químicos liberados pelo produto.

**FUNDACENTRO** ( 2000 ) apresenta um manual de procedimento técnico para avaliação da exposição ocupacional aos raios X nos serviços de radiologia diagnóstica, onde descreve a importância deste controle e procedimentos necessários a obtenção de dados, baseados nas diretrizes da Portaria 453/98-MS, propondo um modelo de fichamento dos resultados a serem apresentados as Vigilâncias Sanitárias locais.

**COSTA, P. R** ( 1999 ) apresenta a aplicação NCRP 147 , para procedimento de cálculo de blindagem em radiodiagnóstico, demonstrando a confiabilidade dos procedimentos aplicados comparativamente a NCRP 49, atualmente utilizada, aplicando métodos matemáticos pertinentes aos procedimentos de cálculos necessários. Desta forma a implementação desta NCRP fica viabilizada em trabalhos futuros, sendo de aplicação mais simplificada e específica.

**ALMEIDA JUNIOR, A. T** ( 2005 ) desenvolve uma dissertação sobre a qualidade da barita e do vidro cristal como barreiras atenuadoras nas blindagens de raios X e gama, onde em sua conclusão enfatiza os valores de barreira aplicados de forma superestimada, pela não aplicação dos cálculos de blindagem adequados e viabiliza, pelos resultados apresentados a utilização da Barita, de acordo com as normas técnicas, de densidade específica na ordem de  $3,6\text{mg/cm}^3$  a  $4,1\text{mg/cm}^3$ .

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL** ( 2006 ) publica “Princípios Básicos de Segurança e Proteção Radiológica”, onde em seu corpo enfatiza a importância da implementação de um sistema de monitoração individual dos profissionais ocupacionalmente exposto, justificando o controle de doses individuais estabelecidos pelas diretrizes de proteção radiológica e publicadas na Portaria 453/98-MS e a necessidade constante de implementação de treinamentos periódicos em procedimentos que envolvem radiações ionizantes.

**CANEVARO, L. V.** ( 2000 ) em sua dissertação “Otimização da Proteção Radiológica em Fluoroscopia: Níveis de Referência de Diagnóstico”, apresenta em sua conclusão a preocupação em estimular a cultura de proteção radiológica na área de saúde pública, sendo este o ponto de maior comprometimento para o aumento de doses individuais encontradas nos resultados no procedimentos de radiodiagnóstico analisado, necessitando uma revisão dos protocolos adotados pelos responsáveis técnicos, no que diz respeito aos procedimentos de exames, conforme preconiza a portaria 453/98-MS.



**NEW JERSEY OF DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION – BUREAU OF RADIOLOGICAL HEALTH ( 2003 )** apresenta um guia de procedimentos em controle de qualidade em radiodiagnóstico, onde os resultados dos testes de câmara escura e equipamentos são catalogados e apresentados em forma de formulários, sendo definidos os procedimentos de testes e ações corretivas aos desvios encontrados, formando um banco de dados permanentemente atualizado.

**SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ( 2005 )** Publicação do roteiro de inspeção em radiodiagnóstico, apresentando os parâmetros de análises avaliados em ato de fiscalização da inspeção sanitária, servindo como parâmetros de itens obrigatórios nos trabalhos de desenvolvimento de projetos de controle da garantia de qualidade em radiodiagnóstico.

**MAGALHÃES, L. A. G ( 2005 )** apresenta em sua dissertação “A importância do Controle de Qualidade em Processadoras Automáticas” desenvolvida em um hospital universitário, onde seus resultados demonstram a clara necessidade de implementação de procedimentos de controle e manutenção periódicas e constante treinamento das equipes operacionais do serviço. Os testes são bem detalhados, apresentando os níveis de referência recomendados pela Portaria 453/98-MS e manuais editados pelos fabricantes dos filmes radiográficos, criando orientações para aproveitamento dos melhores desempenhos dos filmes, incluindo análises da câmara escura e aplicação dos testes sensitométrico.

**PUBLISH BY THE RADIATION SAFETY OFFICE FOR THE UNIVERSITY OF ROCHESTER MEDICAL CENTER (2005 )** “Imaging Quality Assurance Manual “ apresenta os aspectos de controle de qualidade em radiodiagnóstico implementado, abrangendo todos os parâmetros de controle de dose ocupacional, testes de qualidade dos equipamentos de radiodiagnóstico, frequência de aplicação dos testes, procedimentos de qualidade em câmara escura e orientação de procedimentos corretivos aos desvios apresentados, servindo como base para o desenvolvimento de trabalhos mais abrangentes de implementação do controle de qualidade em radiodiagnóstico.

**BATISTA, W. O. ( 2003 )** analisa em seu trabalho as mesas, bucky murais, grades antidifusoras e chassis disponibilizados aos serviços de radiodiagnóstico, apresentando os procedimentos de testes recomendados pelas normas técnicas, visando a avaliação

dos materiais em uso e não comparação de marcas e fabricantes. Os resultados encontrados demonstram que estes equipamentos merecem atenção especial em seu manuseio, aumentando sua durabilidade e mantendo sua resposta de qualidade.

**FERREIRA, M.** ( 2003 ) apresenta em seu trabalho os resultados de avaliação dos equipamentos de radiodiagnóstico, definindo os testes aplicados de acordo com a Portaria 453/98-MS. Seus resultados apresentaram que todos os equipamentos encontram um desvio dos níveis de referência aplicados pela Portaria, mantendo o padrão encontrado nos demais trabalhos analisados, reforçando a necessidade de implementação do controle de qualidade, incluindo treinamento periódico das equipes operacionais.

**NATIONAL HEALTH AND NUTRITION EXAMINATION SURVEY ( 1988 )** – X ray procedures manual – apresenta os parâmetros implementados para os testes de avaliação de desempenho dos equipamentos de raios X convencional e câmara escura, catalogando em banco de dados os resultados permitindo o gerenciamento do desempenho do serviço de forma comparativa, criando critérios de avaliação e manutenção corretivas de forma periódica. Demonstrando a clara preocupação com os requisitos de controle de qualidade e dose ocupacional nos serviços de radiodiagnóstico



## Capítulo III - Material e Métodos

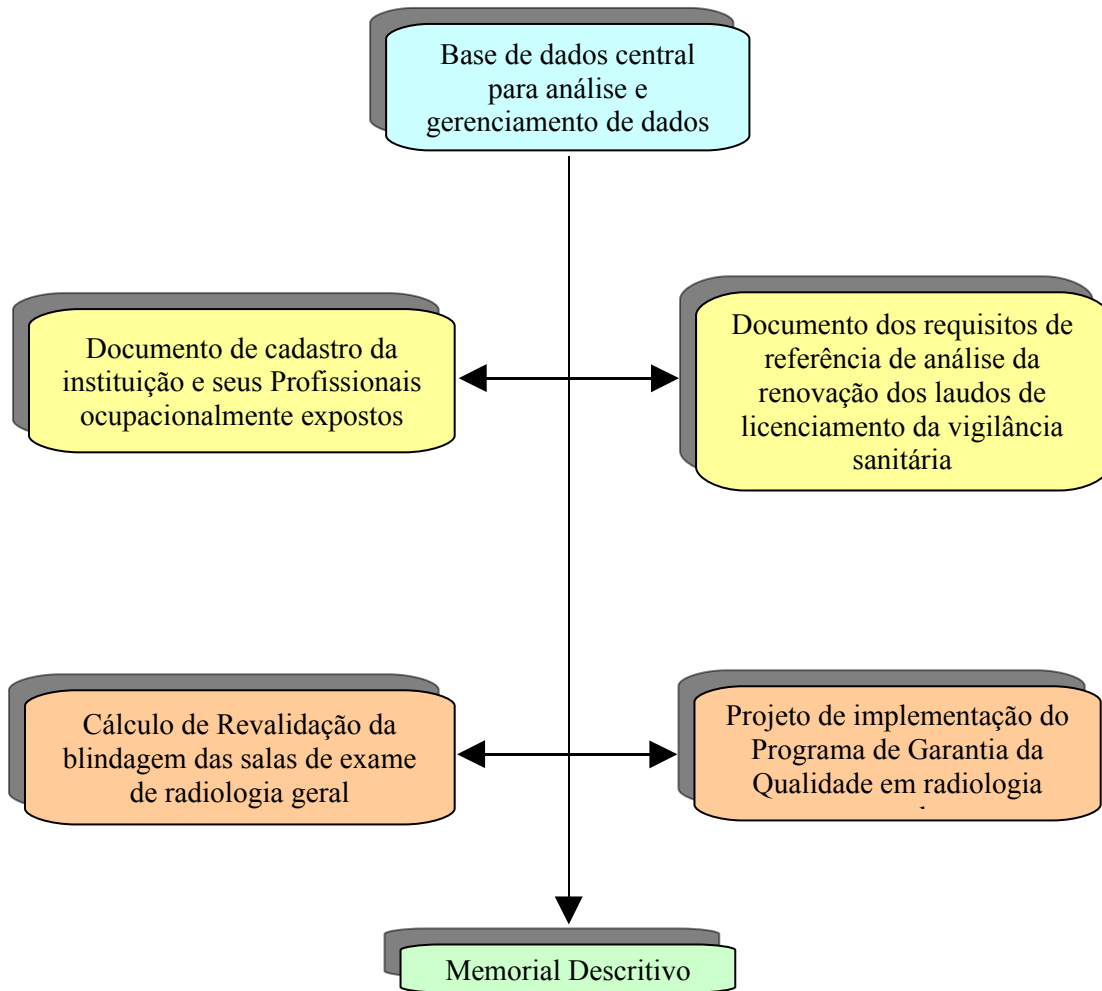
### III.1 – Estruturação do programa de análise de dados

Para alcançar o objetivo de criarmos um sistema de gerenciamento que abrangesse todos os requisitos de conformidade descrito na “Portaria 453/98MS “Diretrizes de Proteção Radiológica em Diagnóstico Médico e Odontológico”, que neste trabalho serão abordados somente os requisitos referentes à radiologia geral, tomamos como iniciativa o desenvolvimento de um programa de análise de dados elaborado na plataforma do *software Excel*. Entendemos que a versatilidade deste software na facilidade de desenvolvimento dos cálculos matemáticos e sistema de vinculação de dados, nos será de grande utilidade para alcançar o objetivo do projeto, no que diz respeito a otimização das análises dos dados que serão gerados, bem como sua fácil aplicação de treinamento operacional, visando atingir um grande grupo de usuários.

A Portaria 453/98MS, apresenta em seu conteúdo, os requisitos que toda instituição que trabalha com equipamentos emissores de radiação na área de radiologia médica devem manter em conformidade, abordando em seus capítulos a necessidade de geração de documentos que mantenha todo o histórico operacional e de segurança, na qual as instituições devem se submeter, sempre atualizados e de fácil acesso às equipes de vigilância sanitária, quando em ato fiscal lhes fizer a solicitação.

Esta necessidade nos leva a sugerir a elaboração de um plano central de análises de dados que possa gerar os demais documentos exigidos, em quase toda sua totalidade, criando um processo capaz de facilitar as atualizações de dados e gerenciamento das operações de segurança, no que diz respeito a radioproteção. A estruturação do sistema sugerido apresenta o fluxograma abaixo onde um conjunto de dados, com bases nas diretrizes e recomendações que compõem a Portaria 453/98, especificamente os capítulos I, II, III, IV e VI, tendo em lembrança que o capítulo V aborda exclusivamente radiologia odontológica, a qual não faz parte da proposta deste trabalho. Com este processo esperamos alcançar o objetivo de gerarmos os documentos necessários à regularização junto aos órgãos fiscais. A figura III.1 representa o fluxograma onde a

base de dados central irá distribuir seus registros para a confecção dos demais documentos propostos.



**Figura III. 1** – Fluxograma das bases de dados geradas

## **III.2 – Definição dos documentos gerados**

### **III.2.1 - Documento de cadastro da instituição e seus profissionais ocupacionalmente expostos**

Tem por finalidade manter os dados cadastrais da instituição e de seus profissionais ocupacionalmente expostos a fontes de radiação ionizante, bem como conferir suas qualificações e definir as atribuições de responsabilidades, conforme determinadas no capítulo 3 “Requisitos Operacionais”.

### **III.2.2 - Documento dos requisitos de referência para renovação dos laudos de licenciamento à vigilância sanitária**

Tem por finalidade apresentar, em forma de *check list* (usando como modelo a formatação utilizada pelo UERJ/LCR/PRS), os resultados de conformidades necessárias a obtenção do laudo técnico de aprovação, junto a este órgão, posteriormente o licenciamento da instituição junto aos órgãos de vigilância sanitária estadual/municipal, a qual estará submetida. Este documento é de grande abrangência envolvendo os capítulos I, II, III, IV e VI da portaria 453/98MS.

### **III.2.3 - Cálculo de Revalidação da blindagem das salas de exame de radiologia geral**

Tem por finalidade desenvolver e apresentar os cálculos de blindagem das salas que venham a ser construídas ou revalidar as blindagens existentes nas salas de exames radiológicos que não possuam documento específico que garantam a qualidade da mesma. É importante mencionar que este procedimento se faz necessário para atendimento do requisito constante no capítulo 4 item 4.2 que referência os projetos das áreas físicas das salas de exames a portaria 1884 de 11/11/94, estabelecendo a necessidade das blindagens em dimensões adequadas a proporcionar proteção radiológica as áreas adjacentes, observando-se os níveis de restrição de dose estabelecidos.

### **III.2.4 - Projeto de implementação do Programa de Garantia da Qualidade em radiologia geral**

Tem por finalidade apresentar as análises iniciais do desempenho dos profissionais, controle de dose ocupacional, do sistema de processamento radiográfico, desempenho dos equipamentos emissores de radiação e acessórios associados a aplicação de aquisição de imagens radiográficas, traçando o que chamamos de “Perfil de Desempenho”, possibilitando a criação dos indicativos de correção necessários para atingir a meta de qualidade de imagem desejada. Um ponto importante, que será abordado na formatação deste documento, é a ênfase em proporcionar os projetos de treinamento específicos dos profissionais envolvidos, permitindo uma otimização e objetividade nas medidas a serem tomadas, tornando o projeto claro e produzindo um alto grau de confiança na equipe envolvida, gerando um espírito de cooperação de máxima importância para o êxito do projeto.

### **III.2.5 – Memorial Descritivo**

É de grande abrangência e tem por finalidade registrar todos os requisitos pertinentes aos profissionais ocupacionalmente expostos, equipamentos emissores de radiação, sistema de processamento, treinamentos periódicos, procedimentos de atendimento em casos de acidentes que envolvam radiações ionizantes, e demais fatores que venhamos a analisar e considerar relevante para a segurança dos profissionais e pacientes envolvidos com os procedimentos de exames radiológicos. Resumindo: este documento sintetiza todos os demais dados utilizados na formatação dos outros documentos citados.

### **III.3 – Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Cadastro da Instituição e Registro funcional**

#### **III.3.1 – Cadastro da instituição e registro funcional**

Apresentamos seus resultados vinculados aos demais documentos citados, sendo constituído por dados referentes à qualificação da instituição, contendo seus dados

cadastrais junto aos órgãos fiscais e qualificação de suas atividades e as denominações de seus responsáveis legais pelas áreas de:

#### **III.3.1.1 - Responsável administrativo**

Classificado na portaria como titulares empregadores, devem garantir a segurança e proteção aos pacientes, da equipe e do público em geral, devendo assegurar os recursos materiais e humanos e a implementação das medidas necessárias para garantir o cumprimento dos requisitos regulamentados na portaria 453/98MS (BRASIL, 1998). As demais atribuições formam um conjunto de medidas necessárias a apoiar, o Responsável Técnico (RT) e o Supervisor de Proteção Radiológica (SPR) na implementação de medidas que garantam a segurança dos indivíduos e profissionais ocupacionalmente expostos, devendo periodicamente supervisionar e nomear o RT e SPR, para exercerem suas funções.

#### **III.3.1.2 – Responsável Técnico (RT)**

Para esta função, o profissional obrigatoriamente deve possuir uma formação em medicina, com qualificação e certificação para a prática, emitida por órgão de reconhecida competência ou colegiados profissionais, cujo sistema de certificação avalie também o conhecimento necessário em física de radiodiagnóstico, incluindo proteção radiológica, e esteja homologado no Ministério da Saúde. Suas atribuições visam principalmente o gerenciamento das medidas adotadas pelo SPR, em proteção radiológica e avaliar o grau de confiabilidade e objetividade do programa de garantia da qualidade implementado, analisando os resultados de diagnósticos gerados (BRASIL, 1998).

#### **III.3.1.3 – Supervisor de Proteção Radiológica ( SPR )**

Para esta função o profissional obrigatoriamente deve possuir uma das seguintes qualificações:



a) certificação de especialista de física em radiodiagnóstico, emitida por órgão de reconhecida competência ou colegiados profissionais, cujo sistema de certificação avalie também o conhecimento necessário em física de radiodiagnóstico , incluindo metrologia das radiações ionizantes e proteção radiológica;

b) Possuir a mesma qualificação do RT. (BRASIL,1998)

#### **III.3.1.4 – Técnico de raios X diagnóstico**

Para responder por esta função o profissional obrigatoriamente deve possuir formação de técnico em radiologia na área específica de radiodiagnóstico. (BRASIL, 1998)

As atribuições específicas, a cada profissional aqui qualificado, estarão dispostas no documento “Memorial Descritivo” e nos *links* criados para o capítulo específico da portaria, disponibilizando as informações necessárias a serem analisadas pelo profissional que for nomeado e se dispor a assumir esta função.

#### **III.4 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Controle dos Profissionais Ocupacionalmente Expostos.**

As estruturas do banco de dados serão apresentadas utilizando-se um código de cor simples onde as células na coloração cinza, irão representar os campos permitidos ao preenchimento de dados, estando as demais bloqueadas para garantir a integridade do programa desenvolvido e vínculos de dados da base principal pertinente à informação e todos os dados registrados que apresentarem desvios de não conformidade, com os parâmetros exigidos pelos órgãos de fiscalização, será destacado com o texto na cor vermelha, alertando ao físico responsável a necessidade de medidas corretivas.

### III.4.1 – Cadastro da Instituição

O cadastro da instituição importa todos os dados do “Cadastro da Instituição e Registro Funcional” pertinente à identificação da instituição. A figura III.2 apresenta a ficha de dados cadastrais.

Cadastro da Instituição			
Razão Social			
Natureza		CNPJ/CPF	
Código da Instituição		Setor	
Inscrição Municipal			
Endereço			
Bairro		Município	
CEP		UF	
Telefone		Fax	
Diretor Administrativo			
CRM		CPF	
Responsável Técnico			
CRM		CPF	
Supervisor de Proteção Radiológica			
CRM		CPF	

Figura III. 2 – Ficha de cadastro da instituição

### III.4.2 – Controle Funcional

O controle funcional importa os dados de identificação e qualificação dos profissionais, ocupacionalmente expostos, do “Cadastro da Instituição e Registro Funcional” necessário a sua identificação, acrescentando o quadro de disponibilidade em que exerce suas funções, contendo dia e horário para controle de suas atividades. Possui um link para os arquivos funcionais, contendo as documentações necessárias ao exercício de suas funções.

Através de um código desenvolvido, podemos definir quais os dias da semana este profissional estará exercendo suas atividades, permitindo um vínculo com outras bases de dados estabelecidas em que se fará necessário.

Assim, as exigências contidas na portaria pertinente a classificação dos profissionais e suas escalas de trabalho são obedecidas, mantendo o controle do fluxo interno e tempo de atividade na operação de equipamentos emissores de radiação X, em estabelecimentos médicos. A figura III.3 apresenta a ficha de dados cadastrais dos funcionários ocupacionalmente expostos e a figura III.4 apresenta a ficha de distribuição das funções e escalas de trabalho, onde se faz necessário o preenchimento do dia da semana e horário de trabalho.

Ficha de Preenchimento Cadastral da Funcionária	
Técnica em Radiologia 01	
Nome:	
Registro de Identidade:	Orgão Emissor:
CPF:	
Formação Acadêmica	
Função Exercida	
Registro no Conselho de Classe:	
Nacionalidade:	
Naturalidade:	
Estado Civil:	
Data de Nascimento:	
Requisita Funcional	
Endereço:	
Bairro:	
Município:	
Estado:	
GEP:	
Telefone de contato:	
Tel 1:	Tel 2:

Figura III. 3 – Ficha de cadastro funcional

Controle de Identificação Funcional dos Profissionais Ocupacionalmente Expostos a Radiações Ionizantes						Escala de Trabalho																	
Código de Identificação	Registro Profissional	CPF	Nome	Função	Região Funcional	Escala de Trabalho																	
						segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sábado	domingo	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sábado	domingo				
RT				Responsável Técnico																			
SPR				Supervisor de Produção Radiológica																			
Médico 1				Médico Radiologista																			
Técnico 1				Médico Radiologista																			

**Figura III. 4** – Ficha de controle de distribuição de horário de trabalho da equipe ocupacionalmente exposta

### III.4.3 – Controle de monitoração individual

Método utilizado para quantificar as doses recebidas pelos profissionais ocupacionalmente expostos, durante sua jornada de trabalho, devendo para isso contratar empresas prestadoras deste serviço que estejam devidamente credenciadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN, 2005).

A Portaria determina que o responsável deva estabelecer um programa rotineiro de monitoração individual, mantendo em dia os registros de doses efetivas quantificadas por cada profissional, ocupacionalmente exposto, visando o controle das atividades por eles exercidas. Os dosímetros devem ser utilizados na altura do tórax e quando necessário, sobre a vestimenta plumbífera. (BRASIL, 1998)

Os limites de doses são estabelecidos como valores de doses efetivas ou doses equivalentes, estabelecidos para exposição ocupacional e exposição do público decorrente de práticas controladas, cujas magnitudes não devem ser excedidas aos limites estabelecidos na Resolução CNEN-3.01. Sendo estabelecidos da seguinte forma:

a) A dose efetiva média anual não deve exceder a 20mSv/ano em qualquer período de cinco anos consecutivos, não podendo exceder a 50mSv/ano em nenhum ano;

b) a dose equivalente anual não deve exceder a 500mSv para extremidades e 150mSv para cristalino;

c) em mulheres grávidas a dose na superfície do abdômen não deve exceder a 2mSv durante todo o período da gravidez, diminuindo a probabilidade que a dose no embrião ou feto exceda a 1mSv, no mesmo período;

d) estudante, em estágio de treinamento profissional, com idade entre 16 e 18 anos, não deve exceder a dose efetiva de 6 mSv/ano (BRASIL,1998).

Visando tal complexidade do controle e tendo conhecimento que os relatórios enviados pelas prestadoras não compõem todos os dados obtidos, nos períodos exigidos, de forma imediata, esta base de dados desenvolvida, permite a transcrição das doses efetivas fornecidas nos relatórios mensais. Permitindo quantificar de forma imediata as médias estabelecidas na portaria, acrescida dos limites de investigação, sinalizando quando o profissional exceder, a dose efetiva, ao valor de 1,5 mSv/mês, quando então deverá ser aberto um processo de investigação, identificando o que originou tal dose e obrigando ao SPR a um procedimento de acompanhamento das atividades e treinamentos mais periódicos, visando o controle das doses ocupacionais. Em caso de exceder a 100mSv/mês, os responsáveis deverão encaminhar este profissional à avaliação de dosimetria citogenética (BRASIL,1998). A base de dados está preparada para gerar o indicativo de conclusão do controle de dose individual anual e quinquenal, fornecendo no campo conclusão o indicativo equivalente a média obtida no período. A figura III.5 apresenta uma visão panorâmica da ficha de dados do controle de monitoração individual anual, a figura III.6 uma visão em destaque dos campos necessários aos registros, a figura III.7 apresenta a base de dados que quantifica a dose quinquenal da monitoração individual, cujos dados são transferidos de forma vinculada da base de dados do controle anual, a figura III.8 apresenta uma visão em destaque da área de transferência de dados.

Controle de Monitoração de Dados Individual dos Profissionais que Manipulam Equipamentos de Radiodiagnóstico																
Instituição responsável pela monitoração:																
Requerer na CNEN:																
Código de cadastro:																
Ano de Letura		2007														
Dados efetivos máxima anual		50mSv/ano														
Dados efetivos de referência para investigação		1,5mSv/mês														
Dados efetivos para encaminhamento		100mSv/mês														
Instrução de uso e guarda dos dosímetros individuais		Link para memorial / parâmetros		Dados efetivos em mSv												
Código de Identificação	CPF	Nome	Função	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	Total anual	Conclusão do controle	
001	000.000.000-00	Nome	Responsável Técnico											0,000	NÃO MONITORADO	
002	000.000.000-00	Nome	Responsável de Proteção Radiológica											0,000	NÃO MONITORADO	
003	0	0	Nome Hospital											0,000	NÃO MONITORADO	
004	0	0	Nome Hospital											0,000	NÃO MONITORADO	

Figura III. 5 – Base de lançamento de dados de controle mensal da monitoração individual

Instituição responsável pela monitoração:																
Requerer na CNEN:																
Código de cadastro:																
Ano de Letura		2007														
Dados efetivos máxima anual		50mSv/ano														
Dados efetivos de referência para investigação		1,5mSv/mês														
Dados efetivos para encaminhamento citogenético		100mSv/mês														
Instrução de uso e guarda dos dosímetros individuais		Link para memorial / parâmetros														
Código de Identificação	CPF	Nome	Função	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	Total anual	Conclusão do controle	

Figura III. 6 – Visão em destaque dos campos de preenchimento dos dados de monitoração individual.

Controle de Monitoração de dose individual dos Profissionais que Manipulam Equipamentos de Radiodiagnóstico												
Instituição responsável pela monitoração:		0										
Código de cadastro:		0										
Registro no CNEB:		0										
LIMITE ANUAL MÁXIMO		50mSv										
LIMITE MÉDIO DOS 5 ÚLTIMOS ANOS		20mSv										

Código de Identificação	CPF	Nome	Registro na categoria profissional de classe	Formação Acadêmica	Função	dose efetiva em mSv					MÉDIA PERÍODO ÚLTIMOS 5 ANOS CONSECUTIVOS	Conclusão
						2007	2008	2009	2010	2011		
RT												
DR												
Médico R												
Técnico R												

**Figura III. 7** – Base de transferência de dados de controle quinzenal da monitoração individual

dose efetiva em mSv							MÉDIA PERÍODO ÚLTIMOS 5 ANOS CONSECUTIVOS	Conclusão
2007	2008	2009	2010	2011				
	=	=	=	=				
	=	=	=	=				
	=	=	=	=				
	=	=	=	=				

**Figura III. 8** - Área de transferência de dados da base de controle de monitoração individual quinzenal.

#### III.4.4 – Controle de treinamento periódico em radioproteção e procedimentos técnicos na aquisição de diagnóstico por imagem

Base de dados que destina a armazenar os cronogramas de treinamento periódico obrigatório de todos os profissionais ocupacionalmente expostos, conforme previsto na portaria 453/98, onde define que “os titulares devem implementar um programa de treinamento anual, integrante do programa de proteção radiológica” (BRASIL,1998).

As digitalizações dos certificados permitiram uma imediata consulta da comprovação das participações individuais dos profissionais envolvidos. A figura III.9 apresenta a ficha de dados de controle periódico de treinamento, destacando o *link* para o arquivo de documentação individual de cada profissional ocupacionalmente exposto, garantindo a documentação de sua participação.

Cadastro de Participação nos Treinamentos Periódicos						
Código de Identificação	CPF	Nome	Função	certificados	Data	
					Realização	Programada para
			RT	<a href="#">certificados</a>		
			SPR	<a href="#">certificados</a>		
			Médico Radiologista	<a href="#">certificados</a>		
			Técnico em Radiologia	<a href="#">certificados</a>		

**Figura III. 9** – Base de lançamento de dados de controle de frequência em treinamento periódico

### III.5 – Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Avaliação de Desempenho do Sistema de Processamento de Filmes Radiográficos.

#### III.5.1 – Cadastro da câmara escura

Base de dados que se destina ao cadastramento dos acessórios específicos da câmara escura, do sistema de processamento implementado, das processadoras automáticas, da empresa responsável pelo recolhimento dos rejeitos químicos gerados no processamento ou do sistema de tratamento químico utilizado, conforme estabelece a RDC 306/04 – da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) e da



empresa responsável pela manutenção periódica e preventiva da processadora automática dos filmes radiográficos. Nesta base de dados é fundamental o registro da empresa contratada junto a FEEMA, a qual deverá apresentar o registro devidamente publicado em diário oficial, permitindo sua digitalização e anexo ao contrato de prestação de serviço que deverá ser assinado entre as partes. A figura III.10 apresenta a primeira parte da ficha de registro de dados da câmara escura, onde são registrados os equipamentos nela disponibilizados e a figura III.11 apresenta a segunda parte da ficha de registro da câmara escura onde são registrados os dados da empresa responsável pela manutenção da processadora e da empresa responsável pelo recolhimento do rejeito químico de processamento.

Cadastro da Câmara Escura							
Cadastro dos equipamentos de exaustão e iluminação							
Código de Identificação	Equipamento	Fabricante	Modelo	Ano de fabricação	Ano de instalação	Número de Série	Posição de instalação no ambiente
1	Exaustor						
2	Luz de segurança						
3	Luz de ambiente						
4	Luz Negra						
Análise complementar para processamento no sistema manual							
5	Termometro						
6	Cronometro						
7	Higromêtro						
Cadastro do sistema de processamento dos filmes radiográficos							
Código de Identificação	Tipo de processamento	Fabricante	Modelo	Ano de fabricação	Ano de instalação	Número de Série	
8							
9							
10							
11							
12							

**Figura III. 10** - Ficha de cadastro da câmara escura – registro dos equipamentos

Cadastro da empresa responsável pelo recolhimento do resíduo químico ( RDC 306/04 )							
Instituição		CNPJ	Responsável Técnico	Telefone de contato	Período de contrato	Registro na FEEMA	
Registro do equipamento de tratamento do resíduo químico							
Código de Identificação	Tipo de processamento	Fabricante	Modelo	Ano de fabricação	Ano de instalação	Número de Série	Registro na FEEMA
Cadastro da empresa de manutenção da processadora							
Instituição		CNPJ	Responsável Técnico	Telefone de contato	Período de Contrato		

**Figura III. 11** – Cadastro da Câmara Escura – Registro das empresas de manutenção e recolhimento dos resíduos químicos.

