

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

PPGEB

CRISTIANO MIGUEL

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RADIOPROTEÇÃO EM
RADIOLOGIA INTRAORAL**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2015

CRISTIANO MIGUEL

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RADIOPROTEÇÃO EM
RADIOLOGIA INTRAORAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica, do Programa de Pós - Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de concentração: Física Médica

Orientadora: Prof. Dra. Frieda Saicla Barros

Coorientadora: Prof. Dra. Anna Silvia Penteado Setti da Rocha

CURITIBA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

M636a Miguel, Cristiano
2015 Avaliação das condições de radioproteção em radiologia
intraoral / Cristiano Miguel.-- 2015.
121 f.: il.; 30 cm

Texto em português, com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica
Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Biomédica, Curitiba, 2015.
Bibliografia: f. 102-107.

1. Radioproteção - Avaliação. 2. Dentes - Radiografia.
3. Raios X - Equipamento e acessórios. 4. Controle
de qualidade. 5. Exposição ocupacional. 6. Radiação
- Dosimetria. 7. Física médica. 8. Engenharia biomédica
- Dissertações. I. Barros, Frieda Saicla, orient. II. Rocha,
Anna Silvia Penteado Setti da, coorient. III. Universidade
Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação
em Engenharia Biomédica. IV. Título.

CDD 22 -- 610.28

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Campus Curitiba



Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Título da Dissertação Nº 036

**“Avaliação das Condições de Radioproteção em
Radiologia Intraoral”**

por

Cristiano Miguel

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FÍSICA MÉDICA

LINHA DE PESQUISA: FÍSICA MÉDICA E RADIOLOGIA

Esta dissertação foi apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)** – Área de Concentração: Engenharia Biomédica, pelo **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB)**, – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (**UTFPR**), *Campus Curitiba*, às **14h30min** do dia **20 de março de 2015**. O trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora, composta pelos professores:

Prof^ª. Frieda Saicla Barros, Dr^a.
(Presidente – UTFPR)

Prof. Hugo Reuters Schelin, Dr.
(HPP)

Prof. Claudio Domingues de Almeida, Dr.
(IRD/CNEN)

Visto da coordenação:

Prof. Bertoldo Schneider Jr., Dr.
(Coordenador do PPGEB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me possibilitar alcançar mais este objetivo.

A minha orientadora Prof. Dra. Frieda Saicla Barros por acreditar no meu trabalho, pela paciência, pela dedicação despendida, pelos ensinamentos e por me mostrar o caminho da ciência.

A minha coorientadora Prof. Dra. Anna Silvia Penteado Setti da Rocha pelas orientações e contribuições.

Ao meu mentor M.Sc. João Gilberto Tilly Jr, profissional e pessoa à quem admiro, e que foi fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Dr. Cláudio Domingues de Almeida pela análise dos *kits* postais no laboratório do IRD/CNEN.

Ao Prof. Dr. Vicente Machado Neto pelos ensinamentos e contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Edney Milhoretto por compartilhar seus conhecimentos e tempo para contribuir com este estudo.

Aos odontólogos, técnicos e auxiliares da área de odontologia que participaram voluntariamente deste estudo, sem os quais não seria possível a realização do mesmo.

A minha colega M.Sc. Amanda Cristina dos Santos pela ajuda e contribuições.

À UTFPR, ao PPGEB e a todos os professores que proporcionaram condições e suporte para a realização deste trabalho.

Ao IRD/CNEN pelo fornecimento dos *kits* postais dosimétricos.

Ao Laboratório de Estatística da UFPR pelo apoio à análise estatística, fundamental para a elaboração deste estudo.

A minha família pelo suporte necessário para conquistar mais esta etapa da minha vida.

Por fim, as palavras nunca serão suficientes para agradecer de forma integral, a todas as pessoas que permearam meus caminhos durante esta jornada e que de alguma forma contribuíram para que este sonho fosse realizado. Meu muito obrigado a todos vocês.

RESUMO

MIGUEL, Cristiano. **AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RADIOPROTEÇÃO EM RADIOLOGIA INTRAORAL**. 2015. Número total de páginas, 121. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Este estudo apresenta a avaliação das condições de radioproteção em radiologia intraoral. A pesquisa foi realizada em parceria com o Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear (IRD/CNEN). A coleta de dados foi feita por meio de pesquisa de campo quantitativa de caráter descritivo durante o período de setembro de 2013 a dezembro de 2014. Participaram voluntariamente do estudo, odontólogos da cidade de Curitiba - PR que atuam com equipamentos de raios X intraorais. A amostra da pesquisa consistiu em 97 odontólogos e 130 equipamentos intraorais instalados em 74 locais de atendimentos distribuídos em 39 bairros da cidade de Curitiba - PR. Foram avaliadas 21 clínicas odontológicas, 40 consultórios odontológicos, 1 hospital universitário, 8 unidades municipais de atendimento odontológico e 4 instituições de ensino. Os dados foram coletados por meio de formulários preenchidos pelo pesquisador, pelos odontólogos, e pela avaliação de controle de qualidade dos equipamentos de raios X. As avaliações de dose de entrada na pele, tamanho de campo de radiação e filtração total foram realizadas com *kits* dosimétricos fornecidos e avaliados pelo IRD/CNEN. As medidas do tempo de exposição e da tensão dos equipamentos de raios X foram realizadas com detectores não invasivos. A dose ocupacional dos odontólogos foi verificada com dosímetros termoluminescentes. Por meio de formulários e de um questionário (aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa de Seres Humanos - UTFPR) foi possível identificar as características técnicas dos equipamentos, avaliar os procedimentos de trabalho e o conhecimento dos odontólogos em relação à radioproteção. Com os resultados da pesquisa é possível destacar que apenas 10% dos equipamentos avaliados atendem a todas as exigências das normas de radioproteção do Brasil. Entretanto, 84,5% das doses de entrada na pele dos pacientes foram consideradas como conforme. Em relação à exposição ocupacional, a radiologia intraoral mostra-se segura, porém os procedimentos de trabalho dos odontólogos, referentes à radioproteção podem ser otimizados. Grande parte dos odontólogos não utiliza posicionador na sua rotina, fazem o processamento químico das radiografias através do método visual, usam sempre o mesmo tempo de exposição para todas as regiões anatômicas e não observam os pacientes durante a aquisição das imagens. O estudo sugere que a falta de conhecimento e de interesse dos odontólogos em relação à radioproteção, a falta de manutenção periódica dos equipamentos e a falta de fiscalização da agência regulamentadora são os responsáveis pelas não conformidades observadas.