### III.5.2 – Parâmetros de análise da avaliação de desempenho da processadora automática de filmes radiográficos

Base de dados que se destina a definir os testes que deverão ser realizados pela empresa responsável pela manutenção preventiva do sistema de processamento dos filmes radiográficos e catalogar seus resultados. Permitindo um rigoroso acompanhamento do desempenho do sistema de ciclo de processamento, incluindo tempo total e taxa de reposição do volume de revelador e fixador por filme utilizado e condições de desgaste das engrenagens de tração mecânica do equipamento. Estes dados permitiram adotarmos procedimentos preventivos e projetarmos o período de durabilidade das engrenagens, permitindo a adoção de um cronograma de manutenção, incluindo troca de peças, evitando sua quebra durante o expediente e a paralisação desnecessária do serviço para uma manutenção que pode durar até alguns dias, gerando um grande prejuízo para a instituição. A figura III.12 apresenta a primeira parte da ficha com registro de dados do sistema de desempenho de controle de temperatura e velocidade da processadora que deverá ser averiguado a cada procedimento de manutenção e a figura III.13 apresenta a segunda parte da ficha com registro de dados

das condições de operação das engrenagens do sistema de tração da processadora automática.

Parâmetros de Análise de avaliação de desempenho da processadora automática de filmes radiográficos								
Cadastro da processadora automática em avaliação								
Código de Identificação	Tipo de processamento	Fabricante	Modelo	Ano de fabricação	Ano de instalação	Número de Série		
Avaliação dos procedimentos de manutenção preventiva da processadora								
Filme de referência:	<b>36cmx16cm</b>							
Tempo de ciclo (s)	Taxa de reposição revelador(milfilme)	taxa de reposição fixador(milfilme)	sistema de recirculação	manutenção de temperatura revelador(°C)	manutenção de temperatura fixador(°C)	Sensores de presença e partida do sistema	controle de temperatura do sistema de secagem(°C)	
Valores de referência	90	2	2	funcionando	35	35	funcionando 60	
Data da avaliação	Resultado da avaliação							

**Figura III. 12 - primeira parte da ficha de análise da avaliação de desempenho da processadora automática de filmes radiográficos.**

Sistemas de rolos e engrenagens							
	Avaliação física do rack de revelação	Avaliação física do rack de fixação	Avaliação física do rack de lavagem	Avaliação física do rack de secagem	Avaliação Física dos rack de cross-over revelador/fixador	Avaliação física dos rack de cross-over fixador/lavagem	Avaliação física dos rack de cross-over lavagem/secagem
Referência	Funcionando						
Data da avaliação	Resultado da avaliação						

**Figura III. 13** - segunda parte da ficha de análise da avaliação de desempenho da processadora automática de filmes radiográficos

**III.5.3 – Parâmetros de análise das condições de uso do conjunto chassis/écran**

Base de dados que se destina ao cadastramento de todos os conjuntos chassis/écran disponibilizados para uso, permitindo a programação das limpezas periódicas e dos testes de contato tela filme, catalogando seus resultados e definindo as condições de uso de cada conjunto, denominados de “em conformidade ou não conformidade”, permitindo a realização de trocas dos écrans, chassis ou sua redistribuição de uso, quando se fizer necessário, baseado nas análises dos resultados obtidos. Esta base de dados possui um link para o memorial descritivo onde serão registrados os procedimentos de limpeza e formalização de procedimentos para execução dos testes de contato tela/filme. O teste de contato tela/filme deve ser realizado no período máximo semestral, conforme sugerido na portaria 453/98 ( 4.45c ), porém para uma maior eficiência de seu controle realizaremos estes testes com períodos trimestrais ou quando for observado um procedimento que comprometa o desempenho do conjunto. A limpeza dos écrans será realizada bimestralmente, não sendo estabelecido em nenhum documento consultado um período específico, porém definindo que a frequência de uso deve ser considerada e a limpeza deve ser

estabelecida de maneira proporcional a esta frequência (EASTMAN KODAK COMPANY, 2004). A figura III.14 apresenta a ficha de registro de dados, onde poderão ser inseridos n conjuntos chassis/écran, para controle de catálogo, registro de limpeza periódica e teste registro de desempenho do contato tela/filme dos conjuntos.

Cadastro do conjunto chassis / écran				
código	Chassis		Ecran	
	Tamanho	Fabricante	Fabricante	Velocidade
001				
002				
003				
004				
005				
006				
007				

Datas programadas de limpeza / condições de avaliação				
Código				
001	outubro-07		abril-08	
002	outubro-07		abril-08	
003	outubro-07		abril-08	
004	outubro-07		abril-08	
005	outubro-07		abril-08	
006	outubro-07		abril-08	
007	outubro-07		abril-08	

Avaliação contato tela - filme				
Cadastro do instrumento de teste				
	fabricante	modelo	número de série	
Código	data	condição de avaliação	data	condição de avaliação
001	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
002	outubro-07	Necessita troca	abril-08	
003	outubro-07		abril-08	
004	outubro-07		abril-08	
005	outubro-07		abril-08	
006	outubro-07		abril-08	
007	outubro-07		abril-08	

Figura III. 14 - ficha de análise do conjunto chassis/écran

### III.5.4 – Parâmetros de análise das condições de luminescência do negatoscópio

Base de dados que se destina ao cadastramento de todos os Negatoscópios disponibilizados para uso no setor de radiologia diagnóstica, permitindo a programação das limpezas periódicas e dos testes luminescência, catalogando seus resultados e definindo as condições de uso de cada corpo, denominados de “em conformidade” quando a luminescência estiver apresentando valores medidos entre 3000 a 3500 nit

(lux/m<sup>2</sup> ou Cd/m<sup>2</sup>) ou “não conformidade” quando os valores estiverem fora da faixa apresentada, levando-se em consideração que a luz ambiente deve estar estabelecida em 50 lux/m<sup>2</sup>, conforme estabelecido na portaria 453/98. Esta base de dados possui um link para o memorial descritivo onde serão registrados os procedimentos de limpeza e formalização de procedimentos para execução dos testes de luminescência, devendo o teste ser realizado em período trimestral ou quando se fizer necessário a troca do conjunto de lâmpadas do negatoscópio. O instrumento utilizado é um luxímetro ou candelômetro, devendo ser posicionado nos 5 pontos de referência do negatoscópio (central, extremidade superior e inferior direita, extremidade superior e inferior esquerda) devendo ser obedecida a distância de 3 cm nas medidas da extremidade. A figura III.15 apresenta a ficha de dados da avaliação dos negatoscópio, onde podemos catalogar e registrar suas condições de luminescência.

Identificação do negatoscópio		sala Laudo 01 -
Luminosidade do ambiente ( lux/m <sup>2</sup> )		
Data	Identificação do campo	Luminescência ( Lux/m <sup>2</sup> )
2/11/2007	Central	
	direita superior	
	direita inferior	
	esquerda superior	
	esquerda inferior	
	Central	
	direita superior	
	direita inferior	
	esquerda superior	
	esquerda inferior	
	Central	
	direita superior	
	direita inferior	
	esquerda superior	
	esquerda inferior	
	Central	
	direita superior	
	direita inferior	
	esquerda superior	
	esquerda inferior	

**Figura III. 15** – Ficha de Parâmetros de análise das condições de luminescência do negatoscópio

### **III.5.5 – Parâmetros de testes para classificação das condições operacionais do sistema de processamento radiográfico**

Base de dados destinada a classificar as condições de operação da câmara escura, utilizando-se como referência a metodologia proposta pela KODAK. Realizado através da análise de teste sensitométrico, sendo necessária a utilização de um instrumento de teste denominado sensitômetro, que tem por função produzir uma faixa de sensibilização no filme radiográfico com densidades óticas variáveis em função da intensidade de luz por ele gerada, e um instrumento denominado densitômetro, que irá fazer a leitura da densidade ótica de cada ponto sensibilizado, após o processamento radiográfico. O filme será submetido às condições de influência da luz ambiente, verificando as condições de manutenção de véu de base. Para tanto teremos quatro procedimentos a serem seguidos:

- a) Retirar o primeiro filme com a câmara escura com total ausência de luz, realizar a sensibilização com o sensitômetro e submeter ao processamento radiográfico. Esta leitura será adotada como resultado padrão para os testes de comparação e classificação da câmara escura;
- b) Retirar o segundo filme com a lâmpada de segurança acesa, realizar a sensibilização do filme, deixá-lo exposto a esta luz por 1 minuto e ao término submeter ao processamento radiográfico;
- c) Repetir os procedimentos anteriores com o tempo de exposição à luz de segurança estabelecido de 2 minutos e 4 minutos.

A tabela de análise de dados desenvolvida irá comparar as leituras de densidade óticas obtidas e classificar a câmara escura em:

- a) Excelente – se todos os valores de densidade ótica obtidos, para qualquer tempo de exposição a luz de segurança, não apresentar nenhum desvio superior a 0,05DO, dos valores padrões correspondentes estabelecidos;

b) Boas condições – se qualquer valor de densidade ótica obtido, com o tempo de exposição à luz de segurança de 4 minutos, apresentarem desvio superior a 0,05DO, dos valores padrões correspondentes estabelecidos;

c) Reprovado – se qualquer valor de densidade ótica obtido, com o tempo de exposição à luz de segurança entre 1 e 2 minutos, apresentar desvio superior a 0,05DO, dos valores padrões correspondentes estabelecidos.

Estes resultados serão apresentados em gráficos de curva sensitométrica, facilitando a interpretação dos resultados e possíveis desvios encontrados. A figura III. 16 apresenta a ficha de registro de dados das densidades óticas obtidas nos testes de classificação do sistema de processamento.

<b>Classificação das condições operacionais do Sistema</b>				
<b>Teste Sensitométrico</b>				
Código	Instrumento	fabricante	modelo	número de série
1	0	0	0	0
Steps	Densidade Ótica log I <sub>s</sub> /I <sub>0</sub> leitura imediata s/ luz de segurança (padrão)	Densidade Ótica log I <sub>s</sub> /I <sub>0</sub> leitura c/ 1 minuto c/ luz de segurança	Densidade Ótica log I <sub>s</sub> /I <sub>0</sub> leitura c/ 2 minutos c/ luz de segurança	Densidade Ótica log I <sub>s</sub> /I <sub>0</sub> leitura c/ 4 minutos c/ luz de segurança
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				

<b>Níveis de Densidade Ótica de Referência</b>			
Nível de referência	Degrado de Exposição	Valor Padrão	Valor Média Obtida
Baro + Faq	1	0,000	#NÚM!
Patamar	21	0,000	#NÚM!
Latitude	12	0,000	#DIV/0!
Sensibilidade	9	0,000	#DIV/0!
Contraste	13	0,000	#DIV/0!

<b>Classificação do sistema de processamento radiográfico</b>	
<b>Conclusão:</b>	<b>excelente</b>

Figura III. 16 - Ficha de classificação das condições operacionais do sistema de processamento radiográfico



### **III.5.6 – Testes sensitométricos de avaliação da manutenção das condições operacionais do sistema de processamento radiográfico**

Base de dados destinada a registrar todos os resultados obtidos nos testes sensitométricos realizados de maneira periódica. No processo de avaliação da manutenção das condições operacionais, devem-se realizar os testes em três períodos distintos do dia (manhã, tarde e noite), estabelecendo sempre horários definidos, a fim de poder acompanhar a homogeneidade de resposta do sistema, no decorrer do expediente de atendimento.

Segundo a EASTMAN KODAK COMPANY, 2004, este procedimento inicialmente deve ser diário, podendo ser posteriormente espaçado a medida que os resultados forem se tornando constantes e confiáveis, porém não podendo ser superior a 4 dias. Outra condição obrigatória dos testes será sempre após a preparação de um novo conjunto de químico para o processamento e limpeza do sistema. Para análise dos dados obtidos, é necessário desenvolver duas bases de dados:

- Registro dos dados dos testes sensitométricos:

Base de dados que irá armazenar todos os valores de densidade ótica obtidos, separados por dia e período em que o teste foi realizado e a constância da manutenção da temperatura do revelador e fixador.

- Análise comparativa dos testes sensitométricos realizados:

Base de dados que irá transferir os resultados das densidades óticas obtidas e comparar aos valores padrões estabelecidos nos “Parâmetros de testes para classificação das condições operacionais do sistema de processamento Radiográfico”. Mantendo os critérios de classificação do sistema. Os resultados irão gerar um gráfico com as curvas sensitométricas, facilitando a interpretação dos resultados. A figura III.17 apresenta a ficha da base de dados onde serão registrados todos os valores de densidade ótica obtido no período de teste realizado, gerando posteriormente os resultados em gráficos comparativos.

Registros de dados dos testes sensitométricos

Temperatura °C			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Revelador	fixador	Data																					
		13/11/2007																					
		Manhã																					
		Tarde																					
		Noite																					
		Manhã																					
		Tarde																					
		Noite																					
		Manhã																					
		Tarde																					
		Noite																					

**Figura III. 17** – ficha de dados das leituras sensitométricas periódicas

### III.5.7 – Teste de avaliação do PH dos compostos químicos do sistema de processamento radiográfico

Base de dados destinados aos registros de avaliação do PH do composto químico revelador e fixador. Os valores de referência utilizados serão os sugeridos pela KODAK, onde se propõe o equilíbrio da alcalinidade do revelador e acidez do fixador de modo a obtermos o melhor desempenho do composto. Os valores de referência da alcalinidade do revelador devem ser mantidos entre 10 e 11, enquanto a acidez do fixador entre 4 e 5. Os testes deverão ser realizados a cada novo preparo, devendo ser adquiridos dos compostos no tanque de reserva e nos tanques internos das processadoras, gerando gráficos comparativos, facilitando a interpretação dos resultados. A figura III.18 apresenta a base de dados para registro das avaliações dos níveis de PH dos compostos químicos dos recipientes internos e externos da sistema de processamento radiográfico.

Testes de Avaliação do PH dos Compostos Químicos do Sistema de Processamento Radiográfico						
Teste de PH						
Código	Instrumento	fabricante	modelo	número de série		

Revelador
-----------

valor mínimo:	10
valor máximo:	11

Data do preparo						
	leitura	leitura	leitura	leitura	leitura	leitura
interno						
externo						

Fixador
---------

valor mínimo:	4
valor máximo:	5

Data do preparo						
	leitura	leitura	leitura	leitura	leitura	leitura
interno						
externo						

**Figura III. 18 – Ficha de controle do PH revelador e fixador**

### **III.6 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central (Análise de Rejeitos Radiográficos)**

Base de dados destinada a registrar os exames rejeitados em um serviço de radiodiagnóstico. Este procedimento irá permitir a elaboração de um Perfil Negativo da Instituição, fornecendo dados para a elaboração das prioridades de correção a serem adotadas, tornando o trabalho objetivo e otimizado. Para esta avaliação é gerada uma base de dados específica, permitindo registrar e gerar relatórios onde se pode identificar cada profissional e associá-lo aos erros mais frequentemente cometidos por ele, proporcionando um trabalho de recuperação e atualização profissional. Esta base de dados importa do cadastro funcional a escala de serviço e através da adoção de um

código que identifica o profissional e o dia da semana em que ele trabalha, permitindo registrar todos os erros que foram cometidos e levaram a rejeição do exame. Para um processo de análise que leve a um resultado imediato, foi desenvolvido base de dados específica para cada tipo de relação entre o profissional e o procedimento realizado, facilitando a análise dos dados e seus resultados se tornando mais diretos e otimizado. Estes resultados estarão indicando ao profissional responsável pelo treinamento a objetividade dos procedimentos que deveram ser adotadas, proporcionando à recuperação de seu profissional a reorganização de sua equipe e os treinamentos periódicos específicos, despertando no profissional a importância de sua dedicação e demonstrando, através dos resultados, a necessidade da implementação com a obrigatoriedade de sua participação. Desta forma, definimos as bases de dados como:

### **III.6.1 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de exame rejeitado (Registro da Análise):**

Base de dados destinada a registrar os exames que são rejeitados associados aos profissionais que o executaram, adotando-se os códigos de identificação do profissional, previamente definidos na elaboração da escala de serviço. Deverá conter a relação dos exames realizados, catalogados por região anatômica, obedecendo aos critérios de interpretação das solicitações médicas. O profissional responsável pela análise deverá possuir capacitação em interpretação de anatomia radiológica ou solicitar auxílio de um profissional da radiologia, o número total de dados registrados deverá ser confrontado com o número de películas disponibilizadas para análise mantendo a proporção de um para um (1x1), tornando confiável o resultado. A figura III.19 apresenta a base de dados para registro dos tipos de exames perdidos classificados por região anatômica, onde o campo deverá ser preenchido com o número de identificação do técnico e o código do dia da semana de seu plantão transportados da ficha apresentada na figura III.20.

**Figura III. 19 – Ficha Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de exame rejeitado**

Avaliação de Desempenho dos Profissionais

Escala de Serviço

tecnico	a	b	c	d	e	f	g
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sábado	domingo
Técnico 1	x1	0	0	x2	0	0	0
Técnico 2	0	x1	0	0	x2	0	0
Técnico 3	0	0	x1	0	0	x2	0
Inexistente	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7

Registro de erros profissional x exame

1) tórax	2) abdômem	3) coluna cervical	4) coluna torácica	5) coluna lombar	7) extremidade superior (mão à cotovelo)	8) braço e ombro	9) extremidade inferior (pe à joelho)	10) Coxa e pelve	10) cabeça	11) Não exposto / velamento total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Número de películas analisadas: 0

*O número de películas registradas não esta compatível com o número de películas informada*

### III.6.2 - Análise de dados da Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de exame rejeitado:

Base de dados automatizada, onde todos os resultados registrados no “Registro da Análise” em III.6.1 são transferidos e ordenados de forma a serem posteriormente analisados mantendo a relação profissional, tipo de exame e quantidade individualmente rejeitados, permitindo identificar o ponto específico ao qual o profissional deverá ser atualizado, tornando uma ferramenta de grande importância na recuperação e treinamento específico. Esta base de dados permitirá obter outros resultados, apresentados em forma de gráfico, onde o sigilo e a integridade do profissional será preservada, não expondo seus resultados aos demais profissionais, utilizando-se códigos de identificação paralelos.

Dentre os resultados obtidos destaca-se a identificação dos exames que apresentam o maior índice de rejeição, o profissional que apresenta a maior deficiência

na execução deste exame e o plantão de maior índice de rejeição de exames, apresentado na figura III.21.

As figuras III.20 e III.22, apresentam a base de dados que irão registrar e contabilizar, de forma automática, os dados registrados na ficha apresentada na figura III.19, gerando os dados estatísticos necessários a desenvolver os gráficos que definirão o perfil da empresa e de seus funcionários ocupacionalmente expostos em relação aos tipos de exames rejeitados.

Análise de Rejeitos Radiográficos.

Avaliação de Desempenho dos Profissionais

**Análise dos resultados de Erros profissional x exame**

Total de filmes inutilizados:	
-------------------------------	--

Período de:	
-------------	--

Total de filmes utilizados	
----------------------------	--

Percentual de filmes inutilizados	
-----------------------------------	--

Nome	Plantão 1	Código	1) tórax	2) abdomen	3) coluna cervical	4) coluna torácica	5) coluna lombar	7) extremidade superior (mão à	8) braço e ombro	9) extremidade inferior (pe à	10) Coxa e pelve	10) cabeça	11) Não exposto / relato total	total por Plantão x profissional	Total geral profissional	percentual de erros do total de filmes	percentual de erros do total de filmes
Técnico 1	segunda	1a															
	quinta	1d															
	folga		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	total		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Percentual																	
Técnico 2	terça	2b															
	sexta	2e															
	folga		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	total		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Percentual																	
Total por exame																	
Percentual por exame																	

**Figura III. 20** - primeira parte da base de dados com resultados estatísticos dos registros lançados na ficha apresentada na figura III.19

1) tórax	2) abdomem	3) coluna cervical	4) coluna torácca	5) coluna lombar	7) extremidade superior( mão à cotovelo)	8) braço e ombro	9) extremidade inferior ( pe à joelho)	10) Coxa e pelve	10) cabeça	11) Não exposto / velamento total	total por Plantão x profissional
----------	------------	--------------------	-------------------	------------------	--	------------------	--	------------------	------------	-----------------------------------	----------------------------------

**Figura III. 21** – destaque dos parâmetros relacionados para avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de exame rejeitado

Código plantão	Total	percentual de erros do total de filmes analisados	percentual de erros do total de filmes Utilizados
segunda	0	0%	0%
terça	0	0%	0%
quarta	0	0%	0%
quinta	0	0%	0%
sexta	0	0%	0%
sábado	0	0%	0%
domingo	0	0%	0%
total	0		

	1) tórax	2) abdomem	3) coluna cervical	4) coluna torácca	5) coluna lombar	7) extremidade superior	8) braço e ombro	9) extremidade inferior	10) Coxa e pelve	10) cabeça	11) Não exposta / velamento total
segunda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
terça	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
quarta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
quinta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sexta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sábado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
domingo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
percentual	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

	Total de erro		
	Inutilizados	geral	
técnico 1	0	0%	0%
técnico 2	0	0%	0%
Inexistente	0	0%	0%

**Figura III. 22** – segunda parte da base de dados com resultados estatísticos dos registros lançados na ficha apresentada na figura III.19.

### III.6.3 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado a realização do exame (Registro da Análise):

Base de dados destinada a registrar os erros operacionais relacionados à realização do exame associados aos profissionais que o executaram. Utilizando os

mesmos critérios definidos no item III.6.1, esta base de dados deverá conter a relação dos procedimentos operacionais de realização de exames mais frequentemente utilizados. O profissional responsável pela análise deverá possuir capacitação em geometria da formação de imagens radiográficas e procedimentos técnicos operacionais ou solicitar auxílio de um profissional da radiologia. O número de incorreções encontrado poderá ser superior ao número de películas analisadas, podendo ter vários erros em uma única película.

Os itens III.6.3 a III.6.8, utilizam as planilhas com a mesma base de dados, sendo somente alterados os parâmetros de referência analisados. A figura III.23 apresenta os itens que foram utilizados como parâmetros de análise para avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado a realização do exame.

1) Filme não adequado para o exame	2) colimação não adequada	3) Erro de posicionamento do filme	4) Erro de posicionamento do paciente	5) Identificação mal posicionada	6) Filme com duas (2) exposições	7) Filme superexposto	8) Filme subexposto	9) Filme não exposto
------------------------------------	---------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-----------------------	---------------------	----------------------

**Figura III. 23** – destaque dos parâmetros relacionados à avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado a realização do exame

#### **III.6.4 - Análise de dados da Avaliação de desempenho dos profissionais por erro operacional relacionado a realização do exame:**

Base de dados automatizada, onde todos os resultados registrados geram os resultados estatísticos onde destacaremos a identificação dos erros operacionais mais frequentemente cometidos, o profissional que apresenta a maior frequência por tipo de erro, o plantão que apresenta o maior índice de rejeição por tipo de erro operacional e os plantão de maior frequência de erro operacional.



### **III.6.5 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado à câmara escura (Registro das análises):**

Base de dados destinada a registrar os erros operacionais relacionado a câmara escura associados aos profissionais que o executaram. Utilizando os mesmos critérios definidos no item III.6.1, esta base de dados deverá conter a relação dos procedimentos operacionais na câmara escura mais freqüentemente realizados. O profissional responsável pela análise deverá possuir capacitação em processamento radiográfico ou solicitar auxílio de um profissional da radiologia, apresentado na figura III.24. O número de incorreções encontrado poderá ser superior ao número de películas analisadas, podendo ter vários erros em uma única película.

1) Filme preso na processadora	2) Filme sujo pela processadora	3) Filme arranhado	4) Filme com impressão digital	5) Filme velado na câmara escura	7) Filme com eletricidade estática	8) Chassis com dois filmes
--------------------------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	----------------------------

**Figura III. 24** – Destaque para os parâmetros relacionados à avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado à câmara escura

### **III.6.6 – Análise de dados da Avaliação de desempenho dos profissionais por erro operacional na câmara escura**

Base de dados automatizada, onde todos os resultados são registrados na base de dados III.6.5. Dentre os resultados obtidos destacaremos a identificação dos erros operacionais mais freqüentemente cometidos, o profissional que apresenta a maior freqüência por tipo de erro, o plantão que apresenta o maior índice de rejeição por tipo de erro operacional e os plantão de maior freqüência de erro operacional.

### **III.6.7 – Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado ao comando e controle do paciente – Registro de Análise**

Base de dados destinada a registrar os erros operacionais relacionado ao comando e controle do paciente, incluindo as vestimentas utilizadas, associadas aos profissionais que o executaram. Utilizando os mesmos critérios definidos no item III.6.1, esta base de dados deverá conter a relação dos procedimentos a serem observados antes e durante o período de acionamento da sistema emissor de radiação. O profissional responsável pela análise deverá possuir capacitação em técnicas de incidências radiográficas ou solicitar auxílio de um profissional da radiologia. O número de incorreções encontrado poderá ser superior ao número de películas analisadas, podendo ter vários erros em uma única película.

1) Paciente não cooperativo na cadeira	2) paciente não cooperativo na maca	3) Paciente respirou durante o exame	4) Paciente se movimentou durante o exame	5) Artefato de uso pessoal na imagem	6) Artefato por defeito do ecran	7) Artefato por resíduo de contraste
--	-------------------------------------	--------------------------------------	---	--------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------

**Figura III. 25** – Destaque para os parâmetros relacionados à avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado ao comando e controle do paciente

### **III.6.8 – Análise de dados da Avaliação de desempenho dos profissionais por erro operacional relacionado ao comando e controle do paciente**

Base de dados automatizada, onde todos os resultados registrados na base de dados III.6.7 serão transferidos para esta, destacando a identificação dos erros operacionais mais freqüentemente cometidos, o profissional que apresenta a maior freqüência por tipo de erro, o plantão que apresenta o maior índice de rejeição por tipo de erro operacional e os plantões de maior freqüência de erro operacional.

### III.7 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Cadastro dos Instrumentos de Teste Utilizados.

Base de dados destinada a cadastrar os instrumentos de testes que serão utilizados em todos os procedimentos de avaliação dos parâmetros físicos estabelecidos no capítulo 4 da Portaria 453/98MS. Estes testes avaliam o desempenho do equipamento e serão aplicados tanto no projeto de implementação do programa de garantia da qualidade como nos procedimentos de avaliação para licenciamento da instituição junto a Vigilância Sanitária Estadual ou Municipal. Este cadastro deverá conter nome do fabricante, modelo do instrumento, número de identificação de série, data de sua última calibração e fator de correção, quando se fizer necessário. A figura III.26 apresenta a ficha de dados para registro dos instrumentos utilizados para realização dos testes, os quais serão transferidos para a base de dados dos testes em que são utilizados de forma automática.

Cadastro dos Instrumentos utilizados para os testes de desempenho dos equipamentos radiológicos e processamento radiográfico							
	Local de teste	Instrumento	fabricante	modelo	número de série	data de calibração	fator de correção
1							
2							
3							
4							
5							
6							

**Figura III. 26** – Ficha de Cadastro dos Instrumentos de Teste Utilizados

### III.8 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Cadastro do equipamento de raios X.

Esta base de dados será aplicada para cada equipamento avaliado e deverá ser associada aos parâmetros físicos, que constarão no capítulo III.9, apresentando um

relatório de desempenho das conformidades ou não conformidades. Deverá obrigatoriamente conter os dados cadastrais do equipamento, tornando de grande clareza sua identificação e de seus acessórios permanentes. A figura III.27 apresenta a ficha de dados de cadastro do equipamento emissor de radiação X.

Fabricante	
Ano de Fabricação	
Alimentação de Rede	
Retificação de Corrente de Alimentação do Tubo	
Constante Operacional Sugerida	
Registro no Ministério da Saúde	

Característica do Gerador					
Modelo	Mobilidade	Nº SÉRIE	Faixa de Tensão nominal (Kvp)	Faixa de Corrente nominal (mA)	Faixa de Tempo de Exposição Nominal (s)

Característica do Tubo		
Fabricante	Modelo	Nº Série

Característica do Cabeçote		
Fabricante	Modelo	Nº Série

Característica do Colimador Luminoso de Lâminas ajustáveis		
Fabricante	Modelo	Nº Série

**Figura III. 27 – Ficha de Cadastro do equipamento de raios X**

### **III.9 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central – Controle de avaliação visual das condições operacionais do equipamento.**

Base de dados destinada a registrar a frequência de realização da manutenção preventiva, mantendo o registro das condições de avaliação da precisão do alinhamento da perpendicularidade do cabeçote com a mesa de exame, precisão do alinhamento do

deslocamento de translação da coluna vertical e centralização do foco luminoso com a linha central da mesa e precisão do alinhamento do deslocamento de translação da coluna vertical e centralização do foco luminoso com a linha central da estativa bucky e avaliação visual dos fatores operacionais do comando, utilizados como parâmetros de estabilidade do sistema durante um procedimento radiográfico, de acordo com a figura III.28.