Palavras-chave: Radiologia intraoral. Controle de Qualidade. Radioproteção.

ABSTRACT

MIGUEL, Cristiano. **EVALUATION OF THE RADIATION PROTECTION CONDITIONS IN INTRAORAL RADIOLOGY**. 2015. Number of pages, 121. Dissertation (Master in Biomedical Engineering) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

This study presents an evaluation of the radiation protection conditions in intraoral radiology. The survey was conducted in partnership with the Radiation Protection and Dosimetry Institute of the National Commission of Nuclear Energy (IRD/CNEN). Data collection was performed using quantitative field research in a descriptive way during the period of september 2013 to december 2014. The study had the voluntarily participation of dentists in the city of Curitiba – PR, working with intraoral X-ray equipment. The research sample consisted of 97 dentists and 130 intraoral equipments which are installed in 74 care locations distributed in 39 neighborhoods in the city of Curitiba - PR. The study evaluated 21 dental clinics, 40 dental offices, 1 hospital, 8 municipal units of dental care and 4 educational institutions. Data were collected through forms checked out by the researcher, by dentists and the quality control evaluation of X-ray equipment. The evaluation of the entrance skin dose, radiation field size and total filtration were performed with dosimetric kits supplied and evaluated by IRD/CNEN. The exposure time and voltage measures of X-ray equipment were performed with noninvasive detectors. Occupational dose was measured with thermoluminescent dosimeters. Through appropriate forms and a questionnaire (approved by the Ethics Committee of Human being Research - UTFPR) it was possible to identify the technical characteristics of the equipment, review the working procedures and knowledge of the dentists in relation to radiation protection. Among the search results it is important to emphasize that only 10% of the evaluated equipment reaches all requirements of the Brazilian radiation protection standards. However, 84,5% of the entrance skin dose delivered to the patients was considered in accordance. Regarding occupational exposure, the intraoral X-rays seem to be safe, but the dentist's working procedures, related to the radiation protection, can be optimized. Most dentists do not use positioners in their routine, make the chemical processing of X-rays through the visual method, routinely use the same exposure time for all anatomic regions and do not observe patients during image acquisition. The study suggests that the dentists's lack of knowledge and interest in radiological protection, the lack of equipment regular maintenance and the lack of regulatory agency supervision are the responsible for the nonconformities observed.

Keywords: Intraoral Radiology. Quality Control. Radiation Protection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico com a tendência da frequência anual de exames radiológicos em odontologia	16
Figura 2 - Gráfico com a tendência de dose efetiva coletiva em radiologia odontológica	16
Figura 3 - Gráfico com a tendência de dose efetiva anual média em odontologia	17
Figura 4 - Gráfico com a tendência da frequência anual de exames radiológicos odontológicos realizados por mil pessoas	17
Figura 5 - Exposição humana à radiação ionizante	19
Figura 6 - Ampola de raios X	20
Figura 7 - Esquema da ionização	22
Figura 8 - Representação do Efeito Fotoelétrico	23
Figura 9 - Representação do Espalhamento Compton	24
Figura 10 - Representação dos parâmetros de dose	25
Figura 11 - (A) Posicionamento para realizar a radiografia intraoral do dente molar superior, (B) Diagrama do posicionamento, (C) Vista superior do posicionamento e (D) Imagem de uma radiografia intraoral	28
Figura 12 - (A) Técnica do Paralelismo, (B) Técnica da Bisetriz	29
Figura 13 - (A) Equipamento de raios X intraoral com base fixa na parede, (B) Equipamento com base fixa no piso e (C) Equipamento com base móvel	34
Figura 14 - Esquema do equipamento de raios X intraoral Gnatus	34
Figura 15 - (A) Cabeçote de um equipamento de raios X intraoral e (B) Visão interna	35
Figura 16 - Cabeçote com seus componentes internos	35
Figura 17 - (A) Cátodo e (B) Ânodo de um equipamento intraoral, vista lateral e frontal	36
Figura 18 - Filtro de 1,5 mm Al de um equipamento de raios X intraoral	37
Figura 19 - Painel de controle Gnatus	37
Figura 20 - Regulador de tensão Dabi Atlante	38
Figura 21 - (A) Disparador Gnatus com múltiplas funções de seleção, (B) Disparador simples Siemens e (C) Disparador com timer mecânico	38
Figura 22 - (A) Face superior do kit postal e (B) face inferior do kit postal	45
Figura 23 - Mapa com as regiões pesquisadas	60
Figura 24 - Irradiação do kit postal	64
Figura 25 - Experimento para verificação da tensão	64
Figura 26 - Experimento para verificação do tempo de exposição	66
Figura 27 - Arranjo experimental para determinar a distância foco-pele	67
Figura 28 - Resultados de avaliações de câmaras portáteis de revelação	70
Figura 29 - Gráfico com a distribuição dos equipamentos de acordo com a DEP	75
Figura 30 - Gráfico com a distribuição dos equipamentos classificados pela tensão nominal ..	79
Figura 31 - Gráfico da distribuição dos equipamentos em função das tensões medidas	79
Figura 32 - Gráfico com o resultado da análise dos intervalos de tempo de exposição considerados como não conforme	81
Figura 33 - Gráfico com o resultado da avaliação da exatidão do tempo de exposição	82
Figura 34 - Gráfico com o resultado da avaliação da reprodutibilidade do tempo de exposição	82
Figura 35 - Posição dos odontólogos durante os exames radiográficos	85
Figura 36 - Resultado do questionário sobre radioproteção	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados das medidas de controle de qualidade consideradas como conforme	58
Tabela 2 - Resultados das verificações de controle de qualidade consideradas como conforme.....	59
Tabela 3- Questionário sobre radioproteção (continua).....	70
Tabela 4 - Distribuição dos equipamentos de raios X intraorais.....	72
Tabela 5 - Distribuição das marcas de fabricação dos equipamentos de raios X intraorais .	72
Tabela 6 - Resultado da análise da média mensal de exames realizados e da DEP	73
Tabela 7 – Resultado da avaliação de controle de qualidade dos equipamentos intraorais .	74
Tabela 8 – Resultado da avaliação da dose de entrada na pele (DEP)	74
Tabela 9 - Interferência da tensão na taxa de dose por segundo.....	75
Tabela 10 - Resultados das medidas dos equipamentos com DEP superior a 3,5 mGy	76
Tabela 11 – Resultado da avaliação da filtração total	77
Tabela 12 – Resultado da avaliação do tamanho de campo de radiação.....	78
Tabela 13 – Resultado da análise da tensão nominal dos equipamentos de raios X intraorais	78
Tabela 14 – Resultado da avaliação da exatidão e reprodutibilidade da tensão	80
Tabela 15 – Resultado da avaliação da exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição	80
Tabela 16 – Resultado da avaliação dos tempos de exposição mais utilizados.....	81
Tabela 17 – Resultado da avaliação da distância foco saída do localizador e do tipo de localizador	83
Tabela 18 – Resultado da avaliação do comprimento dos cabos disparadores	83
Tabela 19 – Resultado da avaliação dos disparadores de raios X	84
Tabela 20 – Resultado da avaliação do temporizador.....	84
Tabela 21 – Resultado da avaliação da carga de trabalho (W)	85

ABREVIATURAS

AL	Alumínio
ALARA	<i>As Low As Reasonably Achievable</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CFO	Conselho Federal de Odontologia
C/kg	Coulomb por quilograma
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DEP	Dose na Entrada na Pele
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EPI's	Equipamentos de Proteção Individual
Gy	Gray
IAEA	International Atomic Energy Agency
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICRP	<i>International Commission on Radiological Protection</i>
ICRU	<i>International Commission on Radiation Units and Measurements</i>
IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria
kVp	Pico de Kilovoltagem
mA	Miliampère
mSv	Milisievert
PGQ	Programa de Garantia da Qualidade
SESA	Secretaria Estadual de Saúde
SI	Sistema Internacional de Pesos e Medidas
SUS	Sistema único de saúde
UNSCEAR	<i>United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i>
TLD	Dosímetro Termoluminescente
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	INTRODUÇÃO	15
2.2	CONCEITOS FÍSICOS	18
2.2.1	Fontes de Radiação Ionizante	18
2.2.2	Produção de raios X	20
2.2.3	Interação dos raios X com o tecido biológico	21
2.2.3.1	Efeito Fotoelétrico	22
2.2.3.2	Efeito Compton	23
2.3	GRANDEZAS E UNIDADES DOSIMÉTRICAS	24
2.4	EFEITOS BIOLÓGICOS	27
2.5	CONCEITOS E TÉCNICAS APLICADAS EM RADIOLOGIA INTRAORAL	28
2.5.1	Radiografia Intraoral	28
2.5.2	Receptores de imagens em odontologia	30
2.5.3	Processamento de imagens odontológicas em câmaras portáteis	30
2.5.4	Importância do controle de qualidade em radiologia	32
2.5.4.1	Metrologia	32
2.6	CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS ODONTOLÓGICOS INTRAORAIS	33
2.7	PARÂMETROS DE RADIOPROTEÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE APLICADOS EM RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA	39
2.7.1	Portaria nº 453/98 do Ministério da Saúde	39
2.7.2	Resolução do Conselho Federal de Odontologia nº 102/2010	41
2.7.3	Resolução da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná - (SESA)	41
2.7.4	Protocolo Espanhol - 2011	42
2.7.5	European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology – The Safe Use of Radiographs in Dental Practice, Issue nº 136 - 2004	43
2.7.6	National Radiological Protection Board, Guidance Notes for Dental Practitioners on the Safe Use of X- Ray Equipment - 2001	44
2.8	PROJETO DO INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA (IRD)	44
2.8.1	Montagem e identificação do <i>Kit</i> Postal no IRD	46
2.9	AVALIAÇÃO DA RADIOPROTEÇÃO EM ODONTOLOGIA – REVISÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS COM A PESQUISA	46
3	MATERIAIS E MÉTODOS	59

3.1	AVALIAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE RAIOS X INTRAORAIS	62
3.1.1	Dose de entrada na pele, filtração e tamanho do campo de radiação	63
3.1.2	Análise da exatidão e reprodutibilidade da tensão	64
3.1.3	Análise da exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição	65
3.1.4	Medida da distância do foco à extremidade do localizador	67
3.1.5	Medida do comprimento do cabo disparador	67
3.1.6	Verificação do sistema disparador de raios X	67
3.1.7	Verificação do temporizador	68
3.2	AVALIAÇÃO DA DOSE OCUPACIONAL.....	68
3.3	LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DA CARGA DE TRABALHO SEMANAL	68
3.4	QUESTIONÁRIO SOBRE RADIOPROTEÇÃO EM INSTALAÇÕES ODONTOLÓGICAS.....	69
4	RESULTADOS	71
5	DISCUSSÃO	87
6	CONCLUSÕES	99
	REFERÊNCIAS	102
	ANEXO A – Instruções para irradiar o kit postal	108
	ANEXO B – Fichas de dados para avaliação dos equipamentos	110
	ANEXO C – Estimativa do número de equipamentos intraorais em Curitiba - PR	114
	ANEXO D – Certificados de calibração dos instrumentos de medição	115

1 INTRODUÇÃO

A importância de produzir imagens radiológicas que possibilitem o diagnóstico preciso utilizando baixas doses de radiação ganhou relevância no início do século XX. Na Alemanha em 1913, após os primeiros casos observados de efeitos nocivos dos raios X, foram propostas as primeiras regras para sua utilização e recomendações para proteção dos trabalhadores. No entanto, para alcançar altos padrões de segurança e qualidade é necessário estabelecer procedimentos de monitoração do desempenho dos equipamentos radiológicos, promover a educação continuada para a equipe e ter instalações apropriadas (YACOVENCO, 2001 e MELO, 2008).