	Precisão do ajuste mecânico do seletor de Kvp no gerador		Precisão do ajuste mecânico do seletor de mA no gerador		Precisão do ajuste mecânico do seletor de tempo de exposição no gerador		Precisão do ajuste mecânico do seletor de mAs no gerador		precisão do ajuste do seletor de foco no co-gerador		Precisão do alinhamento da perpendicularidade do cabeçote com a mesa de exame		precisão do alinhamento do deslocamento de translação da coluna vertical e centralização do foco luminoso com a linha central da mesa		precisão do alinhamento do deslocamento de translação da coluna vertical e centralização do foco luminoso com a linha central da estativa bucky vertical	
Data de avaliação	Resultado da avaliação															
	Inicial	final	Inicial	final	Inicial	final	Inicial	final	Inicial	final	Inicial	final	Inicial	final	Inicial	final

**Figura III. 28** – Ficha de Controle de avaliação visual das condições operacionais do equipamento

### III.10 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central - Análise dos parâmetros físicos recomendados pela portaria 453/98MS

Base de dados destinada a registrar e apresentar a conclusão de conformidade ou não conformidade dos parâmetros analisados, baseados nas referências apresentadas na portaria 453/98MS. Visando uma uniformidade de procedimento a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Nacional) editou um documento denominado “Radiodiagnóstico Médico – Segurança e Desempenho de Equipamentos”, no qual será comentado na definição das montagens dos ensaios para obtenção dos resultados a serem registrados nas planilhas de dados. Os objetos de testes e a montagem dos ensaios, para obtenção de dados, serão descritos no Projeto de Implementação do Programa de Garantia da Qualidade e estarão disponíveis para consulta através de link com a respectiva base de dados. Os desvios, para fins de implementação do projeto de garantia da qualidade, receberão a classificação de “necessidade de manutenção”, sempre que os resultados apresentarem um valor igual ou maior que 50% do desvio máximo estabelecido,

gerando uma margem de segurança e otimizando o processo de prevenção de não conformidades.

### **III.10.1 – Avaliação de desempenho do sistema de colimação e alinhamento do eixo central do feixe de raios X**

Base de dados cujo objetivo é avaliar os desvios entre o campo luminoso e o campo, efetivamente, irradiado e o alinhamento do eixo central do feixe de raios X. Este teste é recomendado para ser realizado com frequência semestral, porém, para mantermos uma maior confiabilidade, recomendamos a sua realização mensal, tendo em vista os resultados apresentados no banco de dados da UERJ/LCR/PRS, onde 90% dos equipamentos avaliados apresentaram não conformidade neste parâmetro, justificados pelo grande número de movimentos, diários, realizados com o cabeçote no período de atendimento.

O objeto de teste para avaliação do sistema de colimação consiste de uma placa de alumínio ou acrílico onde apresenta uma área interna de 18 cm de comprimento por 14 cm de largura e dois círculos concêntricos de 1 cm e 2 cm de diâmetro, respectivamente, e um copo cilíndrico de 20 cm de comprimento e 8 cm de diâmetro em suas bases, possuindo ainda dois pontos de alta densidade no isocentro das bases. Os desvios possivelmente encontrados não poderão ultrapassar aos valores de referência de:

- a) Tamanho de campo – desvio máximo entre as bordas do campo irradiado e as bordas do campo luminoso não deve exceder a 2% da distância foco-filme utilizada para o teste. Recomenda-se a distância foco-filme de 100 cm, visando uma interpretação do resultado mais direta;
  
- b) O ângulo de desvio do eixo central do feixe de radiação, não deve ser maior que 3°.

A figura III.29 apresenta a ficha de dados com os resultados de análise dos parâmetros de avaliação de desempenho do sistema de colimação e alinhamento do eixo central do feixe de raios X.

<b>1 - Coincidência de Campo Visual com Campo de Radiação:</b>			
	Campo indicado (cm)	Campo irradiado (cm)	%
Horizontal	18		18,00
Vertical	14		14,00
<b>Desvio Máximo Aceitável: +/- 2% da distância foco-filme utilizada</b>			
<b>2 - Alinhamento do Eixo Central em Relação ao Eixo Perpendicular ao Plano de Irradiação:</b>			
<b>ponto de projeção do objeto de teste</b>			
primeiro círculo			
segundo círculo	x		
<b>Ângulo medido (<math>\alpha</math> em °):</b>	>1,5 e <3		
<b>Observação:</b>			
O desvio do campo de colimação e o alinhamento do eixo central medido devem estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO.			
<b>Conclusão:</b>	<b><i>Tamanho de Campo em Não conformidade</i></b>		
<b>Conclusão</b>	<b><i>Alinhamento do Eixo Central em Não</i></b>		

**Figura III. 29** – Ficha de Avaliação de desempenho do sistema de colimação e alinhamento do eixo central do feixe de raios X

### III.10.2- Avaliação das dimensões do ponto focal

Base de dados que irá registrar os resultados dos testes aplicados para aferição do tamanho do ponto focal. Os instrumentos utilizados é um objeto de teste cilíndrico, composto por um conjunto de padrão de barras, chassis sem écran. A técnica aplicada deverá ser alto contraste, permitindo uma contagem dos pares de linhas de modo a oferecer a maior precisão possível. Sua frequência de teste deve ser anual ou quando houver manutenção no tubo de raios X. a interpretação dos resultados deverá seguir o critério apresentado na figura III.30 e na tabela III.1, estabelecido pela ANVISA para comparação de resultados, com base na publicação da NEMA (National Electrical Manufacturers Association).

**Distância medida (cm):**

mA	
t(s)	
mAs	
Valor nominal mínimo do ponto focal	
Valor Nomina Máximo do ponto focal	

**Tabela fornecida pelo fabricante**

**Tabela NEMA**

Menor Grupo Resolvido	Grupos de pares de linha/mm	Maior dimensão do ponto focal	Selecionar o tamanho do ponto focal medido	Tamanho mínimo do ponto focal	Tamanho máximo do ponto focal
1	0,59	3,40		3,90	5,60
2	0,70	2,90		3,60	5,20
3	0,84	2,40		3,10	4,40
4	1,00	2,00		2,60	3,70
5	1,19	1,70		2,20	3,20
6	1,41	1,40		1,90	2,80
7	1,68	1,20		1,70	2,40
8	2,00	1,00		1,40	2,00
9	2,38	0,80		1,20	1,60
10	2,83	0,70		1,10	1,50
11	3,36	0,60		0,90	1,30

**Tabela NEMA ( Portaria 453/98)**

Tamanho nominal da Ponta Focal	Máxima dimensão recomendada		Tamanho nominal da Ponta Focal	Máxima dimensão recomendada	
	Largura (mm)	Comprimento (mm)		Largura (mm)	Comprimento (mm)
0,1	0,15	0,15	1,3	1,8	2,6
0,15	0,23	0,23	1,4	1,9	2,8
0,2	0,3	0,3	1,5	2	3
0,3	0,45	0,65	1,6	2,1	3,1
0,4	0,6	0,85	1,7	2,2	3,2
0,5	0,75	1,1	1,8	2,3	3,3
0,6	0,9	1,3	1,9	2,4	3,5
0,7	1,1	1,5	2	2,6	3,7
0,8	1,2	1,6	2,2	2,9	4
0,9	1,3	1,8	2,4	3,1	4,4
1	1,4	2	2,6	3,4	4,8
1,1	1,5	2,2	2,8	3,6	5,2
1,2	1,7	2,4	3	3,9	5,6

Figura III. 30 – Ficha de avaliação das dimensões do ponto focal



**Tabela III. 1 – Tamanho do ponto focal recomendados ( Portaria 453/98)**

Tamanho nominal do Ponto Focal	Máximas dimensões recomendadas	
	Largura	Comprimento
0,10	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,20	0,30	0,30
0,30	0,45	0,65
0,40	0,60	0,85
0,50	0,75	1,10
0,60	0,90	1,30
0,70	1,10	1,50
0,80	1,20	1,60
0,90	1,30	1,80
1,0	1,40	2,00
1,1	1,50	2,20
1,2	1,70	2,40
1,3	1,80	2,60
1,4	1,90	2,80
1,5	2,00	3,00
1,6	2,10	3,10
1,7	2,20	3,20
1,8	2,30	3,30
1,9	2,40	3,50
2,0	2,60	3,70
2,2	2,90	4,00
2,4	3,10	4,40
2,6	3,40	4,80
2,8	3,60	5,20
3,0	3,90	5,60

### III.10.3 – Avaliação de desempenho da Linearidade e Reprodutibilidade da Tensão do Tubo

Base de dados cujo objetivo é avaliar a variação dos valores de tensão (kV) aplicados ao tubo de raios X e sua reprodutibilidade, devendo ser registrado os 3 valores consecutivos de tensão, obtidos para cada valor nominal de referência utilizado. Para cada série de valores obtidos devemos aplicar a formalização de Linearidade e reprodutibilidade, não podendo o resultado de cada série exceder ao desvio de 10% do valor nominal estabelecido como referência, para o caso de avaliação dos parâmetros para licenciamento à Vigilância Sanitária. A base de dados está automatizada de modo a apresentar o resultado de não conformidade. O instrumento de teste deverá ser um

medidor de kV de leitura direta e não invasiva ao sistema elétrico do equipamento, apresentando uma incerteza de resposta máxima de 2%, confirmadas por certificado de calibração. A frequência deste teste é anual ou a após cada manutenção no sistema realizado.

As formalizações aplicadas são:

a) Linearidade (d)

$$d(\%) = 100x(kV_{nom} - kV_{médio} / kV_{nom}) \quad (\text{equação III.1})$$

onde:

$kV_{nom}$  = Valor de referência estabelecido no painel de comando;

$kV_{méd}$  = Média linear obtida dos 3 valores de exposição aplicados a cada valor nominal de referência.

b) Reprodutibilidade (R)

$$R(\%) = 100x[(kV_{máx} - kV_{min}) / (kV_{máx} + kV_{min}) / 2] \quad (\text{equação III.2})$$

onde:

$kV_{máx}$  = máximo valor de tensão das 3 medidas realizadas;

$kV_{min}$  = mínimo valor de tensão das 3 medidas realizadas.

A figura III.31 apresenta a ficha da base de dados onde serão registrados todos os valores medidos e gerados e os resultados que apresentaram a conclusão de conformidade ou não conformidade para os níveis de referência informados.

<b>Distância medida (cm):</b>	40					
<b>mA</b>						
<b>t(s)</b>						
<b>mAs</b>						
<b>Desvio máximo: + / -</b>	10%					
kVp indicado	kVp medido1	kVp medido2	kVp medido3	kVp Médio	Exatidão d(%)	Reprodução R(%)
50				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
60				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
70				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
80				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
90				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Máximo do desvio apresentado					#DIV/0!	#DIV/0!
<b>Observação:</b>						
A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permissível de 10%.						
<b>Conclusão:</b>						
Portaria	#DIV/0!					
	#DIV/0!					
PGQ	#DIV/0!					
	#DIV/0!					

**Figura III. 31** – Ficha de Avaliação de desempenho da Linearidade e Reprodutibilidade da Tensão do Tubo

### III.10.4 - Avaliação de desempenho da Linearidade e Reprodutibilidade da tensão do tubo em função da variação da corrente aplicada ao catodo

Base de dados cujo objetivo é avaliar a variação dos valores de tensão (kV) aplicados ao tubo de raios X e sua reprodutibilidade, quando variamos a corrente aplicada ao catodo, devendo ser registrado os 3 valores consecutivos de tensão, obtidos em cada exposição no instrumento de teste, tendo como referência um único valor de tensão de tubo selecionado. Para cada série de valores obtidos deve-se aplicar a formalização de linearidade e reprodutibilidade e a instrumentação aplicada no capítulo III.10.3, bem como utilizar seus critérios de avaliação e frequência de reprodução. A figura III.32 apresenta a ficha da base de dados onde serão registrados todos os valores medidos e gerados os resultados que apresentarão a conclusão de conformidade ou não

conformidades.

<b>Distância medida (cm):</b>	40
-------------------------------	----

mA	#DIV/0!
t(s)	
mAs	

kVp indicado	80
--------------	----

mA indicado	KVp medido1	KVp medido2	kVp medido3	kVp Médio	Exatidão d(%)	Reprodução R(%)
50				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
60				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
70				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
80				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
90				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Máximo do desvio apresentado					#DIV/0!	#DIV/0!

**Observação:**

A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permitido de 10%.

**Conclusão:**

Portaria	#DIV/0!
	#DIV/0!

PGQ	#DIV/0!
	#DIV/0!

**Figura III. 32** – Ficha de Avaliação de desempenho da tensão do tubo em função da variação da corrente aplicada ao catodo

### III.10.5 – Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade do tempo de exposição

Base de dados cujo objetivo é avaliar a variação dos valores de tempo de exposição aplicados ao tubo de raios X e sua reprodutibilidade, devendo ser registrado os 3 valores consecutivos de tempo de exposição, obtidos para cada valor nominal de referência utilizado. Para cada série de valores obtidos deve-se aplicar a formalização de Linearidade e reprodutibilidade, não podendo o resultado de cada série exceder ao desvio de 10% do valor nominal estabelecido como referência, para o caso de avaliação dos parâmetros para licenciamento à Vigilância Sanitária. A base de dados está automatizada de modo a apresentar o resultado de não conformidade.

O instrumento de teste deverá ser um medidor de tempo de exposição de leitura direta e não invasiva ao sistema elétrico do equipamento, apresentando uma incerteza de resposta máxima de 2%, confirmadas por certificado de calibração. A frequência deste teste é anual para fins de licenciamento e mensal para projeto de implementação do programa de garantia da qualidade ou a após cada manutenção no sistema realizado.

As formalizações aplicadas são:

a) Linearidade (d)

$$d(\%) = 100x(t_{nom} - t_{médio} / t_{nom}) \quad (\text{equação III.3})$$

onde:

$t_{nom}$  = Valor de referência estabelecido no painel de comando;

$t_{méd}$  = Média linear obtida dos 3 valores de exposição aplicados a cada valor nominal de referência.

b) Reprodutibilidade (R)

$$R(\%) = 100x[(t_{máx} - t_{mín}) / (t_{máx} + t_{mín}) / 2] \quad (\text{equação III.4})$$

onde:

$t_{máx}$  = máximo valor de tensão das 3 medidas realizadas para cada valor de referência;

$t_{\min}$  = mínimo valor de tensão das 3 medidas realizadas para cada valor de referência. A figura III.33 apresenta a ficha da base de dados onde serão registrados todos os valores medidos e gerados e os resultados que apresentarão a conclusão de conformidade ou não conformidades.

<b>Distância medida (cm):</b>	40
mA	#DIV/0!
t(s)	
mAs	
<b>kVp indicado</b>	80
<b>Desvio máximo aceitável:</b>	10%

Tempo indicado (s)	Tempo(s) medido1	Tempo(s) medido2	Tempo(s) medido3	Tempo(s) Médio	Exatidão d(%)	Reprodução R(%)
0,2				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
0,3				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
0,5				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
0,8				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
1,0				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Máximo do desvio apresentado					#DIV/0!	#DIV/0!

**Observação:**

A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permissível de 10%. Para aplicação e

**Conclusão:**

Portaria	#DIV/0!
	#DIV/0!
PGQ	#DIV/0!
	#DIV/0!

**Figura III. 33** – Ficha de Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade do tempo de exposição

### III.10.6 - Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da camada semi-redutora

Base de dados cujo objetivo é avaliar a camada semi-redutora (CSR) aplicada ao feixe de raios X, verificando a manutenção da qualidade do feixe aplicado aos exames. O instrumento utilizado é uma câmara de ionização, de pequeno volume, acoplada a um

eletrômetro e lâminas de alumínio variando de 0,5 mm a 3 mm. Deve-se obter 3 valores de exposição(kerma incidente), para cada milímetro de alumínio aplicado e uma série de leitura sem adicionar as lâminas de alumínio. A frequência deste teste será anual ou a cada procedimento de manutenção no conjunto tubo/cabeçote.

Aplicar a seguinte formalização:

$$CSR = (x_b \ln(2L_a / L_0) - x_a \ln(2L_b / L_0)) / \ln(L_a / L_b) \quad (\text{equação III.5})$$

onde:

$L_0$  = médias dos valores de exposição medidos sem utilização de filtro de alumínio.

$L_a$  = Leitura de exposição imediatamente superior a  $L_0/2$ .

$L_b$  = Leitura de exposição imediatamente inferior a  $L_0/2$ .

$X_a$  = espessura de alumínio (Al) correspondente à leitura de  $L_a$ .

$X_b$  = espessura de alumínio (Al) correspondente à leitura de  $L_b$ .

Os valores das camadas semi-redutoras deverão estar em conformidade com a tabela III.2 apresentada abaixo:

**Tabela III. 2** - Referência para valores camada semi-redutora (BRASIL,2005).

Tensão (kV)	CSR	
	Monofásico	Trifásico
70	2,1	2,3
80	2,3	2,6
90	2,5	3,0
100	2,7	3,2
110	3,0	3,5
120	3,2	3,9
130	3,5	4,1

A figura III.34 apresenta a ficha da base de dados onde serão registrados todos os valores medidos e gerados e os resultados que apresentaram a conclusão de conformidade ou não conformidades.

tempo (s):				
mAs indicado	20			
Filtro alumínio (mm)	kerma medido1 mGy	kerma medido2 mGy	kerma medido3 mGy	kerma no ar calculado (mGy)
0,00				#DIV/0!
0,50				#DIV/0!
1,00				#DIV/0!
1,50				#DIV/0!
2,00				#DIV/0!
2,50				#DIV/0!
3,00				#DIV/0!
3,50				#DIV/0!
4,00				#DIV/0!
4,50				#DIV/0!
5,00				#DIV/0!

	valor Kerma Calculado	Valor mmAl
Leitura de L0/2	#DIV/0!	2,5000
Leitura superior a L0/2 (La)		
Leitura inferior a L0/2 (Lb)		

Tabela de CSR estimada ( mmAl)		
KVp	Monofásico	Trifásico
70	2,10	2,3
80	2,30	2,6
90	2,50	3
100	2,70	3,2

CSR Calculada (mmAl)	#DIV/0!
Filtração a adicionar (mmAl)	#DIV/0!

**Observação:**

O valor de rendimento do tubo calculado, deverá ser utilizado como referência para testes futuros, devendo ser observado o parâmetro de menor desvio de exatidão nos testes de tensão, corrente e CSR, conforme estabelecido pela portaria 453 de 1º de junho de 1998.

**Conclusão:**

Portaria #DIV/0!

**Figura III. 34** – ficha de avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da camada semi-redutora

### III.10.7 – Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da taxa de Kerma no Ar

Base de dados cujo objetivo é avaliar a taxa de Kerma no ar em função da variação da corrente de tubo para um mesmo tempo de exposição determinado (mAs). O instrumento utilizado é uma câmara de ionização, de pequeno volume, acoplada a um eletrômetro. Este teste verifica a taxa de Kerma no ar sem levar em consideração o



efeito de retro espalhamento, podendo o detector da câmara ser posicionado sobre a mesa em ponto a ser direcionado o feixe central do campo de radiação. Deve-se obter 3 valores de taxa de Kerma no ar para cada mAs estabelecido. Para a avaliação de linearidade, utilizaremos a forma indireta sugerida pela ANVISA, onde para cada valor médio da taxa de Kerma no ar calculado, deve-se obter um valor de referência, dividindo esta média pelo mAs utilizado na série selecionando, posteriormente, os valores de referência máximo e mínimo e aplicando nas formalizações da reprodutibilidade e linearidade. Os resultados obtidos não podem exceder ao limite da razão de 10% na reprodutibilidade e 20% na linearidade.

a) Linearidade (d)

$$R = (L_{\text{médio}} / mAs) \quad (\text{equação III.6})$$

onde:

$R$  = Valor de referência a ser calculado pela razão da  $L_{\text{média}}$  pelo mAs aplicado

Os valores de referencia máximo e mínimo serão aplicados na formalização de Linearidade (L):

$$L(\%) = 100x[(R_{\text{máx}} - R_{\text{min}})/(R_{\text{máx}} + R_{\text{min}})/2] \quad (\text{equação III.7})$$

b) Reprodutibilidade (R)

$$R(\%) = 100x[(L_{\text{máx}} - L_{\text{min}})/(L_{\text{máx}} + L_{\text{min}})/2] \quad (\text{equação III.8})$$

onde:

$L_{\text{máx}}$  = máximo valor de taxa de Kerma no ar das 3 medidas realizadas para cada valor de referência.

$L_{\text{min}}$  = mínimo valor de taxa de Kerma no ar das 3 medidas realizadas para cada valor de referência.

A figura III.35 apresenta a ficha da base de dados onde serão registrados todos os valores medidos e gerados e os resultados que apresentaram a conclusão de conformidade ou não conformidades.

Distância medida (cm):	100	kVp indicado	80
------------------------	-----	--------------	----

Leitura do Instrument	mR	
	mSv	
	mGy	X
tempo (s):	0,5	

#REF!	Leitura de medida1	Leitura de medida2	Leitura de medida3	Kerma no ar calculado (mGy)	Reprodução R(%)	Razão $L_{med}/mAs$
	mGy	mGy	mGy			
10				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
20				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
32				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Máximo do desvio apresentado					#DIV/0!	

Desvio da Reprodutibilidade R(%)	#DIV/0!
----------------------------------	---------

Desvio da Linearidade L(%)	#DIV/0!
----------------------------	---------

Observação:
A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permitido de 10%.

Conclusão:
Reprodutibilidade <b>#DIV/0!</b>
Linearidade <b>#DIV/0!</b>

**Figura III. 35** – Ficha de Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da taxa de Kerma no Ar.

### III.10.8 – Avaliação de desempenho do rendimento do tubo de raios x

Base de dados cujo objetivo é avaliar o rendimento do tubo de raios x. O instrumento utilizado é uma câmara de ionização, de pequeno volume, acoplada a um eletrômetro e sua frequência de teste sugerida é anual. A tensão de teste deve ser igual a 80 kV reais, devendo este teste ser realizado somente após a avaliação da reprodutibilidade do kV, para um valor de mAs, que se tornará referência para os momentos subsequentes. Este teste verifica a taxa de Kerma no ar sem levar em consideração o efeito de retro espalhamento, podendo o detector da câmara ser posicionado sobre a mesa em ponto a ser direcionado o feixe central do campo de

radiação. Devemos obter 3 leituras de taxa de Kerma no ar e aplicarmos estes a formalização de rendimento.

$$R(mGy / mA \text{ min}) = (0,876 \times L_{\text{méd}} \times f_{(P,T)} \times 0,01 \times 60) / I \times t \quad (\text{equação III.9})$$

onde:

$L_{\text{méd}}$  = média linear das leituras de taxa de Kerma no ar obtida;

$f_{(P,T)}$  = fator de correção para temperatura e pressão atmosférica\*;

$t$  = tempo de exposição em segundos;

$I$  = corrente de tubo.

OBS: o  $I \times t$  pode ser substituído pelo mAs aplicado ao sistema.

\*O fator de correção para pressão e temperatura,  $f(p,T)$ , é um fator de correção utilizado para corrigir os valores da pressão e da temperatura em relação ao valor padrão que deveria ser utilizado, ou seja, pressão ( $p$ ) = 101,3 kPa e Temperatura ( $T$ ) = 220 °C ou 295,15 K. Este fator de correção será dado pela expressão:

$$f_{(P,T)} = (P_0 / P) \times (T / T_0) = (101,3 / P) \times ((273,15 + T) / 295,15) \quad (\text{equação III.10})$$

onde:

$P$  = pressão atmosférica do local em kPa;

$T$  = temperatura do local em graus Celsius.

A figura III.36 apresenta a ficha de registro de dados para o cálculo do rendimento do tubo, onde este valor será referência para o futuras análises de desempenho.

Distância medida (cm):	100	kVp indicado		80		
Leitura do Instrumento	mR					
	mSv					
	mGy	x				
tempo (s):	0,02	Ambiente				
mAs	20	Temperatura (°C)				
câmara pressurizada	x	Pressão atm (kPa)				
Fator de correção (temperatura e pressão) $K_{tp}$	1					
Fator de calibração da Câmara de ionização $F_c$	1					
mAs indicado	Leitura de medida1	Leitura de medida2	Leitura de medida3	Leitura de medida4	Kerma no ar calculado (mGy)	Rendimento (mGy/mA.min)
20	mGy	mGy	mGy	mGy	#DIV/0!	#DIV/0!
<b>Observação:</b>						
O Valor de rendimento do tubo calculado, deverá ser utilizado como referência para testes futuros, devendo ser observado o parâmetro de menor desvio de exatidão nos testes de tensão, corrente e CSR, conforme estabelecido pela portaria 453 de 1º de junho de 1998.						
<b>Conclusão:</b>						
Portaria	Fator de rendimento do $\#DIV/0!$ mGy/mA.min					

Figura III. 36 – Ficha de Avaliação do rendimento do tubo de raios X

### III.10.9 - Avaliação da dose na entrada da pele (DEP)

Base de dados cujo objetivo é estimar a dose de entrada na pele representativa dos exames praticados no serviço de raios X diagnóstico, tomando como referência a tabela de referência de espessura da região anatômica e incidências radiográficas, considerando um paciente adulto típico (massa de 60 kg a 75 kg e altura de 1,60 m a 1,75 m), para que as leituras de Kerma no ar sejam obtidas sem influência do retro-espalhamento. O instrumento utilizado é uma câmara de ionização, de pequeno volume, acoplada a um eletrômetro, onde se deve levar em consideração o fator de retro-espalhamento na água para a geometria e qualidade do feixe (BSF). A frequência de teste sugerida é bienal para efeito de licenciamento e após cada manutenção do equipamento, para controle de garantia da qualidade. Com base nos exames sugeridos pela ANVISA, a base de dados está elaborada para analisar as DEP lidas com os índices de referência apresentados na Portaria 453/98MS.

**Tabela III. 3** - Espessura radiográfica -paciente adulto típico (BRASIL,2005).

<b>Região anatômica</b>	<b>Incidência radiológica</b>	<b>Espessura da região (adulto típico) em cm</b>
coluna Lombar	Antero-posterior (AP )	23
	Lateral	30
Abdômen	Antero-posterior (AP)	23
Tórax ( Pulmão )	Pósterio-anterior (PA)	23
	Lateral	32
Crânio	Antero-posterior (AP)	19
	Lateral	15

**Tabela III. 4** - níveis de referência de DEP, em radiodiagnóstico por incidência, para paciente adulto típico (BRASIL,2005).

<b>Região anatômica</b>	<b>Incidência radiológica</b>	<b>DEP (mGy)</b>
Coluna Lombar	Antero-posterior ( AP )	10
	Lateral	30
Abdômen	Antero-posterior (AP)	10
Tórax ( Pulmão )	Pósterio-anterior (PA)	0,4
	Lateral	1,5
Crânio	Antero-posterior (AP)	5
	Lateral	3

**Tabela III. 5** - BSF para geometria aplicada, considerando somente os valores para água e filtro de alumínio (PETOUSSI-HENSS et al, 1998)

kVp	Área da câmara			10x10 cm <sup>2</sup>	20x20 cm <sup>2</sup>	25x25 cm <sup>2</sup>
	Filtro (mmAl)	HVL (mmAl)	Energia Média(Kev)	BSF água	BSF água	BSF água
50	2,5	1,74	32,0	1,24	1,26	1,26
60	2,5	2,08	35,8	1,28	1,31	1,31
70	2,5	2,41	39,3	1,30	1,34	1,35
70	3,0	2,64	40,0	1,32	1,36	1,36
80	2,5	2,78	42,9	1,32	1,37	1,38
80	3,0	3,04	43,7	1,34	1,39	1,40
90	2,5	3,17	46,3	1,34	1,40	1,41
90	3,0	3,45	47,0	1,35	1,42	1,42
100	2,5	3,24	48,1	1,34	1,40	1,41
100	3,0	3,88	50,0	1,36	1,44	1,45
110	2,5	3,59	50,8	1,35	1,42	1,43
120	3,0	4,73	55,4	1,37	1,46	1,48
130	2,5	4,32	55,6	1,36	1,44	1,45
150	2,5	4,79	59,1	1,36	1,45	1,46
150	3,0	6,80	64,9	1,39	1,50	1,52

Para o cálculo de DEP, utiliza-se a formalização:

$$DEP = K_{ar} \times BSF \times K_{(P,T)} \times F_c \quad (\text{equação III.11})$$

onde:

$K_{ar}$  = Kerma no ar calculado(mGy);

$BSF$  = fator de retro-espalhamento na água para a geometria e qualidade do feixe;

$K_{(p,T)}$  = fator de correção para temperatura e pressão;

‘  $F_c$  = fator de calibração da câmara de ionização para a qualidade do feixe.

A figura III.37 e III.38 apresentam a base de dados onde os valores medidos serão lançados e automaticamente comparados com os níveis de referência recomendados.

Leitura do Instrumento	mR	
	mGy	

Ambiente	
Temperatura (°C)	
Pressão atm (kPa)	

Fator de calibração da Câmara de ionização	1
--	---

Câmara pressurizada	
Fator de correção (temperatura e pressão)	#DIV/0!
$K_{tp}$	

Região anatomica	projeção	Distância da câmara a mesa (cm)	KVp	Intensidade do Raios X	Ponto focal	Distância foco-filme (cm)	Geometria do volume sensível da câmara (cm <sup>2</sup> )	BSF
coluna Lombar	Antero-posterior	23				100	10	1,31
	Lateral	30				100	10	1,32
abdômem	antero-posterior	23				100	10	1,3
crânio	antero-posterior	19				100	10	1,28
	Lateral	15				100	10	1,24
Tórax	postero-anterior	23				180	10	1,3
	lateral	32				180	10	1,34

**Figura III. 37** – Ficha de Avaliação da dose na entrada da pele (DEP) para registro dos fatores técnicos utilizados e BSF.

Dose de entrada de pele calculada (DEP)								
Região anômica	projeção	Leitura de medida1	Leitura de medida2	Leitura de medida3	Leitura de medida4	kerma no ar calculado (mGy)	DEP Calculado (mGy)	DEP de referência (mGy)
		mSv	mSv	mSv	mSv			
coluna Lombar	Antero-posterior				2,2200		#VALORI	10
	Lateral				6,2000		#VALORI	30
abdômem	antero-posterior				2,5400		#VALORI	10
crânio	antero-posterior				1,0600		#VALORI	5
	Lateral				1,0400		#VALORI	3
Tórax	postero-anterior				0,1000		#VALORI	0,4
	lateral				0,6000		#VALORI	1,5

<b>Observação:</b>	A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permissível de 10%.
--------------------	---

<b>Conclusão:</b>	Portaria <b>CAE em conformidade com a Portaria</b>
-------------------	--

**Figura III. 38** – Ficha de registro dos valores medidos e comparação com os níveis de referência de conformidade.

### III.10.10 - Avaliação da câmara automática de exposição (CAE)

Base de dados cujo objetivo é avaliar a constância do sistema de controle automático de exposição. O instrumento utilizado é uma câmara de ionização, de pequeno volume, acoplada a um eletrômetro e uma placa de cobre de 1,5 mm ou de 3cm de alumínio, que será posicionado sobre o volume sensível da câmara. A frequência de teste sugerida é anual para efeito de licenciamento e após cada manutenção do equipamento, para controle de garantia da qualidade, Os resultados obtidos não podem exceder ao limite da razão de 10% na reprodutibilidade. Realiza-se 4 exposições e registra a sua leitura, aplicando seus valores na formalização de reprodutibilidade (equação III.8).

A figura III.39 apresenta a ficha de dados para avaliação de reprodutibilidade das doses aplicadas nas câmaras automáticas de exposição.



Distância medida (cm):	100	kVp indicado	80
Leitura do Instrumento	mR	x	
	mSv		
tempo (s):	0,5	mA	x
		mAs	

Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4	leitura média	Reprodução (%)
mR	mR	mR	mR	mGy	
				#DIV/0!	#DIV/0!

<b>Observação:</b>
A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permissível de 10%.

<b>Conclusão:</b>	
Portaria	#DIV/0!

**Figura III. 39** – Ficha de Avaliação da câmara automática de exposição (CAE)

### III.10.11 – Avaliação da blindagem e fuga do cabeçote

Base de dados cujo objetivo é garantir que a blindagem aplicada ao cabeçote esteja dentro das conformidades exigidas, com a taxa de Kerma no ar medido a uma distância foco-detector de 1 metro, com limite máximo de 1mGy/h. O instrumento utilizado é uma câmara de ionização, de pequeno volume, acoplada a um eletrômetro e a frequência de teste sugerida é no momento da instalação do equipamento, tendo sua repetição aferida a cada 4 anos ou a cada manutenção no cabeçote do equipamento. O teste deverá ser realizado tomando-se como referência as 4 direções perpendiculares ao ponto focal do tubo, não podendo nenhuma das medidas exceder a taxa de Kerma no ar estabelecida. A figura III.40 apresenta a ficha de dados para registro dos valores obtidos no teste de fuga de cabeçote.

Distância medida (cm):	100	Tempo (s):	0,5
<b>mA:</b>		<b>mAs:</b>	50
Fase:			
<b>kVp máximo indicado</b>			
Tabela de Corrente máxima de referência			
<b>Energia máxima</b>	<b>Imáx(mA)</b>		
equipamento até 100KVp	5		
equipamento até 125KVp	4		
equipamento até 150KVp	3,3		
Leitura do Instrumento	mR/h	x	
	mSv/h		
<b>Ponto</b>	<b>Leitura</b>	<b>Kerma no ar calculado(mGy/h)</b>	
	mR/h		
À direita do cabeçote		FALSO	
Anterior ao cabeçote		FALSO	
À esquerda do cabeçote		FALSO	
Posterior ao cabeçote		FALSO	
<b>Valor máximo permitido:</b>	1mGy/h		
<b>Observação:</b>	O Levantamento Radiométrico realizado deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o valor máximo permitido de taxa de Kerma.		
<b>Conclusão:</b>	Teste de fuga de cabeçote em conformidade		

**Figura III. 40** – Ficha de Avaliação da blindagem e fuga do cabeçote

### III.10.12 – Avaliação do levantamento radiométrico da sala de exame

Base de dados destinada a registrar as taxas de doses através de levantamento radiométrico, registradas em Kerma no ar. O instrumento utilizado é uma câmara de ionização com tempo de resposta adequado aos utilizados em raios X diagnóstico, sua frequência de avaliação é no ato da instalação do equipamento e a cada quatro anos, devendo ser refeita se houver modificações de reestruturação da área física. O teste deverá ser precedido de um croqui da sala de exame para que possamos estabelecer as áreas de interesse de medição. Os parâmetros técnicos devem ser aplicados conforme as recomendações da ANVISA: sendo a tensão de 80 kV (média da faixa utilizada em RX diagnóstico), o tempo de exposição deve ser adequado ao tempo de resposta da câmara,

(valor mínimo de 1s), a distância foco-filme de 1 m e o campo de irradiação maior permitido pelo colimador, e a utilização de um meio espalhador de volume equivalente a um abdome de adulto. Seleciona-se pontos de equivalência a barreiras primárias e secundárias, conforme a condição real de operação do equipamento quando um exame estiver sendo realizado. Os valores de taxa de dose medido deverão ser registrados com referência a cada ponto selecionado e corrigido, levando em consideração o fator de correção de temperatura e pressão, para unidades de dose externa (mSv) ou taxa de dose externa (mSv/h), utilizando os fatores de correção apresentados na tabela I.11.

Os cálculos deverão ser aplicados na formalização para cálculo de taxa de dose para fins de cálculo de blindagem e levantamento radiométrico, onde os parâmetros que determinarão os fatores adicionais deverão ser retirados das tabelas abaixo, conforme a classificação dada a cada ponto de medida.

**Tabela III. 6 - Fator de uso (U) – (BRASIL,2005)**

<b>Barreira</b>	<b>Fator de uso ( U )</b>
Piso	0,5
Parede 1	0,25
Parede 2	0,25

**Tabela III. 7 - Fator de ocupação (T) – (BRASIL,2005)**

<b>Ocupação</b>	<b>Local</b>	<b>Fator de ocupação (T)</b>
Integral	Consultório, recepção	1
Parcial	Sala de espera, vestiário, circulação interna	¼
Eventual	Circulação externa, banheiros, escadas	1/16
Rara	Jardins, casa de máquinas	1/32

**Tabela III. 8 - Carga de trabalho máxima (W) sugerida (BRASIL,2005)**

<b>Equipamento</b>	<b>Nº de paciente/dia</b>	<b>W (mA.min/pac)</b>	<b>W (mA.min/sem)</b>		
Radiografia geral	24	2,67	320	160	80
Radiografia Tórax	60	0,53	160	80	-

**Tabela III. 9** - Níveis de restrição de dose recomendado pela Portaria 453/98MS – (BRASIL,2005).

<b>Localização</b>	<b>Restrição de dose semanal</b>	<b>Restrição de dose anual</b>
Área controlada	0,10 mSv/sem	5,0 mSv/ano
Área livre	0,01 mSv/sem	0,5 mSv/ano

Formalização do cálculo aplicado a cada ponto de leitura estabelecido:

$$D = ((taxadoseexterna / 60 \times I) \times W \times U \times T) = (mSv / sem) \times 50 = mSv / ano \quad (\text{equação III.12})$$

onde:

$D$  = dose externa calculada ( mSv/ano);

$I$  = corrente de tubo aplicada (mA);

$W$  = carga de trabalho aplicada ( (mA $\times$ min)/sem);

$U$  = fator de uso da área de medida;

$T$  = fator de ocupação da área de medida.

O fator multiplicativo 50 corresponde ao número de semanas trabalhadas no ano. A figura III.41 e III.42 apresenta a ficha de dados para registro dos valores medidos para levantamento radiométrico.

Distância medida (cm):	100
mA:	100
Tempo (s):	1,0
mAs:	100
Fase:	
kVp máximo indicado	

Ambiente	
Temperatura (°C)	
Pressão atm (KPa)	

Fator de correção (temperatura e pressão) $K_{tp}$	#DIV/0!
--	---------

Equipamento	até 100 mA	> 100 mA	Mamografia	Hemodinâmica	Tomografia computadorizada	Densitometria óssea
Carga de trabalho estimada (( mA*min)/sem)	320	320	2000	750	5000	700
Carga de trabalho correspondente (( mA*min)/sem)						

Unidade de Leitura do Instrumento:		mSv/h
	x	mR/h

Fator de calibração do instrumento	0,09
------------------------------------	------

Ponto A	Comando , Visor , Câmara escura , sala exame , ultrassom , consultórios , recepção
Ponto B	sala de espera , depósito , porta de acesso
Ponto C	área livre , corredor de circulação , estacionamento

Tabela de conversão de unidade	mili	inteiro	micro

**Figura III. 41** – Ficha de Avaliação do levantamento radiométrico da sala de exame onde são definidos os parâmetros de cálculo

Ponto	Taxa de dose lida com feixe para bucky de mesa	Taxa de dose lida com feixe para bycky vertical	Taxa de dose externa corrigida bucky de mesa	Taxa de dose externa corrigida bycky
	mR/h	mR/h	mR/h	mR/h
Comando			#DIV/0!	#DIV/0!
Visor plumbífero			#DIV/0!	#DIV/0!
Parede adjacente a direita do tubo			#DIV/0!	#DIV/0!
Parede adjacente a esquerda do tubo			#DIV/0!	#DIV/0!
Parede adjacente a frente do tubo			#DIV/0!	#DIV/0!
Parede adjacente posterior do tubo			#DIV/0!	#DIV/0!
Porta de acesso a sala			#DIV/0!	#DIV/0!
outros ( definir )			#DIV/0!	#DIV/0!

Ponto	Ponto	Área controlada (s/n)	Taxa de dose lida com feixe para bucky de mesa	Taxa de dose lida com feixe para bycky vertical	Fator ocupacional	Fator de uso	Dose Calculada mSv/ano
			mR/h	mR/h			
Comando	a	s	#DIV/0!	#DIV/0!	1	1	#DIV/0!
Visor plumbífero	b	s	#DIV/0!	#DIV/0!	0,25	0,25	#DIV/0!
Parede adjacente a direita do tubo	a	n	#DIV/0!	#DIV/0!	1	1	#DIV/0!
Parede adjacente a esquerda do tubo	b	s	#DIV/0!	#DIV/0!	0,25	0,25	#DIV/0!
Parede adjacente a frente do tubo	a	s	#DIV/0!	#DIV/0!	1	1	#DIV/0!
Parede adjacente posterior do tubo	b	s	#DIV/0!	#DIV/0!	0,25	0,25	#DIV/0!
Porta de acesso a sala	a	n	#DIV/0!	#DIV/0!	1	1	#DIV/0!
outros ( definir )	b	n	#DIV/0!	#DIV/0!	0,25	0,25	#DIV/0!
Máximo valor calculado							#DIV/0!

**Observação:**

O Levantamento Radiométrico realizado deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos, para cálculo de Blindagem, pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo 5,0 mSv/ano para áreas controladas e 0,5mSv/ano para áreas livres.

**Conclusão:** #DIV/0!

**Figura III. 42** – Ficha de Avaliação do levantamento radiométrico da sala de exame onde são definidos os cálculos do levantamento radiométrico na classificação de conformidade.

### III.10.13 – Avaliação do alinhamento da grade

Base de dados cujo objetivo é registrar as condições de qualidade das grades antidifusoras, verificando o seu correto alinhamento em relação a sua disposição a mesa de exame e *buckyvertical*, garantindo uma boa resolução das imagens geradas para diagnóstico. O instrumento utilizado é o objeto de teste para alinhamento de grade composta de uma placa de chumbo com cinco furos alinhados e centralizados. Sua frequência deve ser semestral ou sempre que houver manutenção no sistema. A interpretação do resultado será avaliada pela diferença de densidade entre as projeções obtidas entre o círculo central (maior DO), o círculo intermediário e o círculo mais

lateral (menor DO). A figura III.43 apresenta a ficha de dados para avaliação do alinhamento da grade.

Tabela de resultados de leitura ( DO )					
Data/foramem	2d	1d	central	1e	2e

Data da análise	20/12/07
Forame	DO
2d	FALSO
1d	FALSO
c	FALSO
1e	FALSO
2e	FALSO

Resultados	
C-1e	0
c-2e	0
c-1d	0
c-2d	0

Conclusão:	Alinhamento da grade em conformidade
------------	--------------------------------------

**Figura III. 43** – Ficha de Avaliação do alinhamento da grade

### III.11 - Apresentação das Estruturas de Análises do Banco de Dados Central – Cálculo de revalidação da blindagem aplicada a sala de exame.

Base de dados destinada a desenvolver o cálculo de blindagem para certificar e documentar que a blindagem aplicada à sala encontra-se em conformidade com as exigências e os limites de dose estabelecidos pela portaria 453/98MS (BRASIL,1998). Utiliza-se como base a NCRP147-2004, a qual aplica o cálculo de blindagem com base em parâmetros previamente tabelados, que associados às condições de uso, a classificação da área, o número de pacientes atendidos por semana e a origem e o direcionamento dos feixes primário e dispersos, que são associados as variáveis  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  cujos valores estão previamente tabelados no modelo de Archer (1983) “*brad-bean transmission*”, define a equivalência de chumbo necessária para obtermos a blindagem

adequada a cada ponto de avaliação. As tabelas e formalizações aplicadas, instituindo um roteiro de aplicação da NCRP147-2004.

### III.11.1 - Cálculo da barreira para feixe primário

$$x_{\text{primário}} = (1/\alpha \gamma) \ln \left[ \left[ (NTUK_p / Pd^2_p)^\gamma + (\beta / \alpha) \right] / (1 + \beta / \alpha) \right] - x_{\text{pré}} \quad (\text{equação III.13})$$

Onde:

- $\alpha, \beta, \gamma$  - São variáveis provenientes da tabela feixe de transmissão de Archer;
- $N$  - número estimado de pacientes atendidos por semana;
- $T$  - Fator de ocupação aplicado a classificação da área;
- $U$  - Fator de uso aplicado a classificação da área;
- $K_p$  - kerma no ar estimado por paciente para feixe primário, considerando carga de trabalho normalizada;
- $P$  - taxa de Kerma recomendado aplicado a classificação da área;
- $d$  - distância do ponto focal a barreira;
- $x_{\text{pré}}$  - valor de espessura equivalente em chumbo para os acessórios utilizados nos procedimentos radiológicos, são previamente tabelados.

### III.11.2 – Cálculo de barreira para feixe secundário

$$x_{\text{secundário}} = (1/\alpha \gamma) \ln \left[ \left[ (NTK_s / Pd^2_p)^\gamma + (\beta / \alpha) \right] / (1 + \beta / \alpha) \right] \quad (\text{equação III.14})$$

onde,

- $K_s$  - kerma no ar estimado por paciente para feixe secundário



### III.11.3 - Apresentação das tabelas de Archer-2004.

**Tabela III. 10** – Fator de Ocupação por classificação da área com conversão para os valores estabelecidos na portaria 453/98.

<b>Fator de Ocupação T</b>		
<b>Classificação da área</b>	<b>Fator T (NCRP147)</b>	<b>Fator T (portaria 453/98)</b>
Áreas controladas	1	1
Consultórios de atendimento e recepção (ocupação integral)	0,5	1
Corredores externos, escadas (ocupação eventual)	0,2	0,06
Porta de acesso, sala de espera (ocupação parcial)	0,12	0,25
Sala de espera (ocupação parcial)	0,05	0,25
Estacionamento (ocupação rara)	0,02	0,03
Área controlada conservadora	1	1
Área livre conservadora	1	1

**Tabela III. 11** – Fator de Uso por classificação da área com conversão para os valores estabelecidos na portaria 453/98.

<b>Fator de Uso (U)</b>		
<b>Classificação da área</b>	<b>Fator T (NCRP147)</b>	<b>Fator T (Portaria 453/98)</b>
Piso	0,89	1
Parede do bucky mural	1	0,25
Outras paredes	0,02	0,25

**Tabela III. 12** – Níveis de restrição da dose por classificação da área com conversão para os valores estabelecidos na portaria 453/98.

<b>Níveis de restrição de Dose (P) ( taxa de kerma no ar )</b>		
<b>Classificação da área</b>	<b>NCRP147</b>	<b>Portaria 453/98</b>
Área controlada	0,1mGy/sem 5mGy/ano	0,1mGy/sem
Área livre	0,02mGy/sem 1mGy/ano	0,01mGy/sem 0,5mGy/ano

OBS: a Portaria 453/98 apresenta os valores de taxa de Kerma no ar em mSv, porém apresentamos na tabela em mGy levando em consideração o fator 1 de conversão para equivalência de doses ambientes, conforma apresentado na tabela I.11.

**Tabela III. 13** – Valores proporcionais de espessura de atenuação dos acessórios para feixe primário em consideração ao material aplicado a barreira.

<b>X pré</b>		
<b>Classificação da área</b>	<b>Chumbo</b>	<b>Concreto</b>
Bucky completo	0,85	72
Sem bucky	0,3	30

**Tabela III. 14** – kerma no ar estimado por paciente para feixe primário, considerando carga de trabalho normalizada.

<b>Kp</b>		
<b>Classificação da área</b>	<b>Wnorm (mA min/pac)</b>	<b>Kp (mGy/pac)</b>
Sala de Radiologia geral (Bucky mural)	0,6	2,3
Sala de radiologia geral (chão e paredes)	1,9	5,2

**Tabela III. 15** – kerma no ar estimado por paciente para feixe secundário, considerando carga de trabalho normalizada.

Ks							
Radiologia Geral	Wnorm (mAmin/pac)	DFD (m)	FC* e lateral	ESP* lateral	FC* e ESP* Lateral	ESP* anterior e posterior	FC* anterior e
Todas as barreira	2,5	1	0,0005	0,034	0,034	0,048	0,049
Bucky mural	0,6	1,5	0,0004	0,0049	0,0053	0,0069	0,0073
Teto/chão	1,9	1	0,0001	0,0023	0,0023	0,0033	0,0033

\*FC = fuga do cabeçote, \*ESP= espalhada

**Tabela III. 16** – Tabela de variáveis de transmissão para feixe secundário.

	Chumbo			Concreto		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\Gamma$
Radiologia geral (todas as barreiras)	2,298	17,38	0,6193	0,0361	0,1433	0,56
Radiologia geral ( Bucky mural)	2,256	13,8	0,8837	0,0356	0,1079	0,7705
Radiologia geral (teto/chão)	2,513	17,34	0,4994	0,0392	0,1464	0,4486

**Tabela III. 17** – Tabela de variáveis de transmissão para feixe primário.

	Chumbo			Concreto		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	A	$\beta$	$\Gamma$
Radiologia geral (todas as barreiras)	2,346	15,9	0,4982	0,03626	0,1429	0,4932
Radiologia geral ( Bucky mural)	2,264	13,08	0,56	0,03552	0,1177	0,6007
Radiologia geral (teto/chão)	2,651	16,56	0,4585	0,03994	0,1448	0,4231

As figuras III.44 e III.45 apresentam a ficha de dados onde serão aplicados as classificações necessárias para desenvolver o cálculo de blindagem.

Número de Pacientes estimado por semana	150						
KVp máximo							
mA máximo							
Tempo Exposição máximo (s)							
Xpré vertical chumbo com bucky ( mm )	0,85						
Xpré Horizontal chumbo com bucky ( mm )	72						
Xpré vertical concreto sem bucky ( mm )	0,3						
Xpré Horizontal concreto sem bucky ( mm )	30						
ponto de referência	distância(d) m	T	U	Classificação do feixe	Classificação da área	Limite de Dose estabelecido (mGy/sem)	
1	distância foco parede posterior a coluna de sustentação do tubo		1	0,09	secundário	Radiologia geral todas as Barreiras	0,02
2	distância foco parede lateral direita ao tubo		1	1	primário	Radiologia Geral Bucky Vertical	0,1
3	distância foco parede lateral esquerda ao tubo		0,2	1	secundário	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,02
4	distância tubo parede anterior ao tubo		1	1	secundário	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,02
5	distância tubo teto		0,5	1	secundário	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,02
6	distância tubo Chão		1	1	primário	Radiologia Geral Bucky Horizontal	0,02
7	distância tubo porta de acesso		1	1	secundário	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,1
8	distância tubo cabine comando		1	1	secundário	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,02

**Figura III. 44** – Ficha de dados para cálculo de blindagem

	ponto de referência	barreira (mm)	Material da barreira	Distância Ponto-focal Barreira ( cm )
1	distância foco parede posterior a coluna de sustentação do tubo	#DIV/0!	chumbo	0,00
2	distância foco parede lateral direita ao tubo	#DIV/0!	chumbo	0,00
3	distância foco parede lateral esquerda ao tubo	#DIV/0!	chumbo	0,00
4	distância tubo parede anterior ao tubo	#DIV/0!	chumbo	0,00
5	distância tubo teto	#DIV/0!	chumbo	0,00
6	distância tubo Chão	#DIV/0!	chumbo	0,00
7	distância tubo porta de acesso	#DIV/0!	chumbo	0,00
8	distância tubo cabine comando	#REF!	chumbo	0,00

	Cálculo de equivalência	cm	Material	cm - comercial	Distância Ponto-focal Barreira ( cm )
1	distância foco parede posterior a coluna de sustentação do tubo	#DIV/0!	Barita 3,2g/cm <sup>3</sup>		0,00
2	distância foco parede lateral direita ao tubo	#DIV/0!	Barita 3,2g/cm <sup>3</sup>		0,00
3	distância foco parede lateral esquerda ao tubo	#DIV/0!	Barita 3,2g/cm <sup>3</sup>		0,00
4	distância tubo parede anterior ao tubo	#DIV/0!	Barita 3,2g/cm <sup>3</sup>		0,00
5	distância tubo teto	#DIV/0!	Barita 3,2g/cm <sup>3</sup>		0,00
6	distância tubo Chão	#DIV/0!	Barita 3,2g/cm <sup>3</sup>		0,00
7	distância tubo porta de acesso	#DIV/0!	Chumbo		0,00
8	distância tubo cabine comando	#REF!	Barita 3,2g/cm <sup>3</sup>		0,00
9	visor da cabine de comando	#REF!	Vidro Plumbífero		#REF!
10	visor da cabine de comando	#REF!	vidro multicristal		#REF!

**Figura III. 45** – Ficha de apresentação dos cálculos de blindagem

## Capítulo IV Apresentação dos Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos pelas análises das bases de dados descritas no capítulo III, onde serão indicadas sugestões de ações corretivas para os desvios detectados, visando a otimização da dose aplicada ao paciente, melhoria da qualidade da imagem gerada, treinamento periódico da equipe profissional, gerenciamento do programa de implementação da garantia da qualidade, documentação de avaliação de proteção radiológica para licenciamento na Vigilância Sanitária do Estado/Município do Rio de Janeiro e cálculo de validação das blindagens aplicadas nas salas de radiologia geral.

Os profissionais que participaram deste trabalho serão apresentados em códigos de identificação, visando a sua não exposição a público, bem como as instituições prestadoras de serviço envolvidas no processo de análise, porém o documento original entregue a instituição é composto pela integralidade destes dados.

A fim de facilitar o entendimento e a definição das aplicações dos bancos de dados, os documentos serão denominados de: “Cadastro da Instituição e Registro Funcional”; “Memorial Descritivo”; “Projeto de Implementação do Programa de Garantia da Qualidade em Radiodiagnóstico”; “Avaliação dos Parâmetros em Proteção Radiológica para Licenciamento à Vigilância Sanitária” e “Projeto de Validação e Aplicação do Cálculo de Blindagem”. É importante lembrar, como citado no capítulo I e III, que os dados técnicos destes documentos possuem vínculos automatizados com a base de dados principal, sendo gerados e atualizados de forma freqüente, mantendo-os sempre atualizados e prontos para serem apresentados aos órgãos fiscais competentes.

Os resultados serão apresentados conforme os critérios estabelecidos no item III.

4.

#### **IV.1 – Preenchimento do “Documento de cadastro da instituição e seus Profissionais ocupacionalmente expostos”.**

Não foi observada nenhuma irregularidade na classificação dos profissionais ocupacionalmente expostos, estando todos devidamente registrados em seus conselhos de classe e órgãos fiscais.

#### **IV.2 – Preenchimento do “Banco de Dados Central”**

##### **IV.2.1 – Controle dos Profissionais Ocupacionalmente Expostos ( III.4.2)**

Os dados apresentados nos permitem avaliar a distribuição da carga horária dos profissionais ocupacionalmente expostos, e suas funções atribuídas pelo responsável técnico. Os resultados mostram uma distribuição homogênea e proporcional entre os profissionais da área técnica, porém uma distribuição incompatível com a função do supervisor de radioproteção do serviço, tendo ele um tempo de permanência no serviço muito curto para exercer todas as funções a ele atribuídas pela portaria 453/98MS. A implementação de um programa de substituição se faz necessária, devendo ser nomeado, em documento próprio e registrado no memorial descritivo, os profissionais que exercerão esta função na ausência do titular, deixando este quadro disponível em local visível. Apresenta-se abaixo a distribuição sugerida, levando em consideração somente a disponibilidade dos Médicos Radiologistas, que apresentam as qualificações necessárias a exercer esta função.

**Tabela IV. 1** – Quadro de distribuição da carga horária dos Supervisores de Proteção Radiológica.

SPR	Registro de Classe	Horário 1	Horário 2	Rúbrica

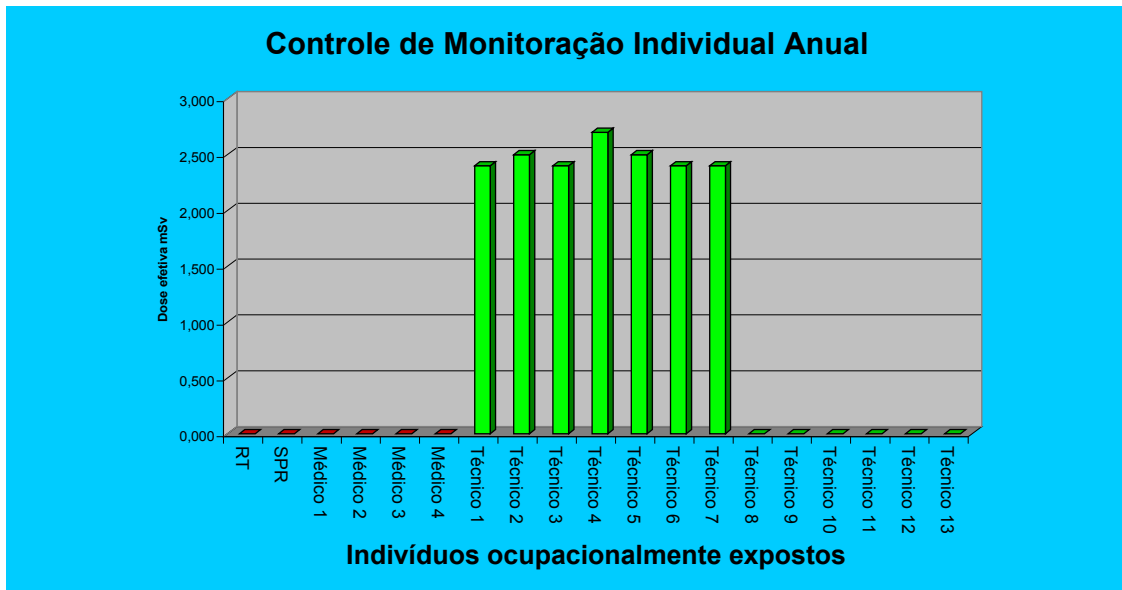
#### **IV.2.2 – Controle de Monitoração Individual dos Profissionais Ocupacionalmente Expostos**

Os dados registrados das doses efetivas dos profissionais ocupacionalmente expostos e monitorados apresentam-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria 453/98MS, não obtendo em nenhum dos meses computados, no período de Janeiro de 2007 à dezembro de 2007, doses que atingissem o limite de investigação, o qual a base de dados está preparada para indicar.

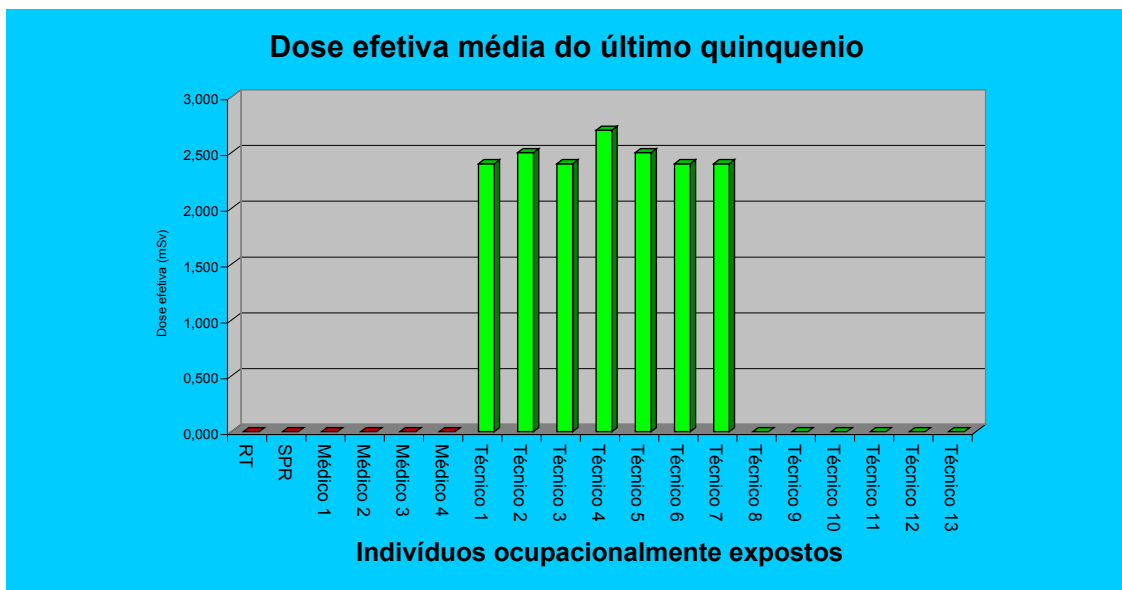
Observou-se que nenhum dos Médicos Radiologistas é monitorado, sendo justificado que em nenhum momento atua em exames radiológicos, cabendo a eles somente a obrigatoriedade de redigirem os laudos radiológicos. Este procedimento inflige o capítulo 3.47, item b, da Portaria 453/98MS, que define a obrigatoriedade do uso de dosímetro individual para todo o profissional que atua em áreas controladas em qualquer momento de sua jornada de trabalho, desta forma os SPR, RT e Médicos radiologistas, que são responsáveis por intervenções que se façam necessária durante um procedimento radiológico devem ser monitorados.