Os equipamentos e as técnicas usadas em radiologia estão em constante evolução e muitos métodos de diagnóstico por imagem são utilizados. Entretanto, na odontologia a radiografia é considerada como o principal meio auxiliar para o diagnóstico clínico, por esse motivo, uma grande parcela dos pacientes necessita de exames radiográficos (WHAITES, 2009). No Brasil é possível observar o aumento do acesso das pessoas a tratamentos odontológicos proporcionado pelo serviço público gratuito através do Sistema Único de Saúde (SUS), melhores condições econômicas da população e planos de saúde com valor acessível. Em alguns casos, os planos de saúde exigem que o odontólogo apresente uma radiografia no início do tratamento e uma no final para comprovar a realização do procedimento, fator que aumenta o número de exposições aos raios X (ANDRADE, 2007). A radiologia odontológica representa aproximadamente 20% das exposições de seres humanos à radiação em radiodiagnóstico. Embora as doses praticadas em odontologia intraoral sejam consideradas baixas, as mesmas não devem ser ignoradas devido ao grande volume de procedimentos realizados, sendo que, qualquer exposição à radiação representa risco aos indivíduos expostos (IAEA, 1996).

Visando atingir um padrão de qualidade e segurança para os serviços de radiologia, para a população e para os profissionais da saúde, foi criada a Portaria nº 453 SVS/MS de 01/06/1998 que exige a implantação de um programa de garantia de qualidade (PGQ) e que sejam feitos testes periódicos de controle da qualidade de equipamentos radiológicos por meio de equipamentos calibrados (MS nº 453, 1998). O estado do Paraná aprovou em 2012 a Resolução SESA 442/2012 que descreve

um roteiro de inspeção dos equipamentos de raios X intraorais instalados em consultórios móveis, abrangendo as premissas da Portaria nº 453/98. Em janeiro de 2014, foi aprovada em consulta pública uma resolução estadual que contempla um roteiro de inspeção para equipamentos de raios X instalados em consultórios odontológicos prevendo a inspeção das características dos equipamentos em uso no Estado do Paraná, porém até o momento não foram colocadas em prática. A contribuição deste trabalho é apresentar uma visão geral das condições de radioproteção em radiologia intraoral por meio da avaliação do estado de funcionamento dos equipamentos de raios X intraorais e verificar se os níveis de radiação aplicados durante a realização dos exames são tão baixos quanto razoavelmente praticáveis (BONTRAGER, 2005). Este trabalho mostra-se relevante devido à Vigilância Sanitária de Curitiba - PR, no momento, não possuir dados estatísticos sobre este assunto.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as condições de radioproteção em radiologia intraoral na cidade de Curitiba – Pr.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar se os equipamentos de raios X intraorais possuem as características exigidas pelas normas nacionais vigentes.
- Avaliar o desempenho e as condições de funcionamento dos equipamentos de raios X intraorais em uso na cidade de Curitiba – PR.
- Verificar a exposição à radiação dos pacientes em radiografias intraorais.
- Verificar a dose ocupacional que os odontólogos são expostos em radiologia intraoral e

- Constatar a aplicação das normas e procedimentos de radioproteção em consultórios odontológicos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 INTRODUÇÃO

A radiologia médica é a ciência que estuda imagens de órgãos e estruturas de regiões anatômicas por meio da utilização de raios X com fins diagnósticos e terapêuticos. Raio X é um tipo de radiação eletromagnética de alta energia com origem na eletrosfera ou na desaceleração de partículas carregadas no campo eletromagnético do núcleo atômico ou dos elétrons. Esta ciência provocou grandes benefícios para o desenvolvimento da medicina e da odontologia. Devido aos seus benefícios diretos aos indivíduos expostos, os raios X têm sido aplicados em grande escala. Estudos da UNSCEAR (2010) apontaram que de acordo com o levantamento feito durante o período de 1996 até 2007, o número total de exames de radiodiagnóstico médico e odontológico realizados no mundo é estimado em aproximadamente 2,4 a 3,6 bilhões por ano, um aumento de aproximadamente 50% em relação ao período referente a 1991 até 1996. Em países desenvolvidos levando-se em consideração os cuidados de saúde, as exposições médicas e odontológicas estão 80% acima das doses de fontes naturais como radiação de fundo. Esse índice é menor em países em desenvolvimento devido a menor disponibilidade de médicos e de equipamentos radiológicos (FREITAS, 2004 e UNSCEAR, 2010). O número de exames radiográficos em odontologia tem se mantido constante em países desenvolvidos, entretanto tem aumentado substancialmente em países subdesenvolvidos representando aproximadamente 20% dos exames radiológicos realizados em todo o mundo nos últimos anos. No Brasil, entre os anos de 2000 e 2006, o número de exames de diagnóstico por imagem cresceram em média 45,27% (SOARES, 2011).

As tendências globais em relação à radiologia odontológica referentes ao período de 1998 a 2008 estão apresentadas nas Figuras 1 a 4 (UNSCEAR, 2010). Não foram coletados dados referentes ao ano de 1993, conforme demonstrado nos gráficos das Figuras 1 e 4.