Os gráficos, gerado pelo Banco de dados, de controle de monitoração individual anual e quinquenal, serão apresentados. O quinquenal é composto somente pelos dados do ano corrente, porém demonstrando a sua funcionalidade quanto ao acompanhamento das doses. As figuras IV.1 e IV.2 apresentam os gráficos dos resultados gerados pela base de dados de controle de monitoração individual dos profissionais ocupacionalmente expostos.





**Figura IV. 1** – Gráfico da distribuição de dose anual dos profissionais ocupacionalmente expostos.



**Figura IV. 2** - Gráfico da distribuição de dose quinquenal dos profissionais ocupacionalmente expostos.

### **IV.2.3 – Controle de treinamento periódico dos profissionais ocupacionalmente expostos.**

Nesta base de dados são computados a frequência e comprovantes de participação nos treinamentos periódicos dos profissionais ocupacionalmente expostos. A análise destes dados permitiu avaliar que nos últimos anos, que antecederam o início deste trabalho, só havia sido aplicado um único treinamento, com pouca presença dos profissionais, descumprindo os requisitos exigidos pela Portaria 453/98MS (BRASIL, 1998). Visando um maior aproveitamento, para o roteiro de treinamento aplicado em dezembro de 2007, com base nos dados colhidos nas análises dos rejeitos radiográficos, otimizando os cursos e comprovando aos profissionais envolvidos a sua necessidade de aplicação ao serviço, sendo registrado a presença de todos os profissionais da área tecnológica, ficando os da área médica a cargo de agendamento do Responsável Técnico. É importante ressaltar que a responsabilidade da aplicação dos cursos de treinamentos periódicos é do SPR. Está exposto a necessidade da programação de treinamento em proteção radiológica expandido aos profissionais que atuam em ambientes definidos como fechado (CTI, Centro Cirúrgico, Leitos), para se ter maior tranquilidade no momento de auxiliar um profissional da radiologia no ato da realização de exames, otimizando o atendimento, melhorando a qualidade do serviço e principalmente saber se posicionar no ambiente durante o processo de exposição da radiação, minimizando o risco de danos biológicos. A figura IV.3 apresenta os resultados definidos como programação do treinamento aplicado e agendamento futuro, mantendo o critério de atualização periódica.

Código de Identificação	CPF	Nome	Função	certificados	Ano de participação							
					Data Realização	Data Realização	Exame/Ano	Exame/Ano	Exame/Ano	Exame/Ano	Exame/Ano	
RT	.....	Marcelo	Responsável Técnico	certificados	----	----	jul/08					
SPR	.....	Marcelo	Supervisor de Produção Radiológica	certificados	----	----	jul/08					
Médico 1	I	I	Médico Radiologista	certificados	----	----	jul/08					
Médico 2	I	I	Médico Radiologista	certificados	----	----	jul/08					
Médico 3	I	I	Médico Radiologista	certificados	----	----	jul/08					
Médico 4	I	I	Médico Radiologista	certificados	----	----	jul/08					
Técnico 1	704.....	JAF	Técnico em Radiologia	certificados	jul/06	dez/07	jul/08					
Técnico 2	000.....	RJS	Técnico em Radiologia	certificados	jul/06	dez/07	jul/08					
Técnico 3	710.....	RPG	Técnico em Radiologia	certificados	jul/06	dez/07	jul/08					
Técnico 4	149.....	SSC	Técnico em Radiologia	certificados	jul/06	dez/07	jul/08					
Técnico 5	007.....	BGH	Técnico em Radiologia	certificados	jul/06	dez/07	jul/08					
Técnico 6	030.....	LEO	Técnico em Radiologia	certificados	jul/06	dez/07	jul/08					
Técnico 7	050.....	ZIC	Técnico em Radiologia	certificados	jul/06	dez/07	jul/08					
Técnico 8	I	I	I	certificados								

**Figura IV. 3** – Controle de treinamento periódico dos profissionais ocupacionalmente expostos.

#### IV.2.4 – Avaliação de Desempenho do Sistema de Processamento Radiográfico

Nesta base de dados observa-se a existência do contrato de manutenção do sistema de processamento radiográfico, porém a não existência de registro dos testes de ação preventivas e ou corretivas. A implementação deste controle permitirá um melhor gerenciamento da atuação de manutenção, possibilitando um planejamento mais preventivo e a maior durabilidade das peças de maior desgaste do sistema. O planejamento irá permitir a montagem de uma tabela de previsão e limpeza dos reservatórios externos e internos das máquinas de processamento radiográfico, proporcionando uma grande economia do consumo de preparos químicos a serem

utilizados. Será apresentada abaixo uma tabela de periodicidade de troca de químicos, com base no fluxo e consumo observados, os quais deverão seguir o roteiro proposto no Projeto de Implementação do Programa de Garantia da Qualidade visando a preservação de todo o sistema empregado. É oportuno estabelecer que os profissionais envolvidos neste procedimento têm obrigatoriedade de participar de treinamentos específicos para este fim, devendo ser constantemente supervisionado pelo SPR, garantindo assim uma menor probabilidade de repetição de exames por erro do sistema de processamento. As figuras IV.4 e IV.5 apresentam os resultados das avaliações de funcionamento da processadora, tendo sido realizado por acompanhamento do serviço de manutenção.

Cadastro da processadora automática em avaliação								
Código de Identificação	Tipo de processamento	Fabricante	Modelo	Ano de fabricação	Ano de instalação	Número de Série		
8	Automático	Kodak	M35	slf	slf	slf		

Avaliação dos procedimentos de manutenção preventiva da processadora								
Filme de referência:	30cmx40cm							
	Tempo de ciclo (s)	Taxa de reposição revelador(ml/filme)	taxa de reposição fixador(ml/filme)	sistema de recirculação	manutenção de temperatura revelador(°C)	manutenção de temperatura fixador(°C)	Sensores de presença e partida do sistema	controle de temperatura do sistema de
Valores de referência	90	2	2	funcionando	35	35	funcionando	60
Data de avaliação	Resultado da avaliação							
13/11/2007	<u>67</u>	2	2	funcionando	<u>34,5</u>	<u>34</u>	funcionando	60
12/12/2007	90	2	2	funcionando	35	<u>34,7</u>	funcionando	60

**Figura IV. 4 - Avaliação de Desempenho do Sistema de Processamento Radiográfico**

Sistemas de rolos e engrenagens							
	Avaliação física do rack de revelação	Avaliação física do rack de fixação	Avaliação física do rack de lavagem	Avaliação física do rack de secagem	Avaliação física dos rack de cross-over revelador/fixador	Avaliação física dos rack de cross-over fixador/lavagem	Avaliação física dos rack de cross-over lavagem/secagem
Referência	Funcionando						
Data da avaliação	Resultado da avaliação						
13/11/2007	em conformidade	em conformidade	em conformidade	em conformidade	em conformidade	em conformidade	em conformidade
12/12/2007	em conformidade	desgaste avançado	em conformidade	em conformidade	em conformidade	em conformidade	em conformidade

**Figura IV. 5 - Avaliação de Desempenho do Sistema de Processamento Radiográfico**

#### **IV.2.5 - Parâmetros de análise das condições de uso do conjunto chassis/écran**

Nesta base de dados observa-se que os conjuntos chassis / écran não se encontravam catalogados, tornando extremamente difícil a identificação do conjunto que necessita de reparo ou ser retirado do serviço. Foi implementado a identificação dos conjuntos, utilizando-se numeração simples é crescente, colocando em uma tabela de dados que servirá de orientação para acompanhamento do desempenho e limpeza dos conjuntos. Este procedimento é simples, porém de grande eficácia para o processo de garantia da qualidade. Associado a esta tabela de identificação está a tabela de controle de limpeza, definindo a periodicidade, e a tabela de desempenho relacionada aos resultados do teste de contato tela filme, cujos procedimentos de teste se encontram no Projeto de Implementação do Programa de Garantia da Qualidade.

Os resultados de avaliação dos conjuntos chassis / écran existentes no serviço foram: 100% (37 unidades) se encontram em condições de não conformidade quanto ao aspecto de limpeza, não havendo inclusive registro deste procedimento e 3%

(7unidades) se encontram em condições de não conformidade quanto ao aspecto de desempenho contato tela filme, prejudicando de forma considerável a resolução da imagem, necessitando serem retirados de imediato do serviço. A base de dados implementada, para esta avaliação, já deixa programadas as datas de limpeza e testes de desempenho dos conjuntos para a manutenção da qualidade das imagens geradas para diagnóstico. As figuras IV.6 e IV.7 apresentam os resultados referentes aos cadastros dos conjuntos e as avaliações do contato tela filme.

Cadastro do conjunto chassis / écran				
código	Chassis		Ecran	
	Tamanho	Fabricante	Fabricante	Velocidade
001	18 x 24	Metaltronic	3M	400
002	18 x 24	Metaltronic	3M	400
003	18 x 24	Metaltronic	3M	400
004	18 x 24	Metaltronic	3M	400
005	18 x 24	Metaltronic	3M	400
006	18 x 24	Metaltronic	3M	400
007	18 x 24	Metaltronic	3M	400
008	24 x 30	Metaltronic	3M	400
009	24 x 30	Metaltronic	3M	400
010	24 x 30	Metaltronic	3M	400
011	24 x 30	Metaltronic	3M	400
012	24 x 30	Metaltronic	3M	400
013	24 x 30	Metaltronic	3M	400
014	24 x 30	Metaltronic	3M	400
015	30 x 40	Metaltronic	3M	400
016	30 x 40	Metaltronic	3M	400
017	30 x 40	Metaltronic	3M	400
018	30 x 40	Metaltronic	3M	400
019	30 x 40	Metaltronic	3M	400
020	30 x 40	Metaltronic	3M	400
021	30 x 40	Metaltronic	3M	400
022	30 x 40	Metaltronic	3M	400
023	30 x 40	Metaltronic	3M	400
024	35 x 35	Metaltronic	3M	400
025	35 x 35	Metaltronic	3M	400
026	35 x 35	Metaltronic	3M	400
027	35 x 35	Metaltronic	3M	400
028	35 x 35	Metaltronic	3M	400
029	35 x 35	Metaltronic	3M	400
030	35 x 35	Metaltronic	3M	400
031	35 x 43	Metaltronic	3M	400
032	35 x 43	Metaltronic	3M	400
033	35 x 43	Metaltronic	3M	400
034	35 x 43	Metaltronic	3M	400
035	35 x 43	Metaltronic	3M	400
036	35 x 43	Metaltronic	3M	400
037	35 x 43	Metaltronic	3M	400

**Figura IV. 6 – Cadastro do conjunto Chassis/écran**

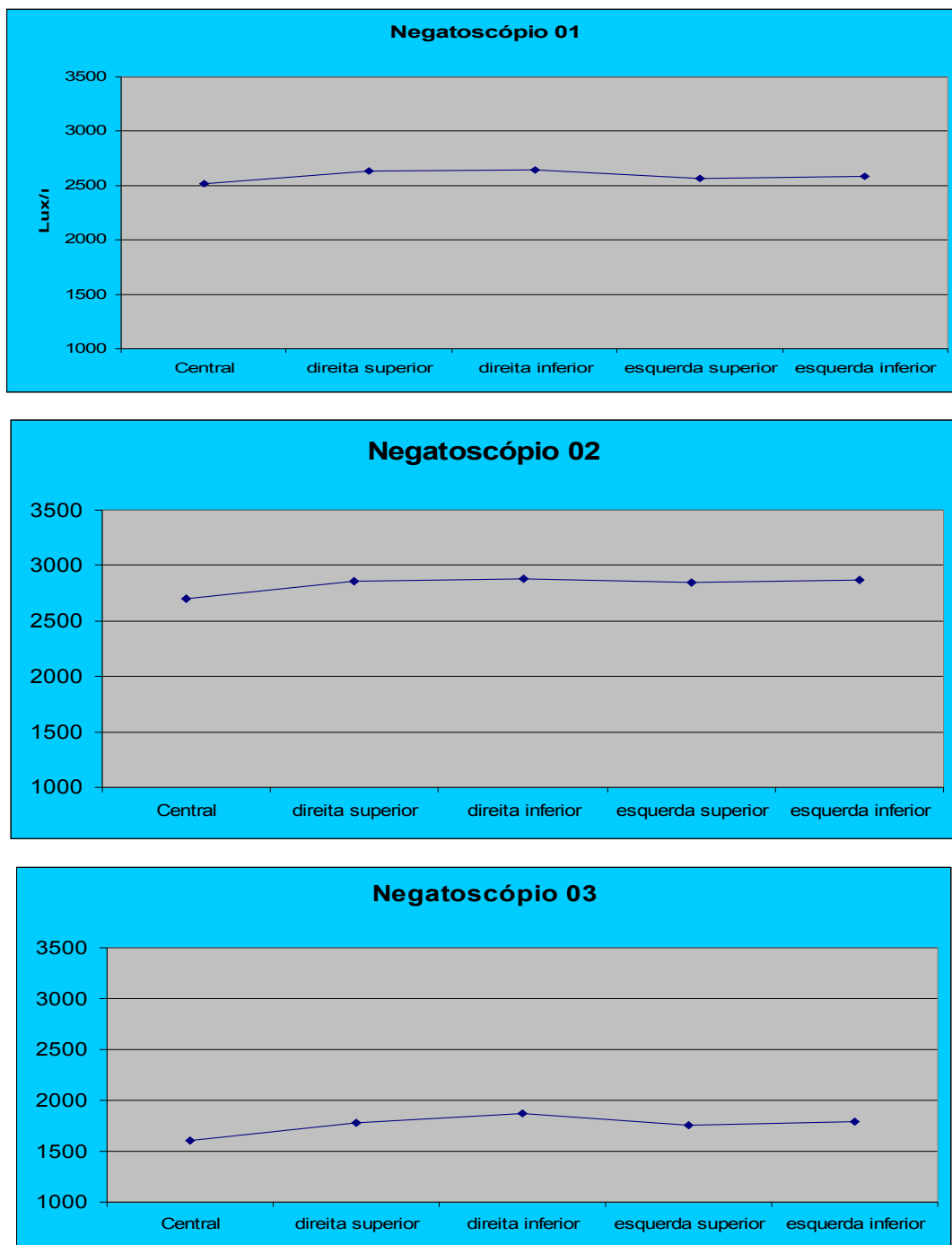
Cadastro do instrumento de teste				
	fabricante	modelo	número de série	
Código	data	condição de avaliação	data	condição de avaliação
001	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
002	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
003	outubro-07	Necessita troca	abril-08	
004	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
005	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
006	outubro-07	Necessita troca	abril-08	
007	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
008	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
009	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
010	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
011	outubro-07	Necessita troca	abril-08	
012	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
013	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
014	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
015	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
016	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
017	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
018	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
019	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
020	outubro-07	Necessita troca	abril-08	
021	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
022	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
023	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
024	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
025	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
026	outubro-07	Necessita troca	abril-08	
027	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
028	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
029	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
030	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
031	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
032	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
033	outubro-07	Necessita troca	abril-08	
034	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
035	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
036	outubro-07	Em conformidade	abril-08	
037	outubro-07	Em conformidade	abril-08	

**Figura IV. 7 – Análise de dados das condições de uso do conjunto chassis/écran**

#### **IV.2.6- Parâmetros de análise das condições de luminescência do negatoscópio**

Nesta base de dados foram avaliadas as condições de luminescência dos negatoscópios, sendo analisados três negatoscópios identificados como 01 e 02 os que se encontram na sala de laudo e 03 o que se encontra na câmara clara. Os resultados apresentaram, de forma precisa, que todos os negatoscópios apresentam luminescência abaixo do recomendado e que se faz necessário a implementação de correção imediata e o gerenciamento de manutenção de seu controle de qualidade, incluindo a limpeza

periódica, identificada como o principal fator de condição de não conformidade. Observa-se a frequência de valores de luminescência mais baixos nas áreas mais superiores e centrais, proveniente da permanência do filme em contato com a superfície do negatoscópio ainda com resíduo de químico, conforme confirmado na análise de rejeitos. A figura IV.8 apresenta os resultados da avaliação de luminescência dos negatoscópios.



**Figura IV. 8** – Gráfico dos Parâmetros de análise das condições de luminescência dos negatoscópios.



#### IV.2.7 - Parâmetros de testes para classificação das condições operacionais do sistema de processamento radiográfico

Nesta base de dados classificaram-se as condições operacionais da câmara escura, observando seu comportamento através da elaboração das curvas sensitométricas. Seguindo o roteiro de aplicação, já exposto no capítulo III.5.6, observa-se que a mesma se encontra em condições de não conformidade, tendo em vista que ocorre uma grande variação na área denominada como latitude do filme, gerando uma alteração de densidade óptica significativa, prejudicando a qualidade do exame. Foi verificado que o elemento de maior influência nos resultados é a lâmpada de segurança, que apesar de estar com o filtro dentro das especificações técnicas, se encontrava composta por uma lâmpada de 40 W, o máximo permitido é 15 W, e a uma altura inferior a 1,20 m do balcão. A figura IV.9 apresenta a curva característica gerada através do teste sensitométrico, devendo ser observado o desvio na área de latitude e acompanhar cuidadosamente a legenda para identificação do momento dos testes como estabelecido no item III.5.5.

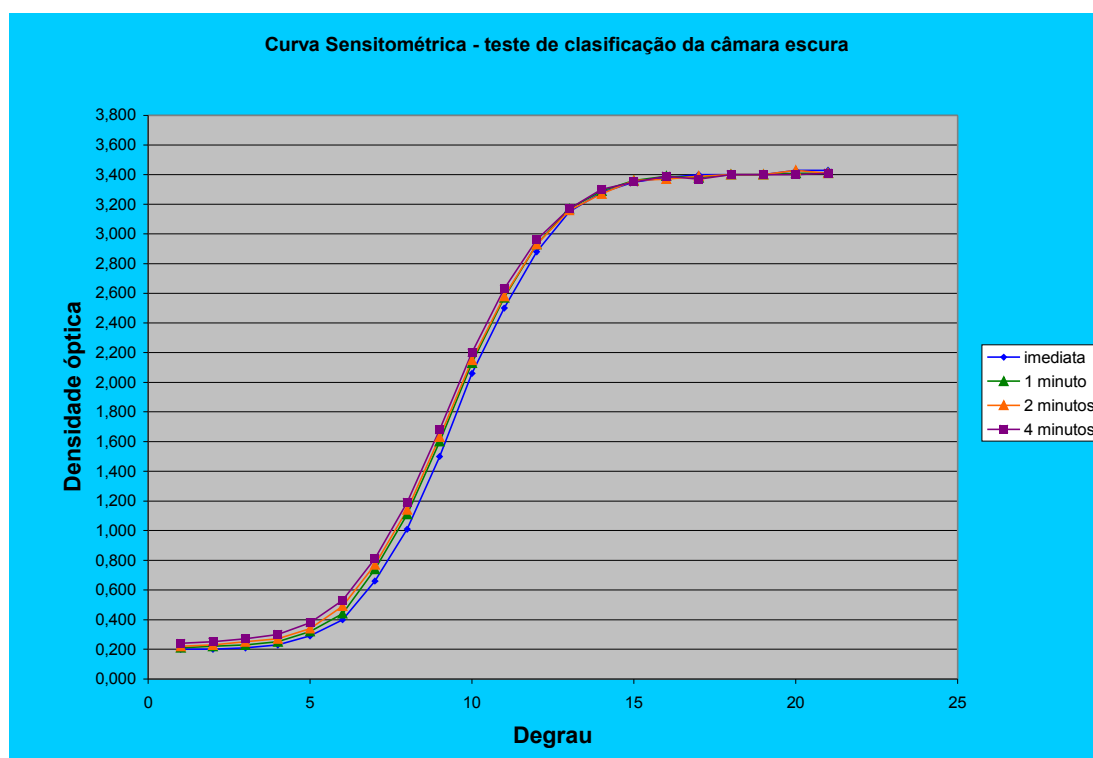
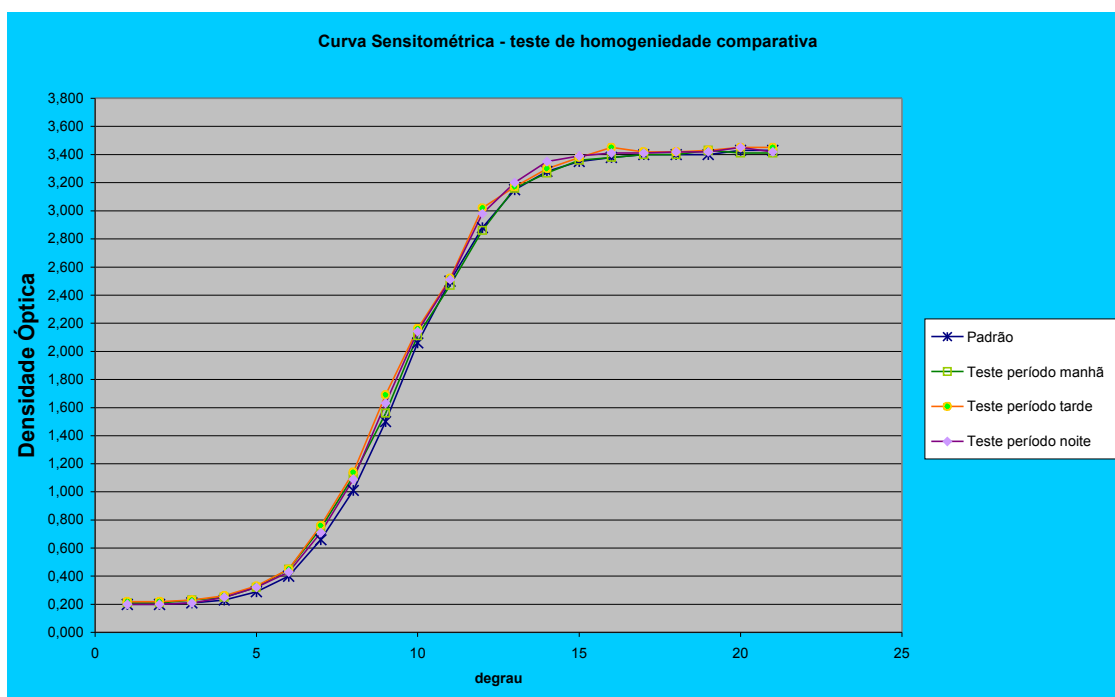


Figura IV. 9 – Gráfico do teste sensitométrico para avaliação dos parâmetros de testes para classificação das condições operacionais do sistema de processamento radiográfico.

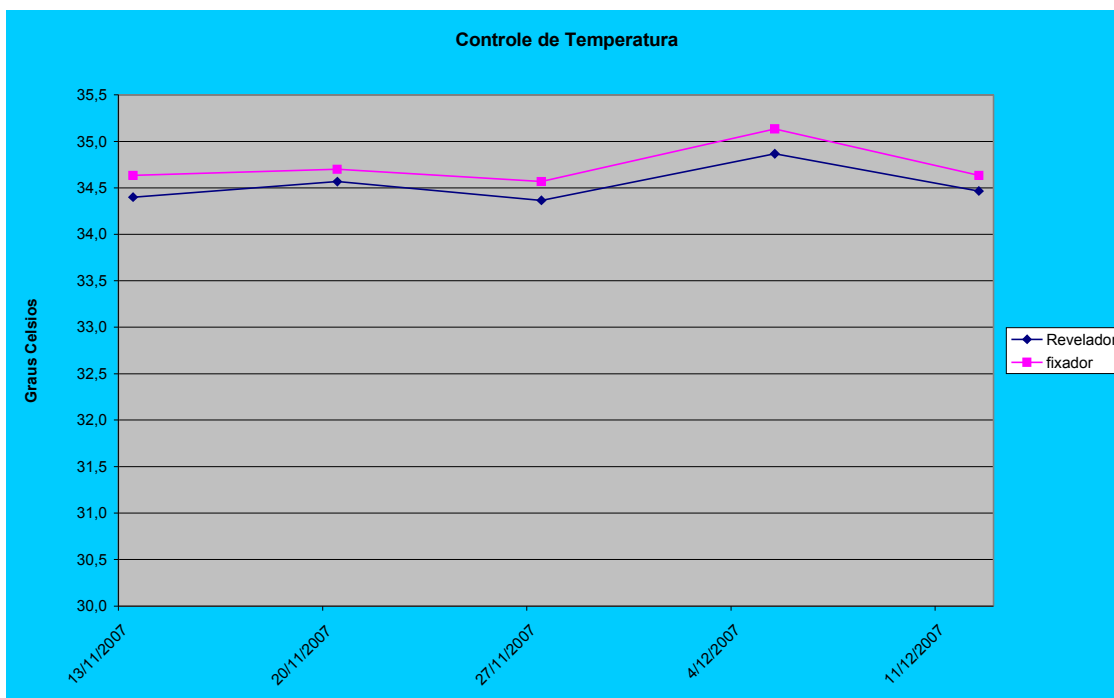
#### IV.2.8 - Testes sensitométricos de avaliação da manutenção das condições operacionais do sistema de processamento radiográfico

Nesta base de dados, a constância das condições operacionais do sistema de processamento foi avaliada analisando o grau de reprodutibilidade e manutenção das variáveis que influenciam diretamente a qualidade da imagem gerada. Observa-se que os resultados gerados foram mantidos com variações dentro dos limites estabelecidos, porém mantendo a mesma deficiência constatada na avaliação reportada no item IV.2.8.

Associado a este resultado pode-se observar no gráfico de comportamento da temperatura dos compostos químicos do sistema de processamento, observando que sua variação esta dentro dos limites considerados (inferior a 5°C), constatando não ser um fator influenciador na perda da qualidade das imagens geradas. A figura IV.10 apresenta o comportamento da curva sensitométrica obtida após a conclusão dos testes, lembrando que a seleção da data gera a curva correspondente aos seus resultados de forma vinculada e a figura IV.11 apresenta o comportamento da temperatura média dos compostos revelador e fixador no dia da realização do teste.



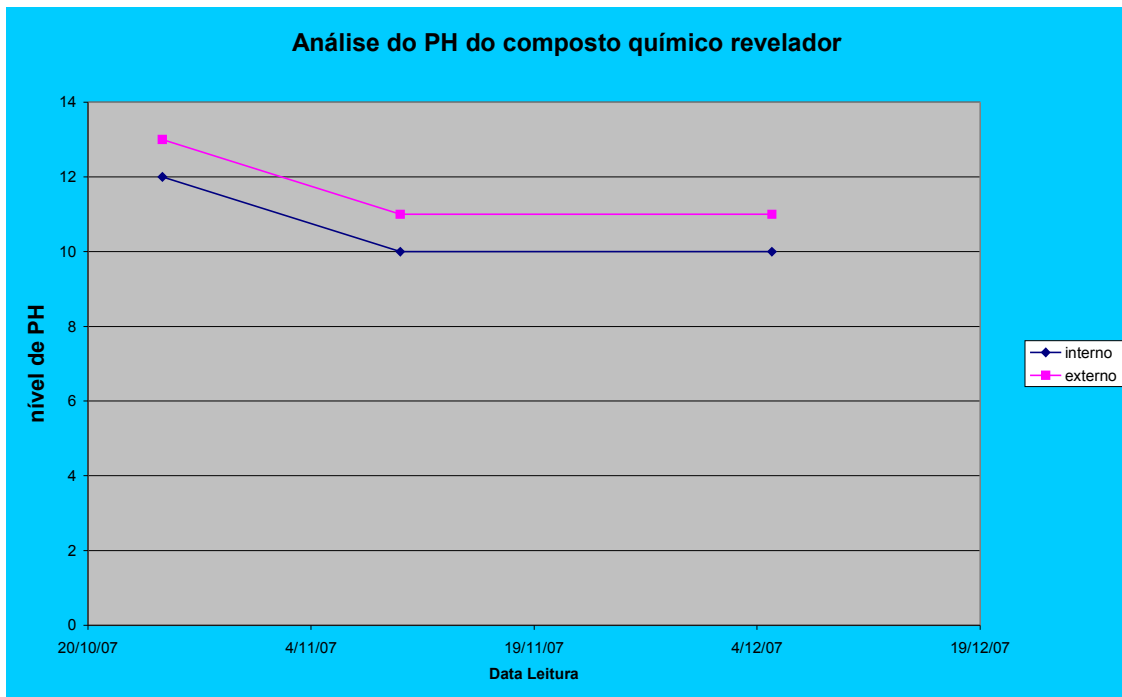
**Figura IV. 10** – Gráfico do teste sensitométrico para avaliação da manutenção das condições operacionais do sistema de processamento radiográfico.



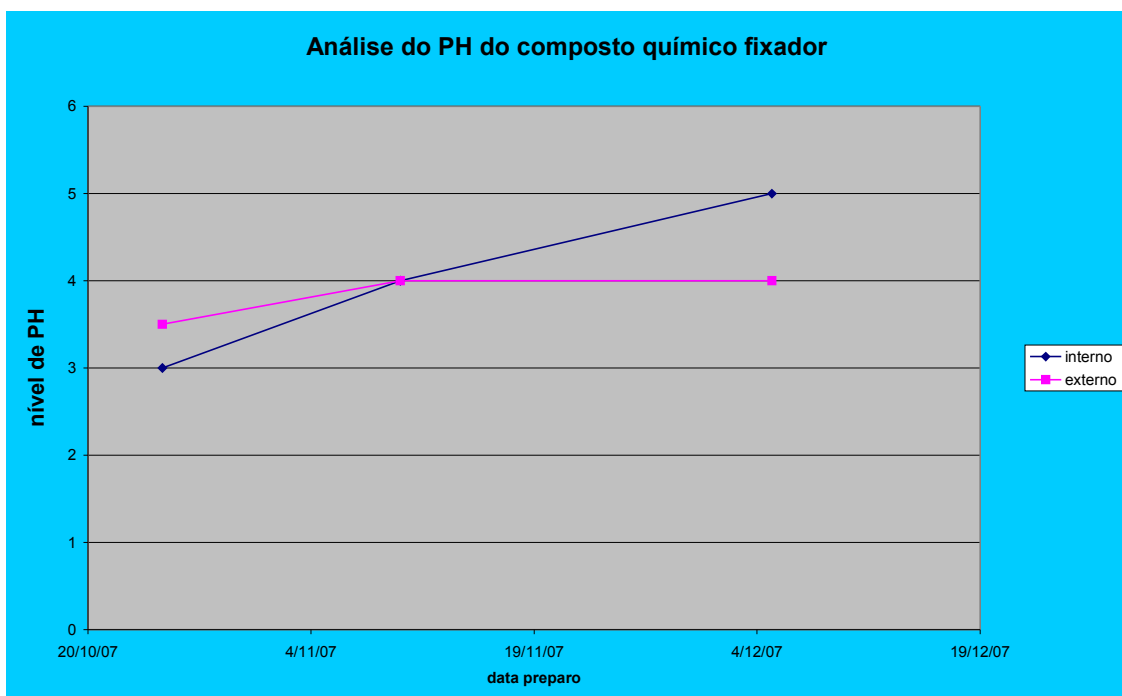
**Figura IV. 11** – Gráfico da avaliação da variação de temperatura média do sistema de processamento no período de realização dos testes sensitométricos.

#### **IV.2.9 - Teste de avaliação do PH dos compostos químicos do sistema de processamento radiográfico**

Nesta base de dados foram registrados os níveis de PH dos compostos químicos do sistema de processamento radiográfico. Os resultados apresentaram valores acima dos permitidos, inicialmente justificados pelo manuseio inadequado dos compostos no momento de sua preparação. Foi aplicado um roteiro de procedimentos que corrigiu as diferenças existentes. A figura IV.12 e IV.13 apresentam o comportamento do nível de PH dos compostos revelador e fixador correspondentes a data da realização do procedimento de preparo.



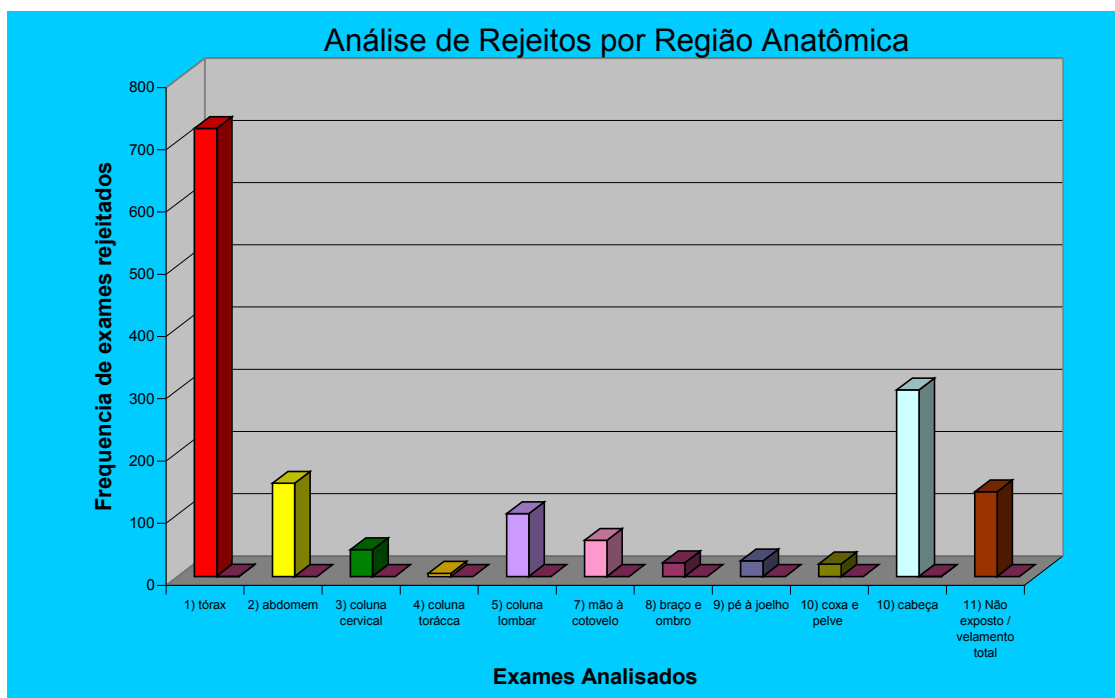
**Figura IV. 12** – Gráfico de análise do PH do composto químico revelador



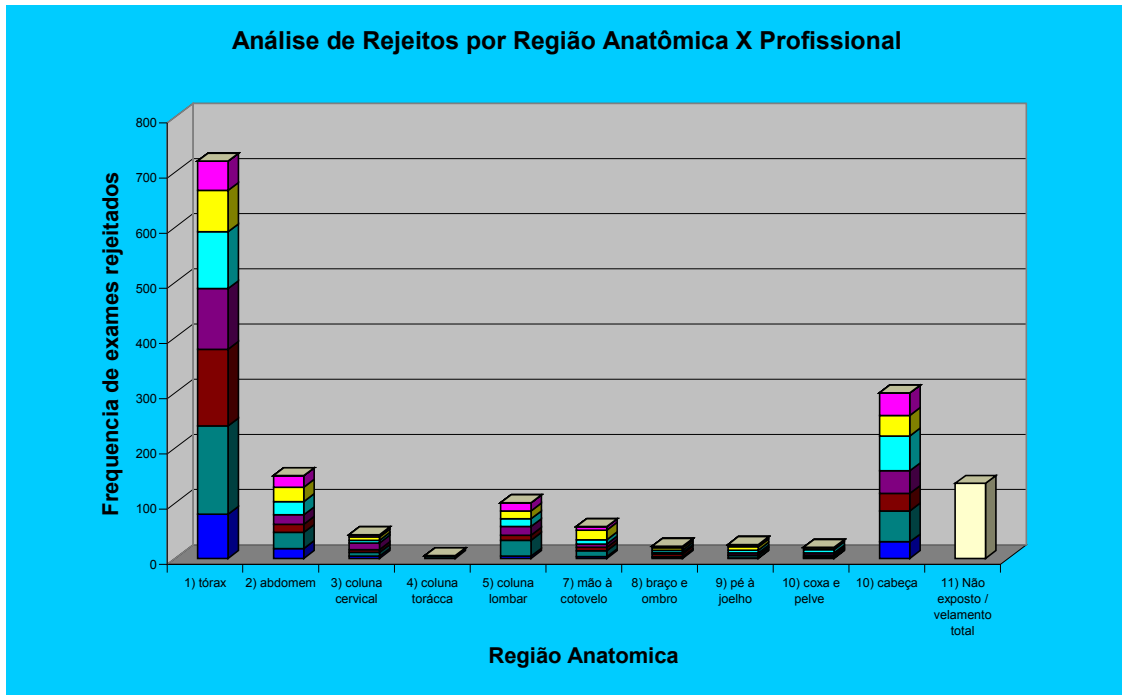
**Figura IV. 13** – Gráfico de análise do composto químico fixador.

#### IV.2.11 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de exame rejeitado

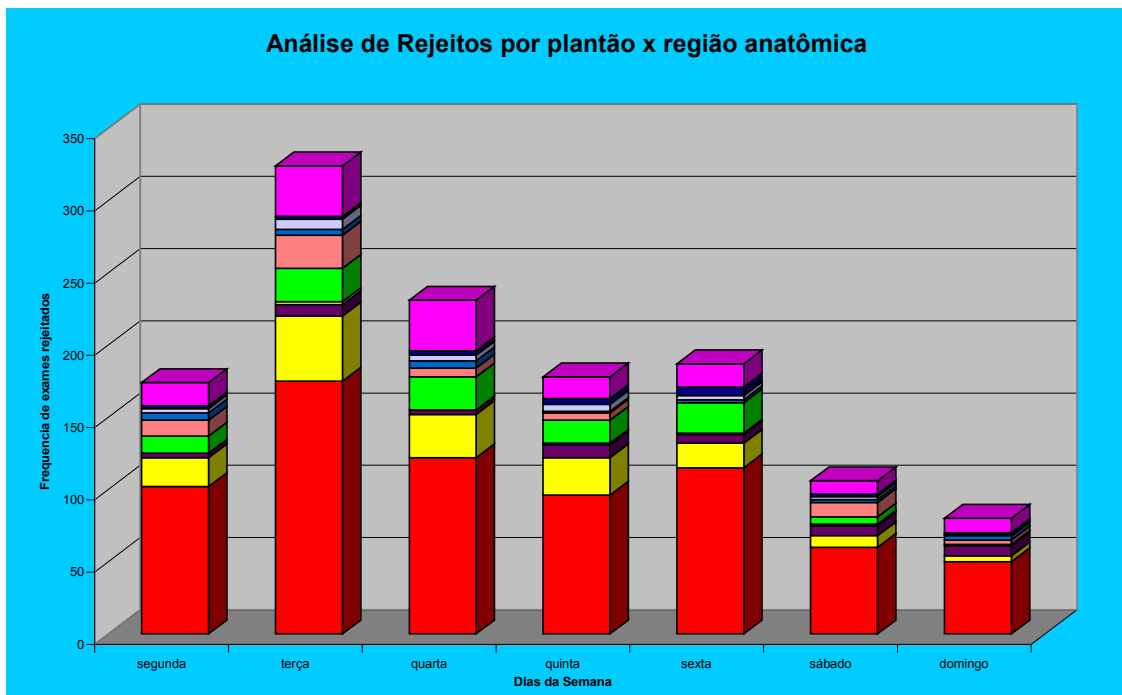
Neste banco de dados estão registradas as análises dos exames rejeitados, sendo possível gerar o percentual de películas rejeitadas, que na instituição analisada é de 20%, gerando resultados apresentados em número específico de películas e percentual, que permitem identificar e classificar os exames mais repetidos (rejeitos), os profissionais que apresentam maior necessidade de treinamento específico por exame e os plantões de menor aproveitamento técnico, permitindo otimizar o processo de atualização, reconstituição de equipe profissional e gerar parâmetros a serem adotados nos cursos de treinamento, possibilitando a recuperação do profissional e a melhoria significativa da qualidade do serviço. As figuras IV.14 e IV.15 apresentam os resultados da análise de rejeitos referentes as regiões anatômicas estudadas, permitindo a classificação dos procedimentos e desempenho dos profissionais.



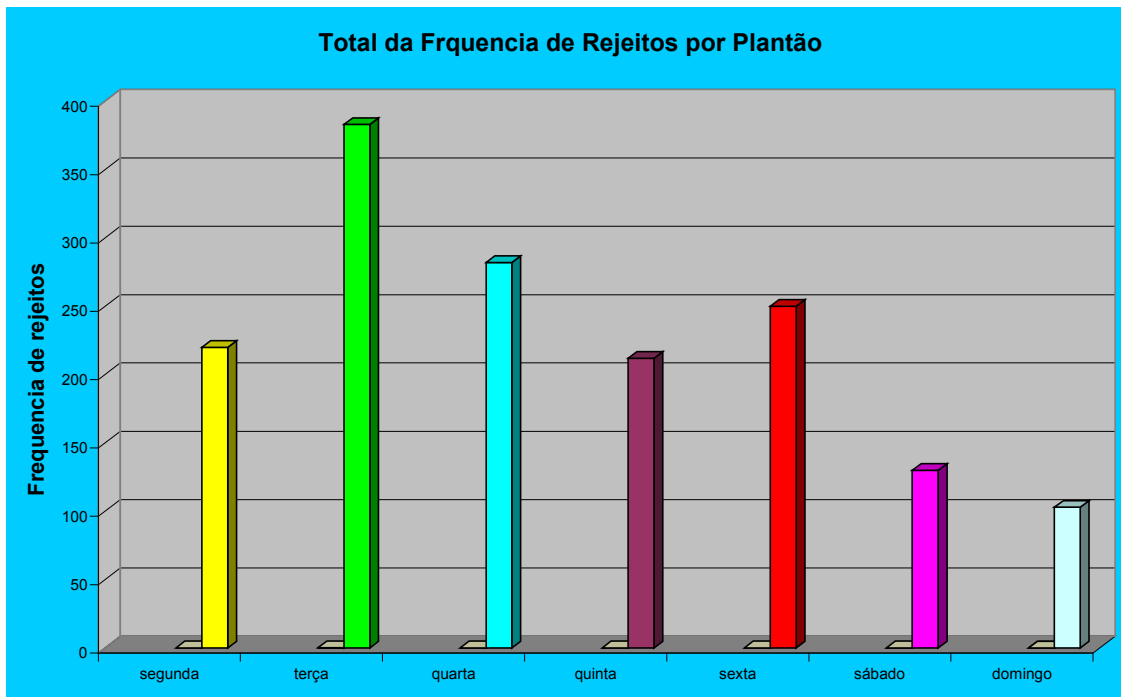
**Figura IV. 14** – Gráfico da análise de rejeitos por região anatômica – classifica o exame pelo índice de maior frequência de repetição



**Figura IV. 15** – Gráfico da análise de rejeitos por região anatômica – Classifica o profissional pelo percentual de execuções de repetições de um determinado exame.



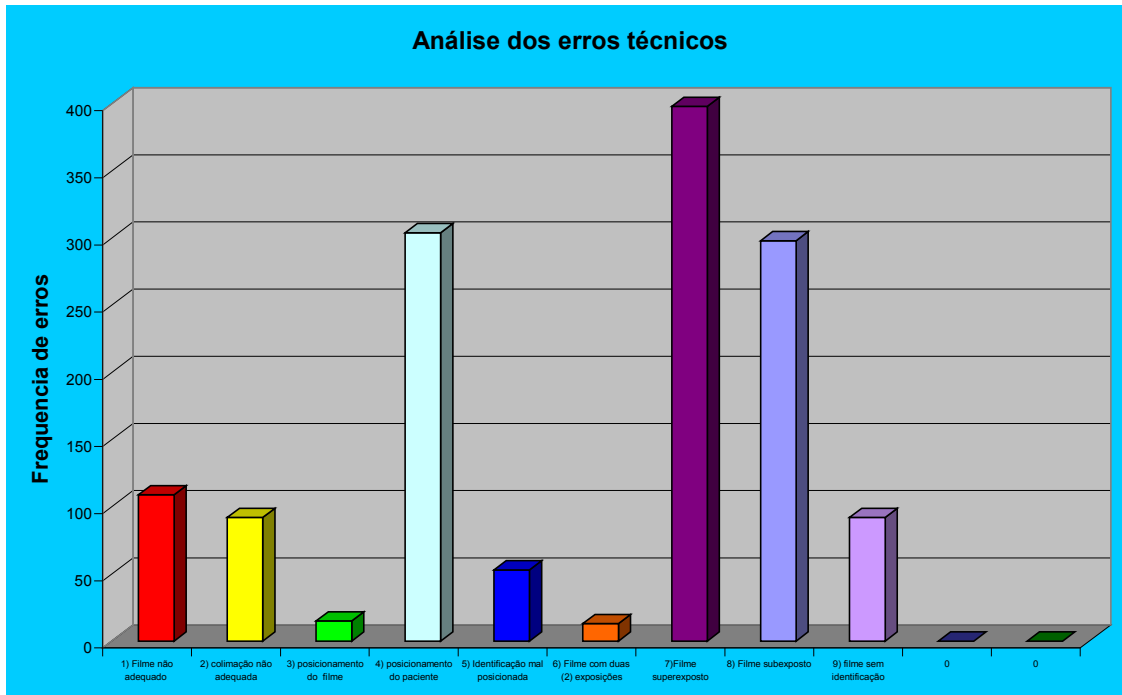
**Figura IV. 16** – Gráfico da análise de rejeitos por região anatômica – classifica os plantões pelo aproveitamento técnico por exame, apontando o quantidade de rejeitos por região anatômica.



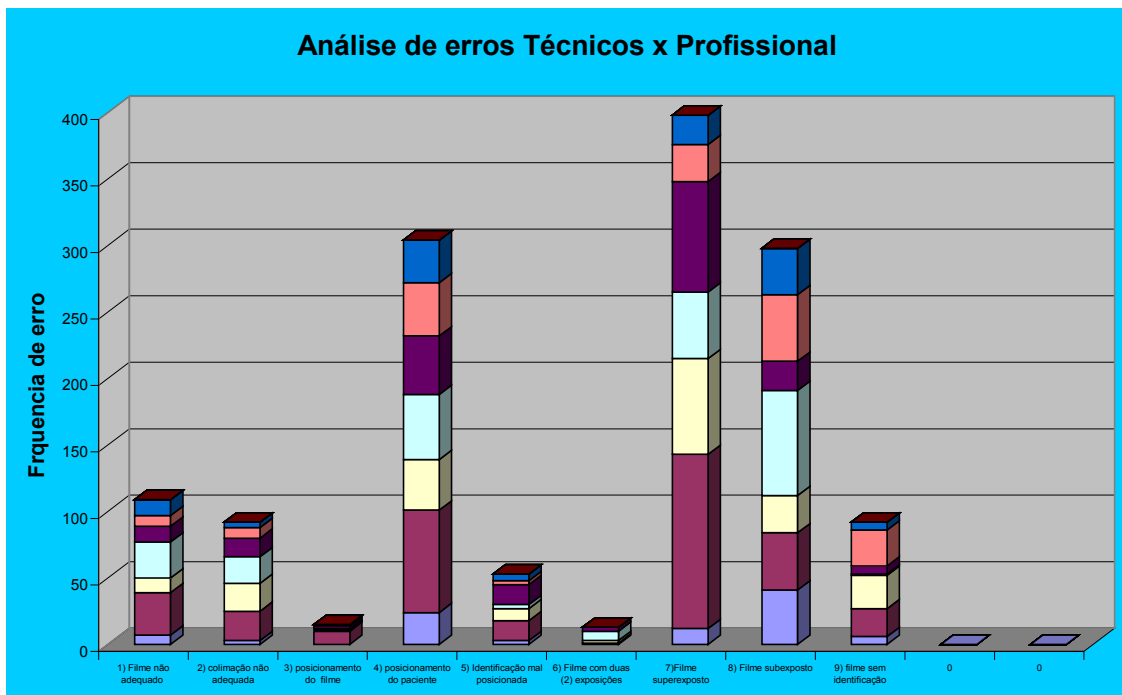
**Figura IV. 17** – Gráfico da análise de rejeitos por região anatômica – Classifica os plantões pelo aproveitamento técnico, considerando todos os rejeitos das região anatômica analisada.

#### **IV.2.12 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado a realização do exame**

Neste banco de dados estão registradas as análises dos erros técnicos cometidos durante a realização do exame radiográfico, sendo possível gerar o percentual de películas rejeitadas em função de cada parâmetro analisado, classificar os erros mais freqüentes associados ao profissional, classificar os plantões pelo desempenho técnico de execução de exames. Estes resultados, somados aos obtidos no item IV.2.11, geram os indicativos de maior necessidade de treinamento específico, nos procedimentos de preparação e execução das técnicas radiográficas, otimizando a recuperação dos profissionais e a melhora significativa da qualidade do serviço. As figuras IV.18 e IV. 19 apresentam os resultados da análise de rejeitos referentes aos erros cometidos nos parâmetros técnicos de execução dos exames, permitindo a classificação dos procedimentos e desempenho dos profissionais.

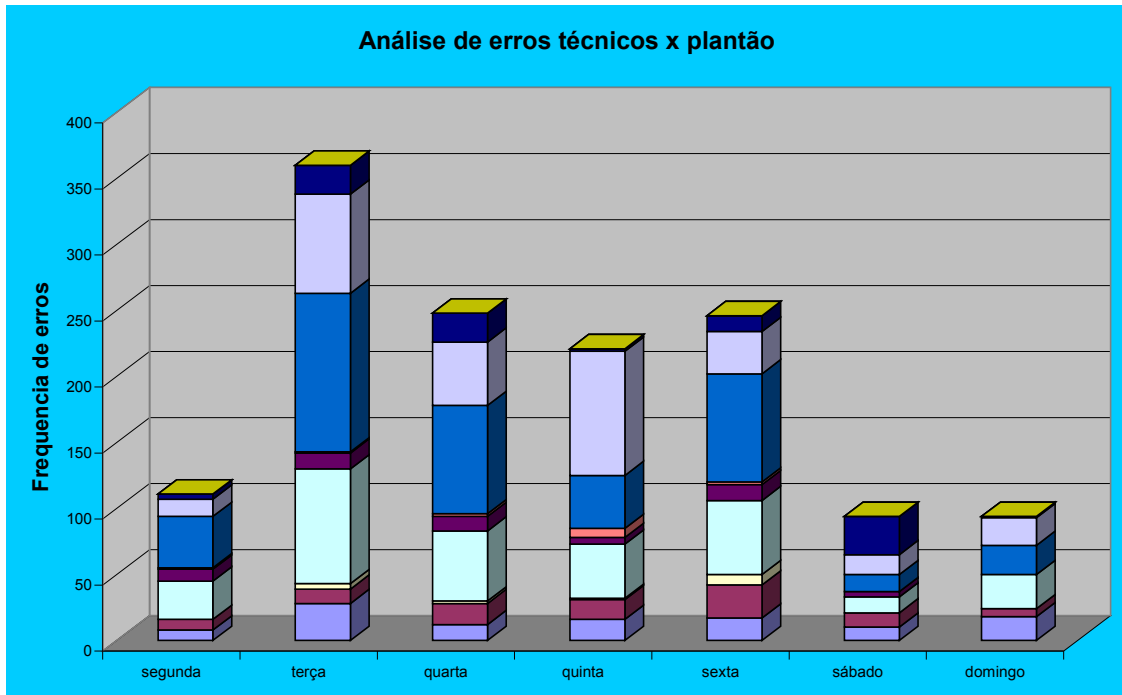


**Figura IV. 18** – Gráfico da análise de rejeitos por erros técnicos – indica os erros técnicos de maior frequência.



**Figura IV. 19** – Gráfico da análise de rejeitos por erros técnicos – indica os erros técnicos de maior frequência, apontando o índice de participação de cada profissional.

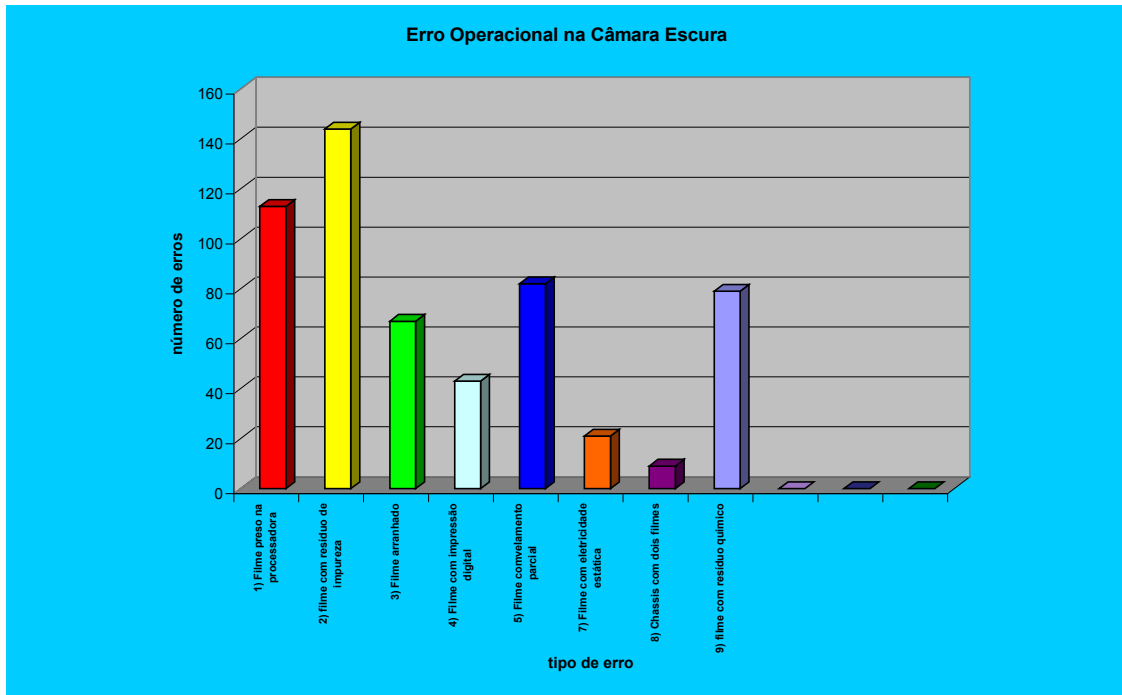




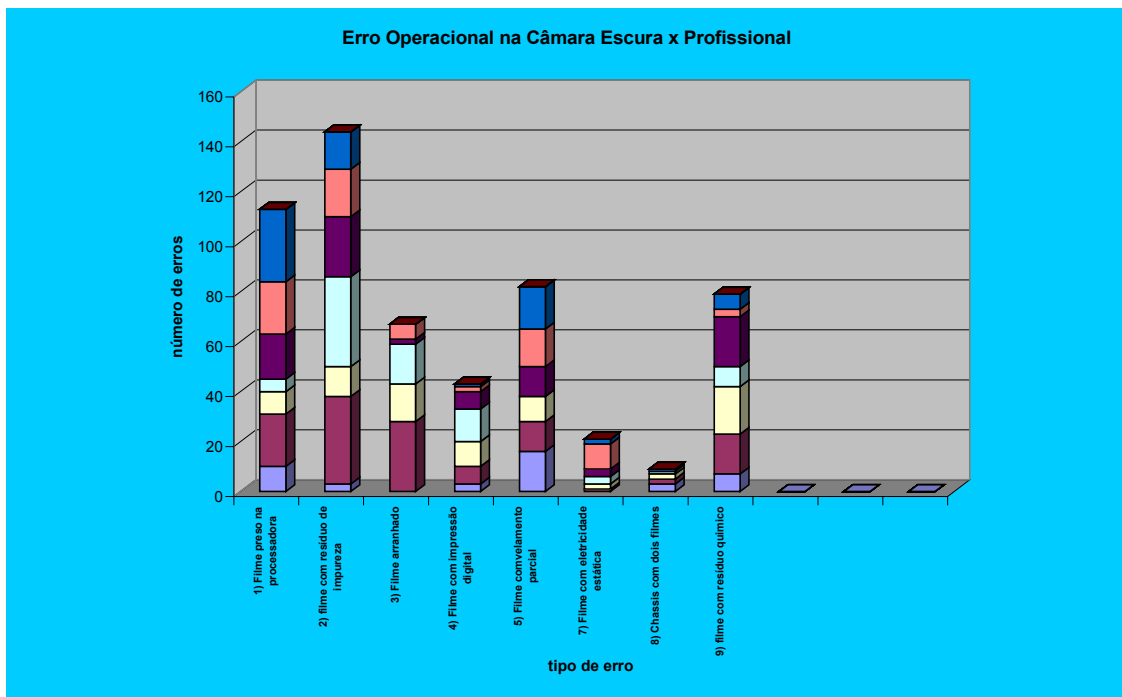
**Figura IV. 20**– Gráfico da análise de rejeitos por erros técnicos – classifica os plantões pelo total de erros cometidos, apontando o percentual de cada parâmetro analisado.

#### **IV.2.13 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado a câmara escura**

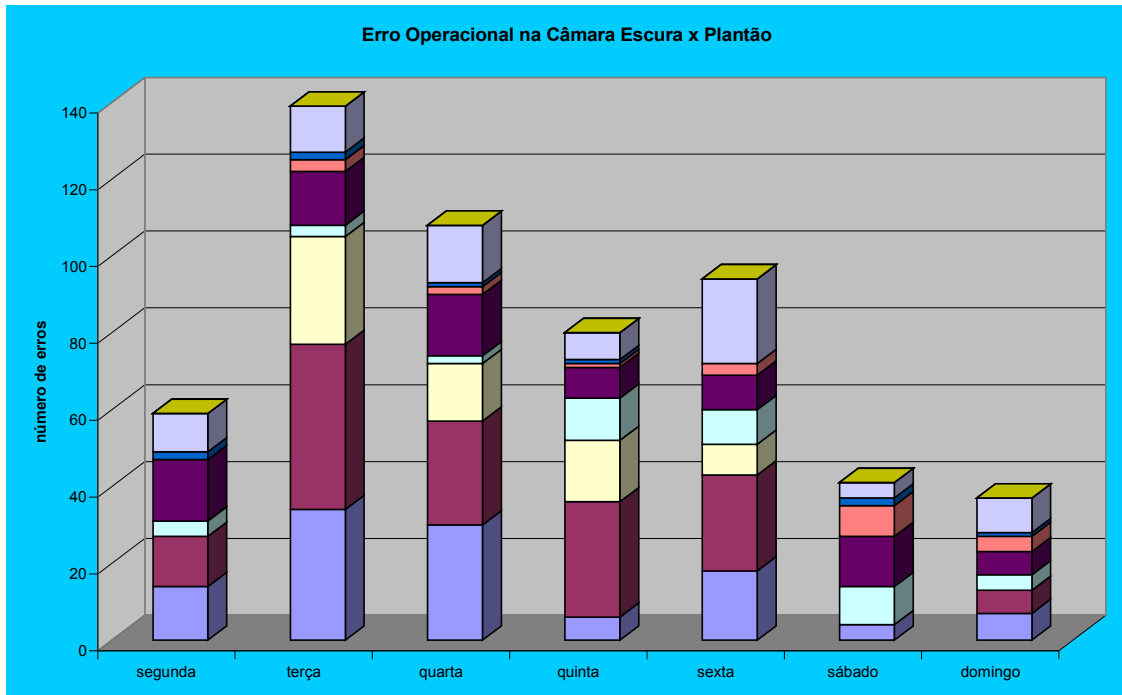
Neste banco de dados estão registradas as análises dos erros operacionais cometidos na câmara escura durante o processamento da película radiográfica, sendo possível gerar o percentual de películas rejeitadas em função de cada parâmetro analisado, classificar os erros mais freqüentes associados ao profissional e classificar os plantões pelo desempenho operacional. Estes resultados, geram os indicativos de maior necessidade de treinamento específico associados aos procedimentos operacionais de processamento radiográfico, incluindo indicativos de necessidade de manutenção do sistema de processamento. Os resultados destes parâmetros associados aos obtidos nos itens IV.2.7, IV.2.8 e IV.2.9, otimizam o programa de treinamento em processamento radiográfico a ser implementado no serviço, melhorando o desempenho dos profissionais. As figures IV.21 e IV.22 apresentam os resultados da análise de rejeitos referentes aos erros cometidos nos parâmetros de câmara escura, permitindo a classificação dos procedimentos e desempenho dos profissionais.