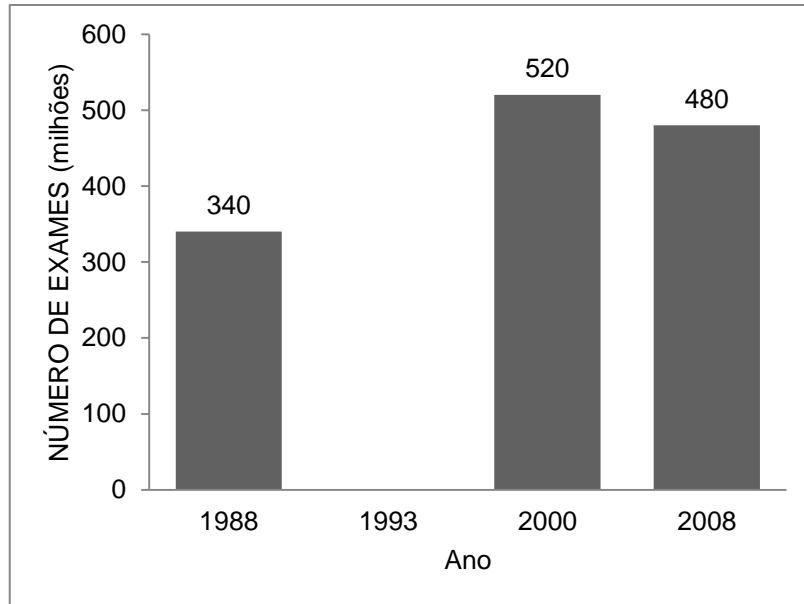


Figura 1 - Gráfico com a tendência da frequência anual de exames radiológicos em odontologia
Fonte: UNSCEAR, 2010.

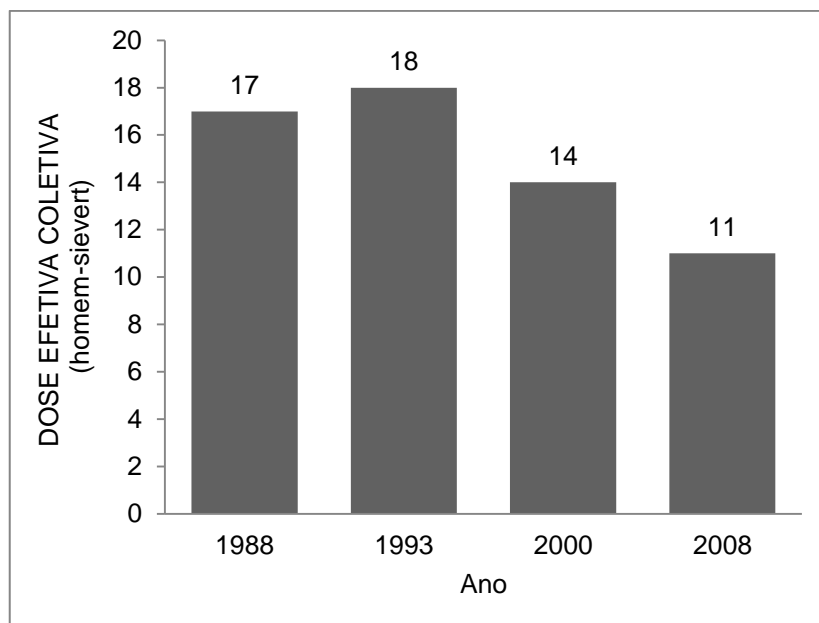


Figura 2 - Gráfico com a tendência de dose efetiva coletiva em radiologia odontológica
Fonte: UNSCEAR, 2010.

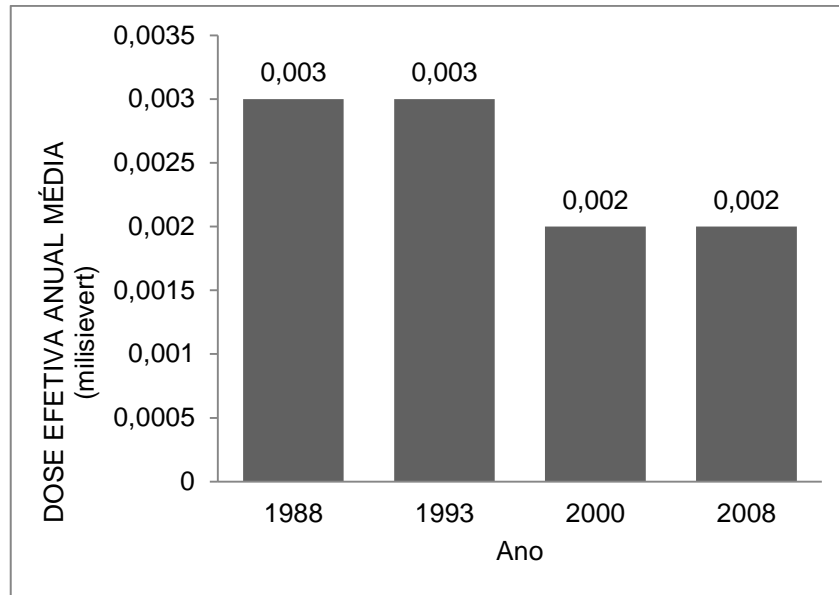


Figura 3 - Gráfico com a tendência de dose efetiva anual média em odontologia
Fonte: UNSCEAR, 2010.

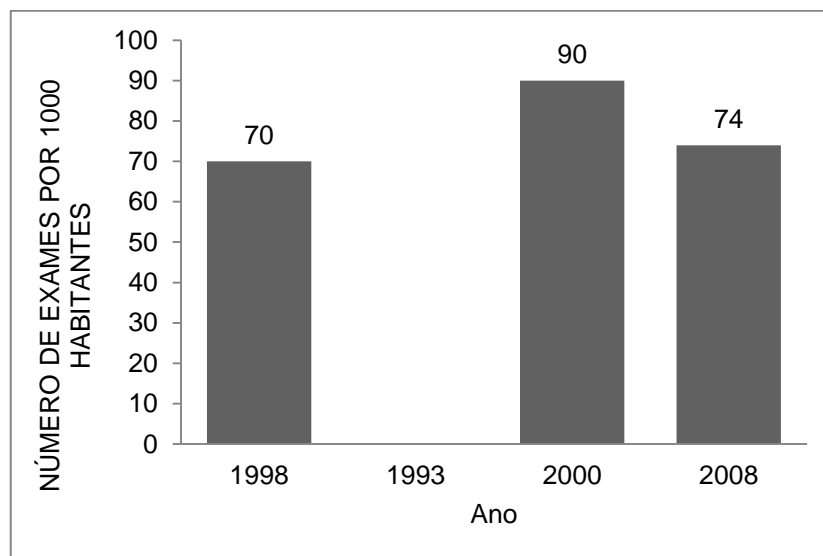


Figura 4 - Gráfico com a tendência da frequência anual de exames radiológicos odontológicos realizados por mil pessoas
Fonte: UNSCEAR, 2010.

O Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) revelou que em 2012, no Brasil, existiam em média 20,61 equipamentos de raios X odontológicos p/ 100.000 habitantes. No estado do Paraná a média é de 39,39 equipamentos p/ 100.000 habitantes, ficando atrás apenas do Distrito Federal. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, no ano de 1998, 18,8% dos brasileiros nunca tiveram acesso à consulta odontológica. (IBGE, 2013).

2.2 CONCEITOS FISICOS

2.2.1 Fontes de Radiação Ionizante

A radioatividade é um processo natural onde um átomo com núcleo instável libera energia em forma de radiação ionizante. A energia liberada pode ser corpuscular como alfa e beta ou eletromagnética como raios X e raios Gama. Além de ser emitida por elementos naturais a radiação também pode ser gerada artificialmente por equipamentos radiológicos (UNSCEAR, 2010).

Radiação é energia que se propaga no espaço. Ao passar através da matéria a radiação interage com os tecidos e deposita energia que produz ionização. Os raios X possuem forma de onda, ausência de carga e massa, podem penetrar em materiais e percorrer grandes espessuras antes de sofrer a primeira interação.

Estamos expostos diariamente a diferentes fontes de radiação, tanto naturais como artificiais, sendo muitos tipos inofensivos. As principais fontes de radiação natural são os raios cósmicos provenientes principalmente do sol e das estrelas, radiação da crosta terrestre como, por exemplo, Césio, Potássio e gás Radônio que emana do solo e pode acumular-se dentro das residências. Os alimentos que consumimos possuem quantidades variáveis de elementos radioativos como, por exemplo, Potássio, Carbono, Urânio e Tório. Materiais provenientes do solo como concreto e tijolos emitem Radônio. A intensidade da radiação natural tem se mantido constante por milhares de anos e pode ser chamada de radiação de fundo. O valor médio da radiação de fundo em locais habitados é de 3 milisievert (mSv) ao ano, podendo apresentar variação de 1 a 10 mSv/ano dependendo da região. Em comparação, a dose anual resultante da exposição à radiação artificial é de aproximadamente 0,6 milisievert (mSv) ao ano (BUSHONG, 2010; TILLY, 2010 e UNSCEAR, 2010).

Destacam-se entre as fontes de radiação artificial os tubos de raios X, aceleradores de partículas, irradiadores com radioisótopos e as fontes de nêutrons. Os dois primeiros utilizam eletricidade como fonte de energia para acelerar partículas e gerar radiação. Os irradiadores utilizam radioisótopos como fonte de radiação e as fontes de nêutrons utilizam reações nucleares produzidas por

partículas Alfa emitidas por um material radioativo em determinado alvo. Entretanto, a principal fonte de exposição artificial de uso pacífico em seres humanos é a exposição médica, contribuindo com 98% da exposição de todas as fontes artificiais (BUSHONG, 2010; TILLY, 2010 e TAUHATA, 2003). Não há limite de dose estipulado para exposições médicas, porém, a exposição deve causar benefício suficiente que supere o risco de causar efeitos deletérios aos indivíduos expostos (MS nº 453, 1998).

Além da exposição de pacientes, existe a exposição ocupacional, caracterizada por pessoas que se expõe à radiação durante atividade laboral. A dose ocupacional tem diminuído com a evolução da tecnologia dos equipamentos radiológicos e com a preocupação com a radioproteção. O limite de dose efetiva média anual para profissionais não deve ultrapassar 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano (MS nº 453, 1998). A Figura 5 mostra em porcentagem a parcela dos diferentes tipos de exposição que estamos sujeitos. Os maiores índices de exposição são provenientes da radiação natural e da irradiação médica.

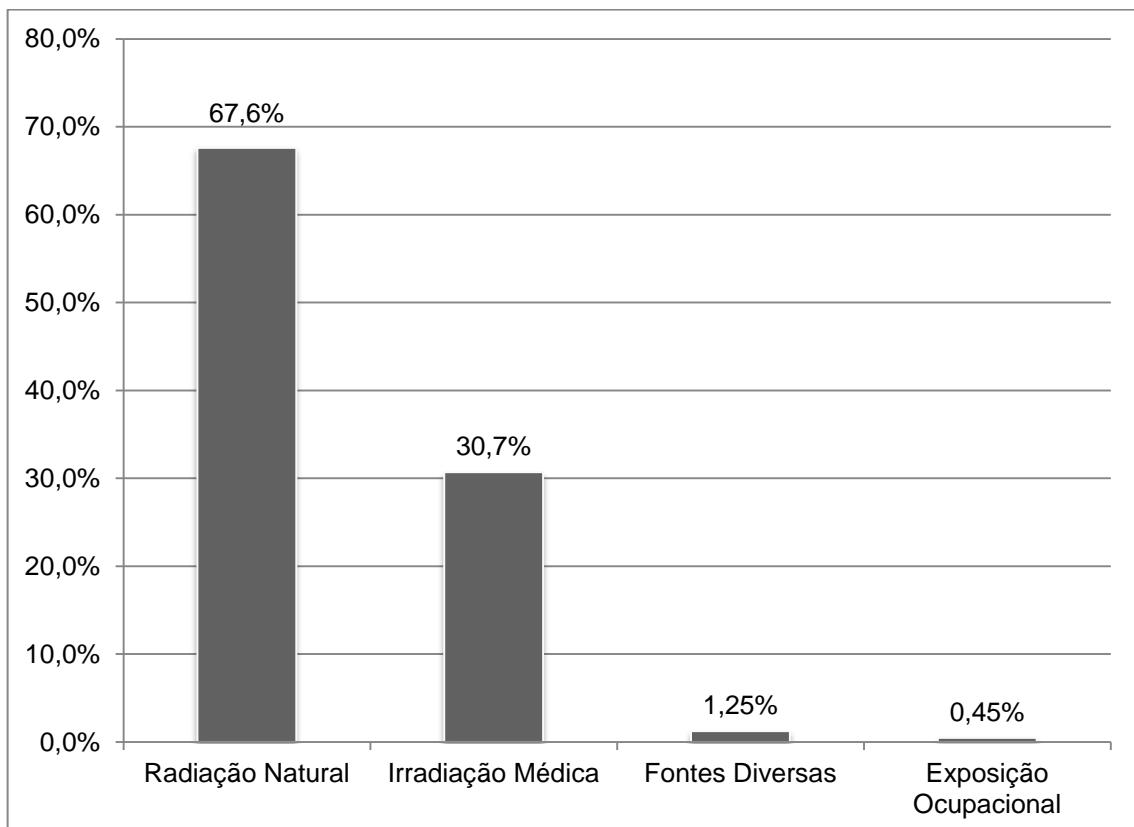


Figura 5 - Exposição humana à radiação ionizante
Fonte: TAUHATA, 2003.