**Figura IV. 21** - Gráfico da análise de rejeitos por erros operacionais na câmara escura – indica os erros operacionais na câmara escura de maior frequência.



**Figura IV. 22** – Gráfico da análise de rejeitos por erros operacionais na câmara escura – indica os erros operacionais de maior frequência, apontando o índice de participação de cada profissional.



**Figura IV. 23** – Gráfico da análise de rejeitos por erros operacionais na câmara escura – classifica os plantões pelo total de erros cometidos, apontando o percentual de cada parâmetro analisado.

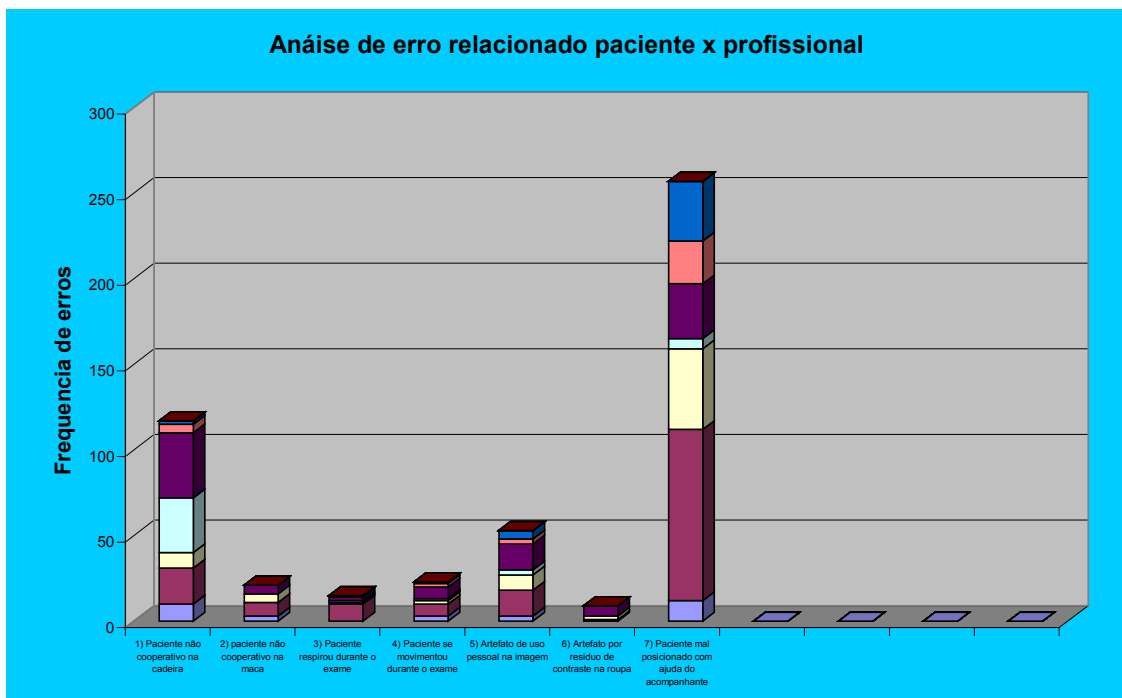
#### **IV.2.14 - Avaliação de desempenho dos profissionais por tipo de erro operacional relacionado ao comando e controle do paciente**

Neste banco de dados estão registradas as análises dos erros operacionais cometidos durante a execução dos exames, levando-se em consideração a observação do comportamento do paciente, sendo possível gerar o percentual de películas rejeitadas em função de cada parâmetro analisado, classificar os erros mais frequentes associados ao profissional x paciente, classificar os plantões pelo desempenho técnico. Estes resultados, geram os indicativos de maior necessidade de treinamento específico associados ao relacionamento profissional x paciente, incluindo indicativos de necessidade de remanejamento de profissionais na formação das equipes relacionadas aos plantões. Os resultados destes parâmetros associados aos obtidos no item IV.2.11, otimizam o programa de treinamento técnico radiográfico a ser implementado no serviço, melhorando o desempenho dos profissionais. As figures IV.24 e IV.25 apresentam os resultados da análise de rejeitos referentes aos erros cometidos nos

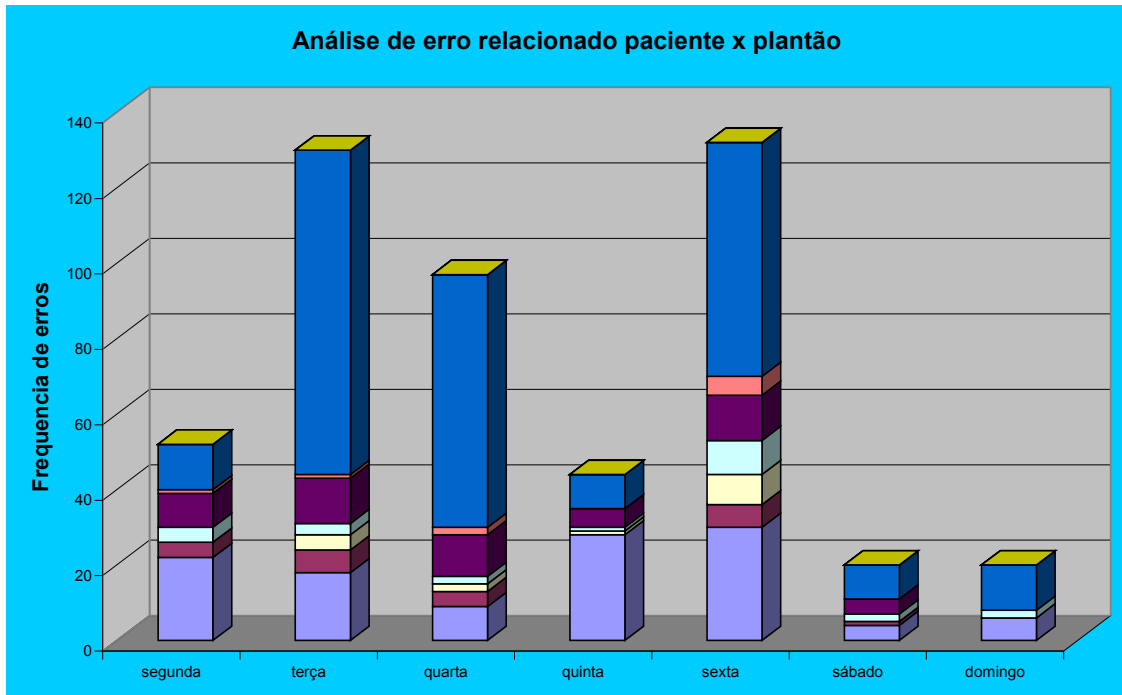
procedimentos relacionados a observação dos pacientes, permitindo a classificação dos procedimentos e desempenho dos profissionais.



**Figura IV. 24** - Gráfico da análise de rejeitos por erros relacionados ao paciente – indica os erros operacionais de maior frequência.



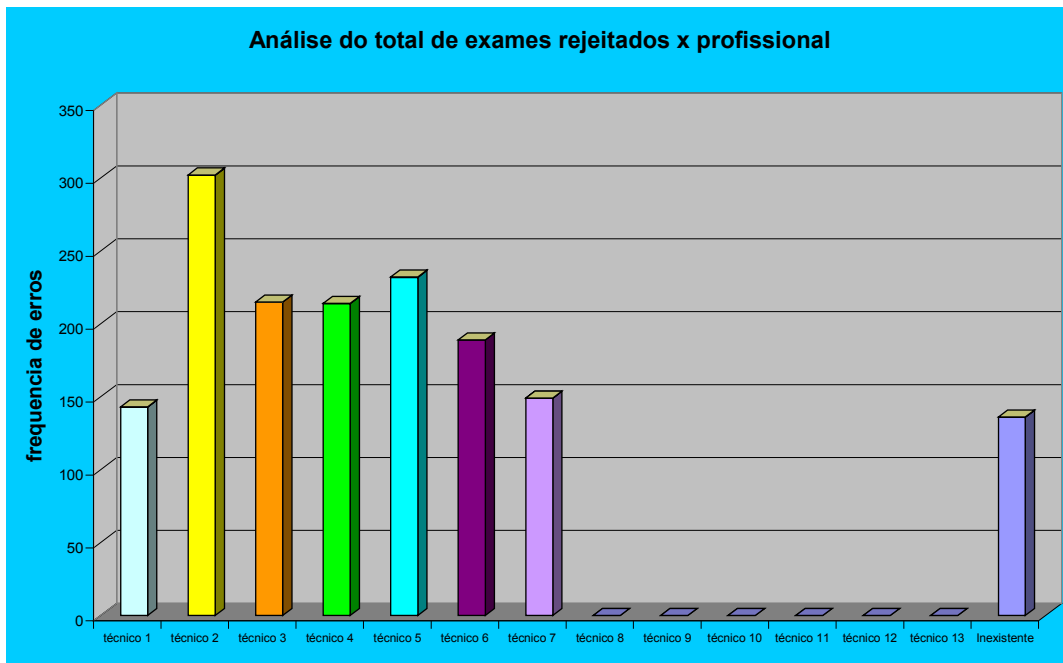
**Figura IV. 25** – Gráfico da análise de rejeitos por erros relacionados ao paciente – indica os erros de maior frequência, apontando o índice de participação de cada profissional.



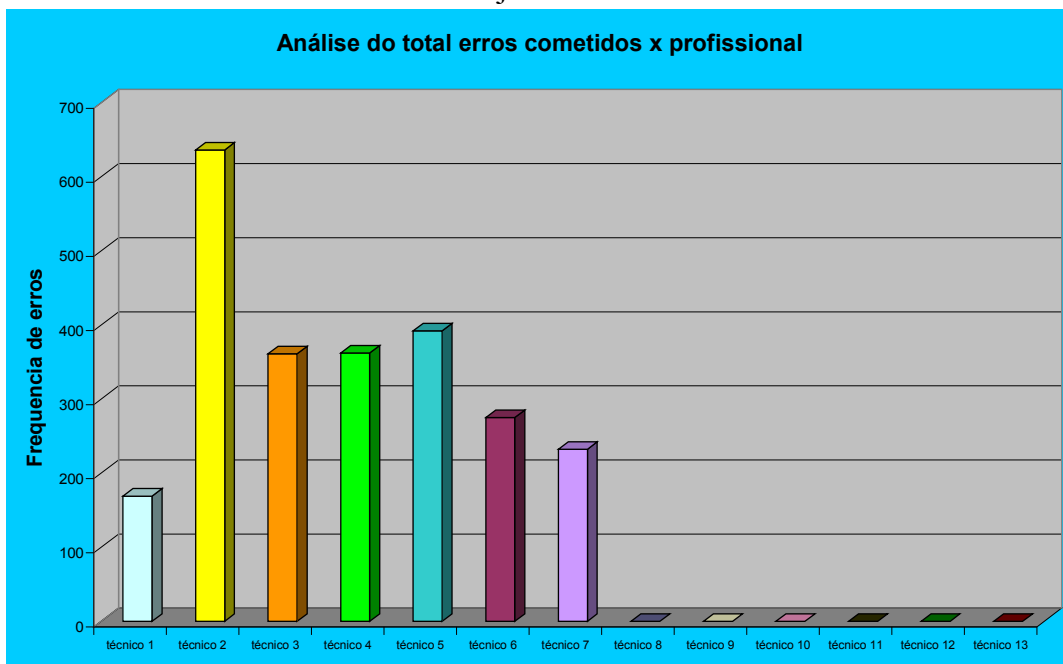
**Figura IV. 26** – Gráfico da análise de rejeitos por erros relacionados ao paciente – classifica os plantões pelo total de erros cometidos, apontando o percentual de cada parâmetro analisado.

#### IV.2.15 – Análise do Desempenho do Profissional

Neste banco de dados registrou-se a estatística relacionada a todos os tipos de erros cometidos, classificando os profissionais quanto seu desempenho técnico. Estes dados proporcionam uma prioridade de treinamento visando a recuperação do profissional e parâmetros para o processo de reorganização das equipes por plantão, visando a otimização na execução dos exames radiográficos e melhoria de qualidade da imagem gerada. As figuras IV.27 e IV.28 apresentam a classificação dos profissionais levando em consideração todos os parâmetros analisados.



**Figura IV. 27** – Gráfico da análise de classificação do profissional por exames rejeitados.



**Figura IV. 28** – Gráfico da análise de classificação do profissional por quantidade de erros cometidos durante todo o processo operacional de execução e processamento do exame.

A análise de todos os resultados de avaliação dos rejeitos demonstraram uma coerência de dados associando os números de exames rejeitados de forma proporcional ao número de erros, profissionais e plantão, demonstrando a confiabilidade necessária aos resultados obtidos.

#### IV.2.16 - Cadastro dos Instrumentos de Teste Utilizados

Nesta base é registrado todo o equipamento utilizado nos testes realizados, facilitando a definição do instrumento necessário ao teste de forma a ficar registrado na base de dados específica de forma vinculada.

Cadastro dos Instrumentos utilizados para os testes de desempenho dos equipamentos radiológicos e processamento radiográfico							
	Local de teste	Instrumento	fabricante	modelo	número de série	data de calibração	fator de correção
1	Câmara escura	contato tela filme					
2	Câmara escura	sensitômetro					
3	Câmara escura	densitômetro					
4	Câmara escura	Phagâmetro					
5	Câmara escura	Termômetro digital					
6	Câmara escura	Higrômetro digital					
6	Câmara escura	Luxímetro					
7	equipamento emissor de raios	KV meter					
8	equipamento emissor de raios	Timer					
9	equipamento emissor de raios	Tamanho de campo					
10	equipamento emissor de raios	Ponto focal					
11	equipamento emissor de raios	Lâminas de filtração em					
12	equipamento emissor de raios	Medidor de nível com					
13	equipamento emissor de raios	Câmara de ionização I					
14	equipamento emissor de raios	Câmara de ionização II					
15	equipamento emissor de raios						
16	equipamento emissor de raios						
17	equipamento emissor de raios						

Figura IV. 29 - base de cadastro dos instrumentos utilizados.

#### IV.2.17 - Controle de avaliação visual das condições operacionais do equipamento

Nesta base de dados observou-se a existência da contratação de uma empresa responsável pela manutenção dos equipamentos emissores de radiação, porém não encontramos registros de acompanhamento dos testes realizados. As avaliações realizadas permitiram observar que a precisão do alinhamento da perpendicularidade do cabeçote com a mesa de exame, precisão do alinhamento do deslocamento de translação da coluna vertical e centralização do foco luminoso com a linha central da mesa e precisão do alinhamento do deslocamento de translação da coluna vertical e centralização do foco luminoso com a linha central da estativa bucky vertical, encontravam-se em não conformidade, provocando a descentralização do raio central e conseqüentemente uma distribuição não homogênea da radiação no campo selecionado, prejudicando de forma significativa a qualidade da imagem. Estes resultados demonstraram a necessidade de um acompanhamento do SPR durante o processo de manutenção do equipamento e uma programação de forma periódica da manutenção preventiva. É importante salientar que os pontos analisados, definidos no capítulo III.9, são baseados na maior freqüência de manipulação, gerando uma maior probabilidade de desvio do padrão de conformidade. A figura IV.30 e IV.31 apresentam as avaliações dos testes operacionais mecânicos, onde foram realizados com o acompanhamento do serviço de manutenção.

	Precisão do ajuste mecânico do seletor de KVp no gerador		Precisão do ajuste mecânico do seletor de mA no gerador		Precisão do ajuste mecânico do seletor de tempo de exposição no gerador		Precisão do ajuste mecânico do seletor de mAs no gerador		pr
Data da avaliação	<b>Resultado da</b>								
	<i>Inicial</i>	<i>final</i>	<i>Inicial</i>	<i>final</i>	<i>Inicial</i>	<i>final</i>	<i>Inicial</i>	<i>final</i>	
15/12/07	Em Conformidade	Em Conformidade	Em Conformidade	Em Conformidade	Em Conformidade	Em Conformidade	Em Conformidade	Em Conformidade	

**Figura IV. 30** – Controle de avaliação visual das condições operacionais do equipamento.



precisão do ajuste do seletor de foco no cogerador		Precisão do alinhamento da perpendicularidade do cabeçote com a mesa de exame		precisão do alinhamento do deslocamento de translação da coluna vertical e centralização do foco luminoso com a linha central da mesa		precisão do alinhamento do deslocamento de translação da coluna vertical e centralização do foco luminoso com a linha central da estativa bucky vertical	
<b>a avaliação</b>							
<i>Inicial</i>	<i>final</i>	<i>Inicial</i>	<i>final</i>	<i>Inicial</i>	<i>final</i>	<i>Inicial</i>	<i>final</i>
Não Conformidade	Não Conformidade	Não Conformidade	Não Conformidade	Não Conformidade	Não Conformidade	Não Conformidade	Não Conformidade

**Figura IV. 31 - Controle de avaliação visual das condições operacionais do equipamento – continuação da base de dados IV.16a.**

#### **IV.2.18 - Avaliação de desempenho do sistema de colimação e alinhamento do eixo central do feixe de raios X**

Nesta base de dados consegue-se comprovar a eficiência ao avaliar que a coincidência do campo luminoso com o irradiado encontra-se dentro dos parâmetros de conformidade, ou seja, desvio inferior a 2% da distância foco-filme utilizada, que no caso foi padronizada em 1m, conforme demonstrado na figura IV.32 e o alinhamento do eixo central encontra-se dentro dos parâmetros de conformidade, estando o seu desvio inferior a 3° .

1 - Coincidência de Campo Visual com Campo de Radiação:

	Campo indicado (cm)	Campo irradiado	%
Horizontal	18	16,5	1,50
Vertical	14	13	1,00
			1,50

Desvio Máximo Aceitável: +/- 2% da distância foco-filme utilizada

2 - Alinhamento do Eixo Central em Relação ao Eixo Perpendicular ao Plano de Irradiação:

ponto de projeção do objeto de teste	
primeiro círculo	
segundo círculo	x

Ângulo medido ( $\alpha$  em  $^\circ$ ): >1,5 e <3

Observação:

O desvio do campo de colimação e o alinhamento do eixo central medido devem estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO.

**Conclusão:** *Tamanho de Campo em conformidade*

**Conclusão** *Alinhamento do Eixo Central em Não conformidade*

Figura IV. 32 – resultado da coincidência do campo luminoso com o irradiado e alinhamento do ponto focal.

#### IV.2.19 - Avaliação das dimensões do ponto focal

Nesta base de dados consegue-se avaliar as dimensões do ponto focal do tubo e comparando seus valores com os fornecidos pela tabela NEM, recomendada pela portaria 453/98-MS como padrão, verifica-se que as dimensões calculadas está dentro dos parâmetros de conformidade. A figura IV.33 apresenta os valores registrados.

mA	<b>400</b>
t(s)	<b>0,02</b>
mAs	<b>8</b>
Valor nominal mínimo do ponto focal	<b>1,50</b>
Valor Nomina Máximo do ponto focal	<b>2,00</b>

Tabela fornecida pelo fabricante

Tabela NEMA

Menor Grupo Resolvido	Grupos de pares de linha/mm	Maior dimensão do ponto focal	Selecionar o tamanho do ponto focal medido	Tamanho mínimo do ponto focal	Tamanho máximo do ponto focal
1	0,59	3,40		3,90	5,60
2	0,70	2,90		3,60	5,20
3	0,84	2,40		3,10	4,40
4	1,00	2,00		2,60	3,70
5	1,19	1,70		2,20	3,20
6	1,41	1,40		1,90	2,80
7	1,68	1,20		1,70	2,40
8	2,00	1,00	x	1,40	2,00
9	2,38	0,80		1,20	1,60
10	2,83	0,70		1,10	1,50
11	3,36	0,60		0,90	1,30

Tabela NEMA ( Portaria 453/98)

Tamanho nominal da Ponta Focal	Máximar dimensões recomendadar		Tamanho nominal da Ponta Focal	Máximar dimensões recomendadar	
	Largura (mm)	Comprimento (mm)		Largura (mm)	Comprimento (mm)
0,1	0,15	0,15	1,3	1,8	2,6
0,15	0,23	0,23	1,4	1,9	2,8
0,2	0,3	0,3	1,5	2	3
0,3	0,45	0,65	1,6	2,1	3,1
0,4	0,6	0,85	1,7	2,2	3,2
0,5	0,75	1,1	1,8	2,3	3,3
0,6	0,9	1,3	1,9	2,4	3,5
0,7	1,1	1,5	2	2,6	3,7
0,8	1,2	1,6	2,2	2,9	4
0,9	1,3	1,8	2,4	3,1	4,4
1	1,4	2	2,6	3,4	4,8
1,1	1,5	2,2	2,8	3,6	5,2
1,2	1,7	2,4	3	3,9	5,6

Conclusão Dimensões do ponto focal em conformidade

Figura IV. 33 – resultado da avaliação das dimensões do ponto focal

#### IV.2.20 - Avaliação de desempenho da Linearidade e Reprodutibilidade da Tensão do Tubo

Nesta base de dados consegue-se observar que a linearidade e reprodutibilidade da tensão do tubo encontram-se em conformidade com os parâmetros estabelecidos. Em nenhum momento apresentaram desvio superior a 10% do valor nominal estabelecido. A figura IV.34 apresenta o resultado de linearidade e reprodutibilidade do kV.

<b>Distância medida (cm)</b>	40
------------------------------	----

<b>mA</b>	312,5
<b>t(s)</b>	0,32
<b>mAs</b>	100

<b>Desvio máximo: + / -</b>	10%
-----------------------------	-----

kVp indicado	kVp medido1	kVp medido2	kVp medido3	kVp Médio	Exatidão d(%)	Reprodução R(%)
50	51,7	51,7	51,7	52	3	0,00
60	61,7	61,7	61,7	62	3	0,00
70	71,9	71,9	71,9	72	3	0,00
80	82,2	82,2	82,2	82	3	0,00
90	90,5	90,5	90,5	91	1	0,00
Máximo do desvio apresentado					3	0

**Observação:**

A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permissível de 10%.

<b>Conclusão:</b>	
Portaria	Exatidão da Quilovoltagem em conformidade Reprodutibilidade da Quilovoltagem em conformidade
PGQ	Exatidão da Quilovoltagem em conformidade Reprodutibilidade da Quilovoltagem em conformidade

**Figura IV. 34** – resultado da avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da tensão do tubo.

#### IV.2.21 - Avaliação de desempenho da Linearidade e Reprodutibilidade da tensão do tubo em função da variação da corrente aplicada ao catodo

Este teste não foi realizado, pois não é compatível com o equipamento analisado. O sistema disponível é conjugado, não permitindo a seleção da corrente de tubo (mA) de forma independente.

#### IV.2.22 - Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade do tempo de exposição

Nesta base de dados observa-se que a reprodutibilidade e linearidade do tempo de exposição, encontram-se dentro dos parâmetros de conformidade, com seu desvio inferior a 10% do valor nominal utilizado. Porém, um de seus valores ultrapassou o limite de 50% do desvio máximo, indicando, para o aspecto de gerenciamento da garantia de qualidade (II.10), a necessidade de uma manutenção preventiva. A figura IV.35 apresenta o resultado da avaliação da linearidade e reprodutibilidade do tempo de exposição.

<b>Distância medida (cm)</b>	40
mA	312,5
t(s)	0,32
mAs	100
kVp indicado	80
<b>Desvio máximo aceitá</b>	<b>10%</b>

Tempo indicado (s)	Tempo(s) medido1	Tempo(s) medido2	Tempo(s) medido3	Tempo(s) Médio	Exatidão d(%)	Reprodução R(%)
0,2	0,22	0,22	0,22	0,22	10	0,000
0,3	0,29	0,29	0,29	0,29	3	0,000
0,5	0,52	0,52	0,52	0,52	4	0,000
0,8	0,81	0,81	0,81	0,81	1	0,000
1,0	0,98	0,98	0,98	0,98	2	0,000
Máximo do desvio apresentado					10	0

**Observação:**

A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1ª de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permissível de 10%. Para aplicação e

<b>Conclusão:</b>	
Portaria	<i>Exatidão do tempo de exposição em conformidade</i> <i>Reprodutibilidade do tempo de exposição em</i>
PGQ	<i>Necessidade de manutenção</i> <i>Reprodutibilidade do tempo de exposição em</i>

Figura IV. 35 - resultado da avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade do tempo de exposição.

#### IV.2.23 - Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da camada semi-redutora

Nesta base de dados observa-se os valores obtidos do kerma incidente, realizando exposições, com energia de feixe de 80 kV, inicialmente sem a utilização de filtro de alumínio adicional e na seqüência adicionando filtros de alumínio até que os valores de kerma obtidos sejam inferior a 50% da primeira exposição realizada, conforme apresentado no capIII.10.6. Os resultados demonstraram a não conformidade do valor total da camada semi-redutora, havendo necessidade de adicionar um filtro de 1mmAl. A figura IV.36 apresenta o resultado da avaliação da CSR, tendo demonstrado os testes aplicado com o máximo de filtração adicional de 3,0 mmAl.

<b>Distância medida (cm):</b> 60		<b>kVp indicado:</b> 80	
<b>Leitura do Instrumento</b>		<b>Fase do equipamento</b>	
mR		Monofásico	
mSv		Trifásico	x
mGy	x		
<b>tempo (s):</b> 0,02			
<b>mAs indicado:</b> 20			

Filtro alumínio (mm)	kerma medido1	kerma medido2	kerma medido3	kerma no ar calculado (mGy)
	mGy	mGy	mGy	
0,00	5,7200	5,7200	5,7200	5,72000
0,50	5,1500	5,1500	5,1500	5,15000
1,00	4,2000	4,1900	4,1800	4,19000
1,50	3,6400	3,6400	3,6400	3,64000
2,00	3,2300	3,2300	3,2300	3,23000
2,50	2,8500	2,8500	2,8500	2,85000
3,00	1,8700	1,8700	1,8700	1,87000
3,50				#DIV/0!
4,00				#DIV/0!
4,50				#DIV/0!
5,00				#DIV/0!

	valor Kerma Calculado	Valor mmAl
Leitura de L0/2	2,8600	2,5000
Leitura superior a L0/2 (La)	3,2300	2,0000
Leitura inferior a L0/2 (Lb)	1,8700	3,0000

Tabela de CSR estimada ( mmAl)		
KVp	Monofásico	Trifásico
70	2,10	2,3
80	2,30	2,6
90	2,50	3
100	2,70	3,2

<b>CSR Calculada (mmAl)</b>	1,6
<b>Filtração a adicionar (mmAl)</b>	1,0

<b>Observação:</b>	
O valor de rendimento do tubo calculado, deverá ser utilizado como referência para testes futuros, devendo ser observado o parâmetro de menor desvio de exatidão nos testes de tensão, corrente e CSR, conforme estabelecido pela portaria 453 de 1º de junho d	

<b>Conclusão:</b>	
Portaria	<b>CSR em não conformidade com as referências da portaria</b>

Figura IV. 36 – resultado da avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da camada semi-redutora.

#### IV.2.24 - Avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da taxa de Kerma no Ar

Nesta base de dados registrou-se a taxa de Kerma no ar, onde observamos que os valores se mantiveram dentro da conformidade na análise de reprodutibilidade e exatidão, sendo considerado o sistema emissor de radiação estável. A figura IV.37 apresenta os resultados da avaliação de desempenho da linearidade e reprodutibilidade da taxa de kerma no ar.

<b>Distância medida (cm)</b>		100		<b>kVp indicado</b>		80	
<b>Leitura do Instrumento</b>		mR		mSv		mGy	
				X			
<b>tempo (s):</b>		0,5					
mAs indicado	Leitura de medida1	Leitura de medida2	Leitura de medida3	Kerma no ar calculado (mGy)	Reprodução R(%)	Razão $L_{med}/mAs$	
	mGy	mGy	mGy				
10	0,7900	0,7800	0,7900	0,7867	1,3	0,079	
20	1,6500	1,6500	1,6500	1,6500	0,0	0,083	
32	2,6700	2,6700	2,6700	2,6700	0,0	0,083	
Máximo do desvio apresentado					1,3		
Desvio da Reprodutibilidade R(%)				1,3			
Desvio da Linearidade L(%)				5,9			
<b>Observação:</b>							
A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permissível de 10%. Para aplicação e							
<b>Conclusão:</b>							
Reprodutibilidade		<i>Taxa de Kerma no ar em conformidade</i>					
Linearidade		<i>Taxa de Kerma no ar em conformidade</i>					

Figura IV. 37 – Resultado da análise de desempenho de reprodutibilidade e linearidade da taxa de Kerma no ar.

#### IV.2.25 - Avaliação de desempenho do rendimento do tubo de raios x

Nesta base de dados registrou-se o Kerma no ar, para os parâmetros selecionados de 80kV, 20mAs, distância foco-detector de 100 cm, obtendo um valor de kerma a ser utilizado como referência para futuras avaliações de rendimento do tubo, onde pode referenciar quando houver um processo de desgaste dos eletrodos, provocando uma

queda de rendimento. A figura IV.38 apresenta o resultado gerado como nível de referência para controle de rendimento do tubo.