2.2.2 Produção de raios X

Para produzir raios X são necessários uma fonte de elétrons, um acelerador de elétrons e um alvo, todos no vácuo. No tubo de raios X a fonte de elétrons é a corrente elétrica, o acelerador de elétrons é o campo magnético formado entre o cátodo e o ânodo pela aplicação de uma diferença de potencial e o alvo é o ânodo (WHAITES, 2009 e FREITAS, 2004). A Figura 6 representa uma ampola de raios X para odontologia com a identificação dos seus componentes e a produção de raios X do feixe útil.

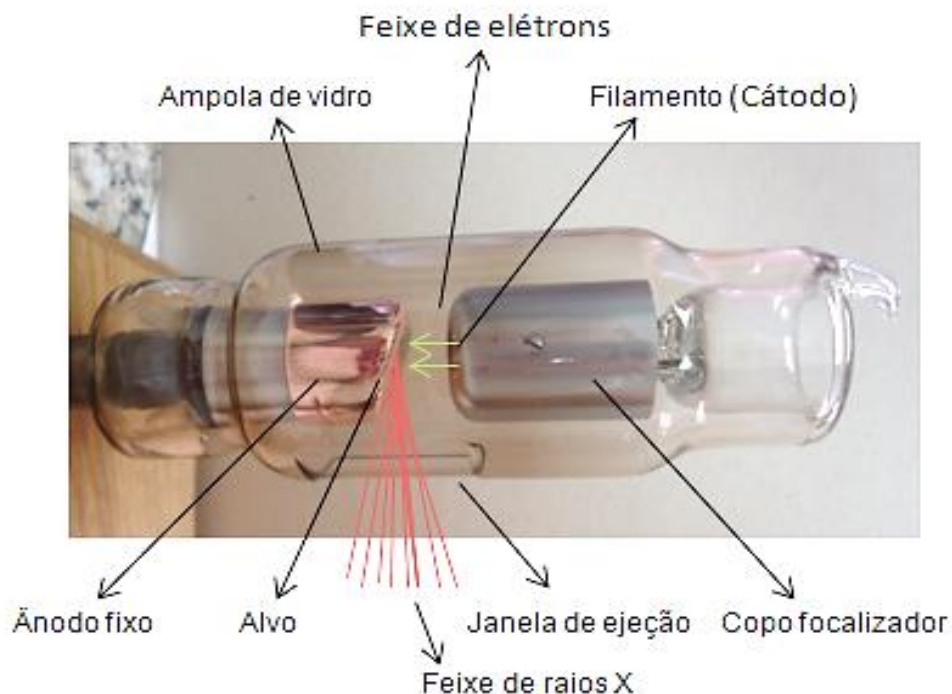


Figura 6 - Ampola de raios X

A tensão aplicada em odontologia intraoral está entre 50 kVp e 70 kVp. A tensão aplicada faz com que elétrons sejam acelerados e liberados termoionicamente, ou seja, são expelidos devido à alta temperatura no filamento. Estes elétrons expelidos chegam ao ânodo atraídos pelas cargas positivas e colidem com o alvo perdendo e transferindo energia. Ao passar próximo ao núcleo dos átomos do alvo, os elétrons mudam sua trajetória e neste momento liberam energia em forma de fótons de raios X pelo processo de freamento ou *Bremsstrahlung*. A emissão dos raios X pelo ânodo ocorre isotropicamente, ou seja, com a mesma

intensidade em todas as direções (TAUHATA, 2003; FREITAS, 2004; BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010).

Quando um elétron livre, com energia suficiente passa tão perto que colide e ejeta um elétron de sua órbita na eletrosfera, essa vaga deixada atrai outro elétron de uma camada mais externa que é acelerado e libera energia em forma de radiação eletromagnética. Essa radiação é chamada de radiação característica porque a energia dos raios X característicos será igual à diferença entre as energias de ligação dos elétrons orbitais envolvidos. Os átomos possuem energias de ligação específicas (TAUHATA, 2003; FREITAS, 2004; BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010).

2.2.3 Interação dos raios X com o tecido biológico

A preocupação com os efeitos deletérios dos raios X tem relevância devido a sua capacidade de produzir ionização na matéria. A absorção de radiação pelo corpo pode desencadear reações químicas e físicas que resultam em alterações biológicas. A resposta do organismo à exposição à radiação é diretamente proporcional à dose recebida. A radiação X tem potencial para causar lesões celulares letais, mutações celulares e danos que podem levar as células à morte durante a reprodução celular. Na maioria dos casos, as células expostas conseguem se reparar corretamente, porém, a reparação pode ser incorreta com possibilidade de reprodução celular, com consequências em longo prazo (TAUHATA, 2003 e BUSHONG, 2010).

Exposições iguais à radiação ionizante podem ter resultados diferentes, dependendo do tipo de exposição, se única como em exames radiológicos, fracionada como tratamentos radioterápicos ou periódicas no caso de exposição ocupacional. A dose utilizada fracionada em radioterapia, se ministrada em exposição única, provavelmente seria letal para o paciente (TAUHATA, 2003; BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010).