<b>Distância medida (cm):</b>	100	<b>kVp indicado</b>	80			
<b>Leitura do Instrumento</b>	mR					
	mSv					
	mGy	x				
<b>tempo (s):</b>	0,02	<b>Ambiente</b>				
<b>mAs</b>	20	Temperatura (°C)				
		Pressão atm (KPa)				
<b>câmara pressurizada</b>	x					
<b>Fator de correção (temperatura e pressão) <math>K_{tp}</math></b>	1					
<b>Fator de calibração da Câmara de ionização <math>F_c</math></b>	1					
<b>mAs indicado</b>	<b>Leitura de medida1</b>	<b>Leitura de medida2</b>	<b>Leitura de medida3</b>	<b>Leitura de medida4</b>	<b>Kerma no ar calculado (mGy)</b>	<b>Rendimento (mGy/mA.min)</b>
	mGy	mGy	mGy	mGy		
20	1,6500	5,6400	5,6200	5,6200	4,63250	13,8975
<b>Observação:</b>						
O Valor de rendimento do tubo calculado, deverá ser utilizado como referência para testes futuros, devendo ser observado o parâmetro de menor desvio de exatidão nos testes de tensão, corrente e CSR, conforme estabelecido pela portaria 453 de 1º de junho d						
<b>Conclusão:</b>						
Portaria	<b>Fator de rendimento do 13,90 mGy/mA.min</b>					

**Figura IV. 38** – Resultado da análise de rendimento do tubo.

#### IV.2.26 - Avaliação da dose na entrada da pele (DEP)

Nesta base de dado registrou-se o kerma incidente para os exames de referência, estabelecidos na portaria 453/98, e foi calculado a Dose na Entrada da Pele (DEP), com base nos fatores técnicos atualmente utilizados pelos profissionais da radiologia. Ficou constatado que todos os valores, para exames de qualidade aceitáveis, se encontram dentro das doses de referências apresentadas. Não foi levada em consideração a dose aplicada nos exames rejeitados pelo índice de superexposição. A figura IV.39 apresenta os parâmetros utilizados na medida da dose de entrada de pele (DEP) e a figura IV.40 apresenta os resultados de doses medidas em cada parâmetro de exposição definido.



Leitura do Instrumento	mR	
	mGy	x

Ambiente	
Temperatura (°C)	
Pressão atm (kPa)	

Fator de calibração da Câmara de ionização	1
--	---

Câmara pressurizada	x
Fator de correção (temperatura e pressão) $K_{TP}$	1

Região anatomica	projeção	Distância da câmara a mesa (cm)	KVp	Intensidade do Raios X	Ponto focal (mm)	Distância foco-filme (cm)	Geometria do volume sensível da câmara (cm <sup>2</sup> )	BSF
coluna Lombar	Antero-posterior	23	66	25	1,5	100	10	1,31
	Lateral	30	77	40	1,5	100	10	1,32
abdômêm	antero-posterior	23	70	25	1,5	100	10	1,3
crânio	antero-posterior	19	57	25	1,5	100	10	1,28
	Lateral	15	55	20	1,5	100	10	1,24
Tórax	postero-anterior	23	73	8	1,5	180	10	1,3
	lateral	32	85	16	1,5	180	10	1,34

**Figura IV. 39** – resultado avaliação da dose na entrada da pele (DEP), registro dos parâmetros utilizados.

Dose de entrada de pele calculada (DEP)								
Região anatomica	projeção	Leitura de medida1	Leitura de medida2	Leitura de medida3	Leitura de medida4	kerma no ar calculado (mGy)	DEP Calculado (mGy)	DEP de referência (mGy)
		mSv	mSv	mSv	mSv			
coluna Lombar	Antero-posterior	2,2100	2,2400	2,2400	2,2200	2,22750	2,91803	10
	Lateral	6,1900	6,2000	6,2000	6,2000	6,19750	8,18070	30
abdômem	antero-posterior	2,5400	2,5400	2,5400	2,5400	2,54000	3,30200	10
crânio	antero-posterior	1,0600	1,0600	1,0600	1,0600	1,06000	1,35680	5
	Lateral	1,0400	1,0400	1,0400	1,0400	1,04000	1,28960	3
Tórax	postero-anterior	0,1000	0,1200	0,1000	0,1000	0,10500	0,13650	0,4
	lateral	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,60000	0,80400	1,5

**Observação:**

A quilovoltagem medida deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o desvio máximo permitido de 10%. Para aplicação e

**Conclusão:**

Portaria **CAE em conformidade com a Portaria**

**Figura IV. 40** – resultados das doses medidas no teste de DEP, comparados aos níveis de referência recomendados.

#### IV.2.27 - Avaliação da câmara automática de exposição (CAE)

Este teste não foi realizado, pois não é compatível com o equipamento analisado. O sistema disponível não possui câmaras automáticas de exposição.

#### IV.2.28 - Avaliação da blindagem e radiação de fuga do cabeçote

Neste banco de dados apresenta-se os resultados da análise da taxa de Kerma no ar para avaliação da radiação de fuga do cabeçote, sendo demonstrado que os valores medidos se apresentam dentro da conformidade.

Distância medida (cm):	100	Tempo (s):	0,5
mA:	25	mAs:	50
Fase:	t		
kVp máximo indicado	100		
Tabela de Corrente máxima de referência			
Energia máxima	<b>Imáx(mA)</b>		
equipamento até 100KVp	5		
equipamento até 125KVp	4		
equipamento até 150KVp	3,3		
Leitura do Instrumento	mR/h	x	
	mSv/h		
Ponto	Leitura	Kerma no ar calculado(mGy/h)	
	mR/h		
À direita do cabeçote	0,17	0,0003	
Anterior ao cabeçote	0,16	0,0003	
À esquerda do cabeçote	0,32	0,0006	
Posterior ao cabeçote	0,14	0,0002	
Valor máximo permitido:	1mGy/h		
Observação:	O Levantamento Radiométrico realizado deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo o valor máximo permitido de taxa de Kerma.		
Conclusão:	Teste de fuga de cabeçote em conformidade		

**Figura IV. 41** – resultados da análise da avaliação da taxa de radiação de fuga do cabeçote.

#### IV.2.29 - Avaliação do levantamento radiométrico da sala de exame

Neste banco de dados são apresentados os valores de taxa de Kerma para fins de levantamento radiométrico dos pontos considerados críticos da sala de exame. Os resultados indicaram que a blindagem da sala é considerada satisfatória, pois em nenhum ponto foi verificado taxa superior aos valores recomendados. As figuras IV.42 e IV.43 apresentam os parâmetros utilizados para obtenção das taxas de Kerma e os resultados obtidos comparados aos níveis de referência recomendados.

Distância medida (cm):	100	Ambiente	
		Temperatura (°C)	22
mA:	100	Pressão atm (kPa)	102
Tempo (s):	1,0		
mAs:	100	Fase:	t
kVp máximo indicado	100	Fator de correção (temperatura e pressão) $K_{tp}$	20,22042829

Equipamento	até 100 mA	> 100 mA	Mamografia	Hemodinâmica	Tomografia computadorizada	Densitometria óssea
Carga de trabalho estimada (( mA <sup>2</sup> min)/sem)	320	320	2000	750	5000	700
Carga de trabalho correspondente (( mA <sup>2</sup> min)/sem)	320					

Unidade de Leitura do Instrumento:		mSv/h
	x	mR/h

Fator de calibração do instrumento	0,09
------------------------------------	------

Ponto A	Comando, Visor, Câmara escura, sala exame, ultrasom, consultórios, recepção
Ponto B	sala de espera, depósito, porta de acesso
Ponto C	área livre, corredor de circulação, estacionamento

Tabela de conversão de unidade	mili	inteiro	micro

**Figura IV. 42** – resultado da taxa de Kerma para avaliação do levantamento radiométrico, parâmetros utilizados para as medidas.

Ponto	Taxa de dose lida com feixe para bucky de mesa	Taxa de dose lida com feixe para bycky vertical	Taxa de dose externa corrigida bucky de mesa	Taxa de dose externa corrigida bycky vertical
	mR/h	mR/h	mR/h	mR/h
Comando	0,020	0,013	0,0004	0,0002
Visor plumbífero	0,023	0,018	0,0004	0,0003
Parede adjacente a direita do tubo	0,015	0,030	0,0003	0,0005
Parede adjacente a esquerda do tubo	0,010	0,010	0,0002	0,0002
Parede adjacente a frente do tubo	0,008	0,005	0,0001	0,0001
Parede adjacente posterior do tubo	0,010	0,008	0,0002	0,0001
Porta de acesso a sala	0,010	0,020	0,0002	0,0004
outros [ definir ]	0,000	0,000	0,0000	0,0000

Ponto	Ponto	Área controlada (s/n)	Taxa de dose lida com feixe para bucky de mesa	Taxa de dose lida com feixe para bycky vertical	Fator ocupacional	Fator de uso	Dose Calculada mSv/ano
			mR/h	mR/h			
Comando	a	s	0,00036	0,00024	1	1	0,00097
Visor plumbífero	b	s	0,00042	0,00033	0,25	0,25	0,00007
Parede adjacente a direita do tubo	a	n	0,00027	0,00055	1	1	0,00146
Parede adjacente a esquerda do tubo	b	s	0,00018	0,00018	0,25	0,25	0,00003
Parede adjacente a frente do tubo	a	s	0,00015	0,00009	1	1	0,00039
Parede adjacente posterior do tubo	b	s	0,00018	0,00015	0,25	0,25	0,00003
Porta de acesso a sala	a	n	0,00018	0,00036	1	1	0,00097
outros [ definir ]	b	n	0,00000	0,00000	0,25	0,25	0,00000
Máximo valor calculado							0,00146

**Observação:**  
 O Levantamento Radiométrico realizado deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos, para cálculo de Blindagem, pela portaria 453 de 1º de junho de 1998 - DIRETRIZES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO E ODONTOLÓGICO, sendo 5,0 mSv/ano para áreas controladas e 0,5mSv/ano para áreas livres.

**Conclusão:** Levantamento Radiométrico em conformidade

Figura IV. 43 – resultados das doses medidas comparadas com os níveis de referência recomendados.

#### IV.2.30 - Avaliação do alinhamento da grade

Nesta base de dados os resultados apresentaram a necessidade de manutenção do alinhamento da grade, estando a mesma em não conformidade, conforme apresentado na figura IV.3.

Tabela de resultados de leitura ( DO )					
Data/foramem	2d	1d	central	1e	2e
05/12/07	3,53	3,6	3,72	3,67	3,5
20/12/07	1,29	2,42	2,97	2,46	1,36

Data da análise	20/12/07
Forame	DO
2d	1,29
1d	2,42
c	2,97
1e	2,46
2e	1,36

Resultados	
C-1e	0,51
c-2e	1,61
c-1d	0,55
c-2d	1,68

Conclusão:	Alinhamento da grade em não conformidade
------------	--

**Figura IV. 44** – resultado da avaliação do alinhamento da grade

#### IV.2.31 - Cálculo de revalidação da blindagem aplicada a sala de exame

Nesta base de dados realizaram-se os cálculos para levantamento da blindagem que deveria ser aplicada na sala de exame. Observa-se no resultado, apresentado no item IV.2.30, que a blindagem aplicada a sala é satisfatória, porém não foi encontrado nenhum documento de registro oficial dos cálculos realizados, além de informações de que toda a sala levou 2,5 mm de chumbo em todas as paredes, incluindo a posterior a cabine de comando e as paredes das salas adjacentes, que também foram blindadas, não deixando dúvidas sobre o custo excessivo do procedimento. Estes cálculos apresentam os valores que comprovam o gasto excessivo, podendo servir de parâmetros para as futuras salas a serem projetadas, demonstrando a sua necessidade de aplicação. As figuras IV.45 e IV.46 apresentam os parâmetros de referência e os resultados dos cálculos de blindagem para as áreas correspondentes.

Número de Pacientes estimado por semana	150
KVp máximo	150
mA máximo	500
Tempo Exposição máximo (s)	3
Xpré vertical chumbo com bucky ( mm )	0,85
Xpré Horizontal chumbo com bucky ( mm )	72
Xpré vertical concreto sem bucky ( mm )	0,3
Xpré Horizontal concreto sem bucky ( mm )	30

	ponto de referência	distância(d)m	T	U	Classificação do feixe	Classificação da área	Limite de Dose estabelecido (mGy/sem)
1	distância foco parede posterior a coluna de sustentação do tubo	1,6	1	0,09	<i>secundário</i>	Radiologia geral todas as Barreiras	0,02
2	distância foco parede lateral direita ao tubo	1,5	1	1	<i>primário</i>	Radiologia Geral Bucky Vertical	0,1
3	distância foco parede lateral esquerda ao tubo	1,0	0,2	1	<i>secundário</i>	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,02
4	distância tubo parede anterior ao tubo	3,3	1	1	<i>secundário</i>	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,02
5	distância tubo teto	1,7	0,5	1	<i>secundário</i>	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,02
6	distância tubo Chão	1,4	1	1	<i>primário</i>	Radiologia Geral Bucky Horizontal	0,02
7	distância tubo porta de acesso	1,1	1	1	<i>secundário</i>	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,1
8	distância tubo cabine comando	3,5	1	1	<i>secundário</i>	Radiologia Geral todas as Barreiras	0,02

**Figura IV. 45** – resultado do Cálculo de blindagem da sala de exame, parâmetros de referência para o cálculo.

	ponto de referência	barreira (mm)	Material da barreira	Distância Ponto-focal Barreira ( cm )
1	distância foco parede posterior a coluna de sustentação do tubo	0,7	chumbo	1,60
2	distância foco parede lateral direita ao tubo	0,9	chumbo	1,50
3	distância foco parede lateral esquerda ao tubo	0,3	chumbo	1,00
4	distância tubo parede anterior ao tubo	0,8	chumbo	3,30
5	distância tubo teto	1,1	chumbo	1,65
6	distância tubo Chão	2,1	chumbo	1,35
7	distância tubo porta de acesso	0,8	chumbo	1,10
8	distância tubo cabine comando	0,8	chumbo	3,45

**Figura IV. 46** – resultado do cálculo de blindagem.

## **Capítulo V - Conclusões e Sugestões**

### **V.1 – Conclusões**

As bases de dados desenvolvidas proporcionaram uma otimização no processo de auditoria proposta para o desenvolvimento das documentações exigidas pela portaria 453/98-MS.

Para cada documento obtivemos os seguintes dados:

#### **V.1.1 – Do memorial descritivo**

O desenvolvimento do memorial descritivo ficou coerente com as diretrizes aplicadas pela Portaria 453/98, tendo o armazenamento dos dados de cadastro e desempenho dos equipamentos mantendo-se atualizado a cada período de teste realizado.

O plano de aplicação de radioproteção e o controle de monitoração individual se tornam efetivos e otimizados, permitindo uma análise imediata das doses efetivas registradas e monitoramento dos limites aplicados aos procedimentos de investigação em caso de extrapolação das doses efetivas máximas permitidas ao profissional ocupacionalmente exposto, e indivíduos do público.

O processo de análise de desempenho dos profissionais se mostrou bastante eficiente para orientação do planejamento do treinamento periódico, objetivando, conjuntamente com o documento de Projeto de implementação do controle de qualidade, um treinamento mais otimizado e específico as necessidades de recuperação e aprimoramento dos profissionais envolvidos, sendo inclusive este um grande diferencial observado na elaboração deste documento.



### **V.1.2 – Do Projeto de Implementação do Controle de Qualidade**

A base de dados nos permitiu gerar um perfil de desempenho negativo da instituição, facilitando a análise dos resultados e permitindo o desenvolvimento de um projeto de implementação do controle de qualidade mais coerente e efetivo. O conjunto de resultados preliminares nos proporcionou analisar individualmente cada setor, permitindo obtermos a real situação operacional do sistema de processamento, desempenho de equipamentos e acessórios e principalmente o perfil dos profissionais ocupacionalmente expostos envolvidos.

As análises nos permitiram gerar sugestões de aplicações de correções preliminares e específicas em cada setor e objetivar a implementação de aquisições de equipamentos adicionais de forma a proporcionar um baixo investimento à implementação do projeto.

É importante ressaltar que a implementação de um projeto de controle de qualidade deve sempre objetivar, em um primeiro momento, a recuperação e atualização dos profissionais envolvidos, sem a qual o processo de manutenção gerenciada dos equipamentos e procedimentos propostos não alcançaria seus objetivos.

A base de dados permite a constante atualização pertinente aos testes de qualidade aplicados, conforme proposto pela portaria 45/98, e inclui o procedimento de gerenciamento das empresas contratadas para manutenção periódica da processadora e equipamentos emissores de radiação. Cria testes obrigatórios e apresentação de resultados que podem de imediato ser comparados aos anteriores, proporcionando um acompanhamento muito efetivo do desempenho dos equipamentos envolvidos e otimizando a aplicação de custo de manutenção.

### **V.1.3 – Documento de análise de licenciamento**

A base de dados permitiu responder ao *check list* aplicado pelos fiscais de avaliação de forma eficiente e automatizada, deixando apenas os itens referentes análise de procedimentos para serem checados em um segundo momento. Porém o plano de

ação dos procedimentos de proteção radiológica, o projeto de treinamento específico dos profissionais envolvidos e o constante gerenciamento dos procedimentos radiológicos aplicados à análise de desempenho dos profissionais, gerou uma certeza de aprovação dos itens que serão analisados, conforme obtidos na instituição onde o processo foi aplicado.

Estes testes são de grande importância, pois periodicamente as Vigilâncias Sanitárias se apresentam para fiscalização sem aviso prévio e esses resultados devem ser apresentados de imediato juntamente com o projeto de controle de qualidade e memorial descritivo.

Estes documentos são de apresentação obrigatória, à Vigilância Sanitária, para obtenção do laudo de liberação de radioproteção de frequência bienal, emitido por órgão avaliador credenciado e apresentado, posteriormente, aos órgãos de fiscalização sanitária.

#### **V.1.4 – Cálculo de blindagem**

Documento necessário ao desenvolvimento e aplicação das barreiras de proteção radiológica as salas de exames.

A base de dados, através da implementação dos parâmetros definidos na NCRP147, desenvolve o documento necessário ao processo de validação da blindagem que já foi anteriormente aplicada a sala, sem que o cálculo tenha sido efetuado.

A base de dados permitiu comprovar que os valores aplicados, na sala avaliada, foram superestimados, gerando um auto custo ao serviço.

De uma forma geral, a base de dados se mostrou eficiente e os documentos desenvolvidos atendem as diretrizes implementadas pela Portaria 453/98.

## **V.2 Sugestões**

O desenvolvimento de um banco de dados, utilizando-se uma plataforma de maior flexibilidade, capaz de relacionar os processos analisados, gerando relatórios específicos e comparativos. Desta forma poderemos estender todo o processo de análise de dados aos demais procedimentos de radiodiagnóstico, como mamografia e tomografia computadorizada, contemplados na Portaria 453/98.

Otimizar a base de lançamento e classificação dos rejeitos radiográficos, evitando o processo de seleção manual.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA JUNIOR, A. T., 2005. “*Caracterização da Barita e do Vidro Cristal como atenuadores na blindagem das radiações X e gama*”. UFPE, Dissertação de M.Sc, Recife, Pe, BRASIL.
- ANDREUCCI, R., 2001, “*Curso Básico de Proteção Radiológica*”. 3 ed., Abende, São Paulo. BRASIL.
- ARQUINOPLO, A. Y., 1987. “*Implementação de um programa de garantia da qualidade no HCPM*”. Dissertação de M.Sc, UFRJ, Rio de Janeiro, BRASIL.
- ATTIX, F. H., 1986. “*Introduction to radiological physics and radiation dosimetry*”. New York: John Willey & Sons.
- AZEVEDO, A. C. P., 2005. “*Radioproteção em Serviços de Saúde*”. FIOCRUZ, CESTEJ, Rio de Janeiro, RJ, BRASIL.
- BAITER, S., BRATEMAN. L., BRITT, W., et al., 1978. “*Diagnostic Radiology Committee Task Force on Quality Assurance Protocol*”. American Association of Physicists in Medicine, New York.
- BATISTA, W. O. G. ; NAVARRO, M. V. T. ; FERREIRA, M. J., 2003.”Análise de Mesas, Murais, Grades e Chassis Disponíveis para Radiologia Diagnóstica Convencional”. *III Congresso Brasileiro de Metrologia*, Recife, PE, BRASIL.
- BIRAL, A. R., 2002. “*Radiações ionizantes para médicos, físicos e leigos*”. Insular , Florianópolis, SC, BRASIL .
- BRASIL - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. “*Radiodiagnóstico Médico: desempenho de equipamentos e segurança*”. Brasília, DF, 2005.

BRASIL - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. “Resolução RE, nº 64 de 4 de abril de 2003. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária”, Brasília, DF, 2003.

BRASIL - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. “Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia- VIM - Portaria INMETRO 029 de 1995”. Rio de Janeiro, RJ, 1995.

BRASIL – MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO - FUNDACENTRO, “Avaliação da Exposição Ocupacional aos Raios X nos Serviços de Radiologia – NHO 05- Normas de Higiene Ocupacional-Procedimentos Técnicos”, Brasília, DF, 2001.

BRASIL - SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA DO MINISTÉRIO DA SAÚDE – “Portaria nº453 de 1 de junho de 1998: Regulamento Técnico: Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico”, Brasília, DF, 1998.

BRASIL - SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. “Manual Básico de Proteção Radiológica para Inspeção Sanitária”. Brasília, DF, 1994.

[BRODSKY](#), A., 1985. “Handbook of Radiation Measurement and Protection”. Section A. v. I, CRC Radioactive Material, Safety Series nº 07.

BUSHONG, S. C. *Manual de Radiologia para Técnicos: física, biologia y protección radiológica*. Madrid, 1998.

CANEVARO, L. V., 2000. “Otimização da Proteção Radiológica em Fluoroscopia: Níveis Referência de Diagnóstico”. Tese de D.Sc, UERJ, Rio de Janeiro, BRASIL.

CARDOSO, E. M., ALVES, I. P. ,BRAZ, C., et al, 2006. “Aplicações da Energia Nuclear”. CNEN, Rio de Janeiro, RJ, BRASIL.

- CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2000. “*Curso Básico de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico*”. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, BRASIL.
- CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Certificação da Qualificação de Supervisores de Radioproteção – CNEN-NE-3.03*. Rio de Janeiro, 1988.
- CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Diretrizes Básicas de Radioproteção – CNEN-NN-3.01*. Rio de Janeiro, 2005.
- CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Normas Básicas de Proteção Radiológica. Resolução – CNEN-6/73*. Rio de Janeiro, 1973.
- CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Serviço de Radioproteção – CNEN-NE-3.02*. Rio de Janeiro, 1988.
- COSTA, P. R., 1999. “*Modelo para determinação de espessuras de barreira protetoras em salas para radiologia diagnóstica*”. Tese de D.Sc , IPEN/USP, São Paulo, BRASIL.
- COUTO, N. F., 2002. “*Modelo de Gerenciamento da Manutenção de Equipamentos de Radiologia Convencional*”. Dissertação de M.Sc, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, BRASIL.
- DIMENSTEIN, R., NETTO, T. G., 2002. “*Bases Físicas e Tecnológicas Aplicadas ao Raio-X*”. SENAC, São Paulo, SP, BRASIL.
- EASTMAN KODAK COMPANY, 1980. “*Fundamentos de Radiologia*”. Eastman Kodak Company, São Paulo, SP, BRASIL.
- EASTMAN KODAK COMPANY, 2001. “*The KODAK MIN-R mammography screen- Film System User Guide*”. New York, Rochester.

EASTMAN KODAK COMPANY, 2004. “*Ficha de informações de segurança de produtos químicos*”. Eastman Kodak Company: São Paulo, SP, BRASIL.

FERREIRA, M. J. ; BATISTA, W. O. G. ; NAVARRO, M. V. T., 2003.”Controle de Qualidade de Equipamentos de Raios-X segundo a Portaria 453 - Análises de Resultados”. *III Congresso Brasileiro de Metrologia*, Recife, PE, BRASIL.

GHILARDI NETTO, T., 1998. “*Garantia e Controle de Qualidade em Radiodiagnóstico*”. CARP, USP, Ribeirão Preto, SP, BRASIL.

GRAY, J. E., WINKLER NT, STEARS J., et al., 1983. “Quality Control in diagnostic imaging”. Minnesota, *Aspen*, v.111, pp.709-715.

HENDEE, W. R., RITENOUR, E. R., 2002. “*Medical imaging physics*”. 4<sup>a</sup>ed, Wiley-Liss, New York.

HOXTER, E. A., 1977. “*Introdução à técnica radiográfica*”. SIEMENS, São Paulo, SP, BRASIL.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – ARCAL, 1999. “*Protocolo de Garantia de Qualidade de Unidades de Radiografia Geral*”. ARCAL XLIX-Regional Cooperation Agreement for the Promotion of Nuclear Science and Technology in Latin America and Caribbean.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1988. “*Operational Radiation Protection*”. Guide to Optimization. Safety Series n. 91. Vienna.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1990. ‘*Recommendations for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching; Safety Series 102*’. AIEA. Vienna.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, 2005. “*Patient Dosimetry for X-Rays Used In Medical Imaging*”. Journal of the ICRU, v. 5, no. 2 Oxford: Oxford University Press. (ICRU Report 74).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION , 1982. “*General Principles of Monitoring for Workers – ICRP 35*”. Oxford: Pergamon Press.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990. “*Radiological Protection of the Worker in Medicine and Dentistry – ICRP 57*”. Oxford: Pergamon Press.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. , 1977. “*Recommendations of the ICRP – ICRP-26*”. Oxford: Pergamon Press.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. 1990. “*Recommendations of the ICRP – ICRP-60*”. Oxford: Pergamon Press.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. 1993. “*Summary of the current ICRP principles for protection of the patient in diagnostic radiology. Report of Committee 3.*” New York: Pergamon Press.

KAPLAN, I., 1978. “*Física Nuclear*”. Guanabara dois, São Paulo, BRASIL.

KNOLL, G. F., 2000. “*Radiation Detection and Measurement*”. New York, John Wiley & Sons.



LINDELL, B. DUNSTER, H. J., VALENTIN, J., 2005. “*International Commission on Radiological Protection: history, policies, procedures.*” Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm (Sweden).

MAGALHÃES, L. A. G., AZEVEDO, A. C. P., CARVALHO, A. C. P., 2002. “A importância do controle de qualidade de processadoras automáticas”. *Revista de Radiologia Brasileira*, v.35, n: 6, pp. 357-363.

MORESCO, D. F, FELDMAN, C J , LYKAWKA, R et al, 2004. “Avaliação dos Negatoscópio utilizados em diagnósticos médicos”. *IX Congresso Brasileiro de Física Médica*, Rio de Janeiro, Setembro.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1972. “*The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation- report of the advisory committee on the biological effects of ionizing radiations*”. Washington, D. C.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS 1976. “*Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X rays and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV.* NCRP Publications, Bethesda, MD, (NCRP Report 49).

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, 1966. “*Radiation Protection in Educational Institutions – NCRP n° 32*”. Washington, D.C.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, 1971. “*Basic Protection Criteria – NCRP n° 39*”. Washington, D.C.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, 1989. “*Exposure of the USA Population from Diagnostic Occupational Radiation – NCRP n° 101*”. Washington, D.C.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, 2004. “*Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities*”. NCRP Publications, Bethesda, MD (NCRP Report 147).

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. 1989. “*Exposure of the USA Population from Diagnostic Medical Radiation – NCRP n° 100.*” Washington, D.C.

NATIONAL INSTITUT OF RADIATION HYGIENE, 1999. “*A quality control programme for radiodiagnostic equipament: acceptance tests*”. National Instituto of Radiation Hygiene. Report on Nordic Radiation Protection Co-operation. Herlev (Denmark).

NEW JERSEY DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION, 2003. “*Regulation: Quality Assurance Programs for Medical Diagnostic X-Ray Installations N.J.A.C. 7:28-22*”.. New Jersey Department of Environmental Protection, Bureau of Radiological Hearth, New Jersey.

NEW JERSEY DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION. 2003. “*Compliance Guidance for Radiographic Quality Control*”. New Jersey Department of Environmental Protection, Bureau of Radiological Hearth, New Jersey.

OKUNO, E., 1988 “*Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios*”. Harbra, São Paulo, BRASIL.

OLIVEIRA, R., 2001. “*Avaliação das condições operacionais e de proteção radiológica na prática da radiologia convencional*”. Dissertação de M.Sc, IME, Rio de Janeiro, RJ, BRASIL.

PADILHA FILHO, L. G.,1999. “*Capacitação e Formação em Radioproteção dos Alunos de Odontologia no Estado do Rio de Janeiro*”. Dissertação de M.Sc, UFRJ, Rio de Janeiro.

- PETOUSSI-HENSS, N., ZANKL, M., DREXLER, G., PANZER, W., et al., 1998. "Calculation of backscatter factors for diagnostic radiology using Monte Carlo methods". *Physical Medical Biology*, v. 43, pp. 2237-2250.
- RADIATION SAFETY OFFICE, 2005. "*Imaging Quality Assurance Manual*". University of Rochester Medical Center, Radiation Safety Office. Rochester.
- RIBEIRO, R. S., 2002. "*Modelo de Banco de Dados para Gerenciamento dos Equipamentos de Radiologia Convencional do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho*". Dissertação de M.Sc, UFRJ, Rio de Janeiro, BRASIL.
- SANTOS, T. R., 2000. "*Programa de Controle de Qualidade para Unidades de Radiologia Diagnóstica no Município de Florianópolis*". UFSC, Dissertação de M.Sc, Florianópolis, SC, BRASIL.
- SCAFF, L. A. M., 1997. "*Física da Radioterapia*". Sarvier, São Paulo, SP, BRASIL.
- SCAFF, L. A. M., 2004. "*Radiologia: bases físicas para técnicos*". Projeto Saber, São Paulo, SP, BRASIL.
- TAHUATA, L.; SALATI, P.; PRINZO, R., et al., 1999. "*Radioproteção e Dosimetria Fundamentos*". Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CNEN, RJ, BRASIL.
- TAUHATA L, ALMEIDA E. S., 1985. "*Radiações Nucleares: Usos e Cuidados*". 5 ed, CNEN/ Departamento de Ensino e Pesquisa, Rio de Janeiro, BRASIL.
- UNSCEAR, 2000. "Sources and effects of ionizing radiation". United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation – Report vol 1- USA
- VIEIRA, M. A. C.; ESCARPINATI, M. C.; SCHIABEL, H., 2001. "Film processor quality assurance: using a film scanner as densitometer for sensitometric curve

determination”. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Sydney - Austrália.

WAMBERSIE, A., DELUCA JUNIOR, P.M, CASWELL, R.S et al., 2000. “*The International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU): activities and future plans*”. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), Maryland.

XAVIER, A. M., Moro, J. T., Heilbron, P. F., 2006. “*Princípios Básicos de Segurança e Proteção Radiológica*”. 3ª ed. UFRGS, RS, BRASIL.