O processo de ionização é a interação da radiação ionizante com a matéria em que elétrons são removidos dos orbitais resultando em elétrons livres, íons positivos ou radicais livres quando ocorre quebra de ligações (TAUHATA, 2003; BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010). A Figura 7 representa a interação de um fóton

com um elétron orbital retirando o mesmo de sua órbita resultando em um elétron livre.

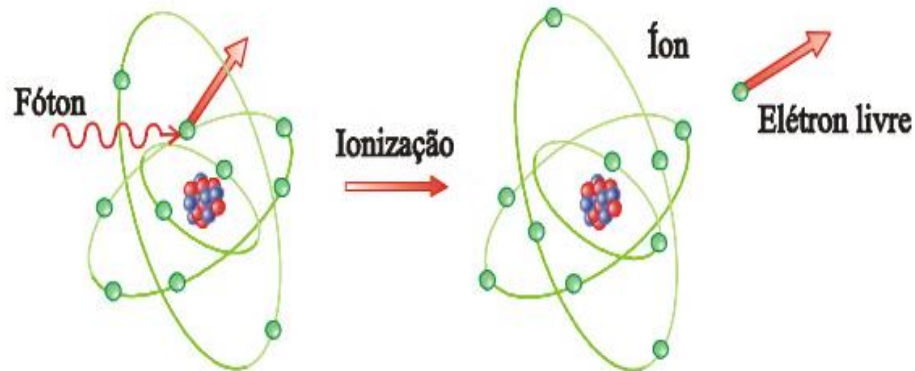


Figura 7 - Esquema da ionização
Fonte: TAUHATA, 2003.

Essa alteração nos átomos pode mudar a estrutura das moléculas que formam as células. Essas células podem sofrer alterações equivalentes à dose, fracionamento, tipo de radiação, tipo de célula ou tecido exposto. Modificações em estruturas vitais para a célula podem ocasionar alteração ou morte celular. Os danos mais importantes são os ligados ao DNA. Dependendo do dano as células podem morrer, sofrer alterações ou conseguir se reparar. Se o reparo for eficiente, não ocorrerão maiores consequências, contudo se o reparo causar mutações genéticas a célula pode perder seu poder de reprodução ou continuar se reproduzindo gerando um tumor cancerígeno em longo prazo (TAUHATA, 2003; BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010).

2.2.3.1 Efeito Fotoelétrico

Os raios X aplicados em radiodiagnóstico possuem energia suficiente para interagir com os elétrons das camadas mais internas do átomo (camada K). Nesse caso, os raios X não são espalhados e sim absorvidos. Esse processo é chamado de Efeito Fotoelétrico.

Para átomos de baixo número atômico como os encontrados em tecidos leves, a energia de ligação dos elétrons é baixa, por exemplo, 0,3 keV para o

carbono. Dessa forma, o fóton de raios X incidente interage com um elétron, este é ejetado com energia cinética aproximadamente igual à energia do feixe incidente, sendo então chamado de fotoelétron (TAUHATA, 2003).

A Figura 8 representa o efeito fotoelétrico, onde o elétron é removido do átomo e escapa com energia cinética igual à diferença entre a energia do raio X incidente e a sua energia de ligação no átomo (TAUHATA, 2003; BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010).

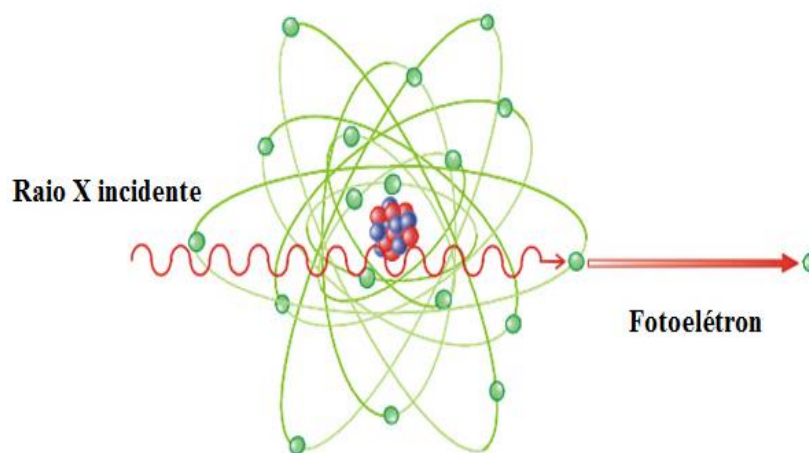


Figura 8 - Representação do Efeito Fotoelétrico
Fonte: Adaptada de TAUHATA, 2003.

2.2.3.2 Efeito Compton

Raios X de energia moderada, usada em radiodiagnóstico, podem interagir com os elétrons mais externos de um átomo. Nessa interação, além de espalhada tem também sua energia reduzida e realiza conseqüentemente a ionização do átomo em questão. O elétron ejetado é chamado Elétron Compton ou Elétron Secundário. Os raios X continuam em uma diferente direção com uma menor energia, dada pela diferença entre a energia do feixe incidente e a energia do elétron ejetado. A energia do elétron ejetado é igual a sua energia de ligação mais a energia cinética com que ele deixa o átomo. Este tipo de interação é chamado de Efeito Compton ou Espalhamento Compton (TAUHATA, 2003; BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010). A probabilidade em que um dado fóton irá sofrer Espalhamento Compton é uma função complexa da energia do feixe incidente. Geralmente esta probabilidade

diminui com o aumento da energia, não dependendo do número atômico envolvido. Os raios X espalhados e o elétron secundário poderão ter energia suficiente para interagir novamente dentro da matéria e gerar novas ionizações. O Efeito Compton pode ocorrer com todo feixe de raios X, e a radiografia poderá apresentar seu contraste reduzido. Em radiodiagnóstico, ocorre perda de qualidade nas imagens ocasionada pelos elétrons que são retro espalhados pela mesa de exames. Raios X espalhados não produzem informações úteis na imagem radiográfica e podem aumentar o risco de efeitos biológicos ao interagir com o paciente. Tais radiações são as principais fontes de exposição ocupacional. O efeito Fotoelétrico é predominante em energias de fótons suficientemente baixas, porém à medida que a energia aumenta o Espalhamento Compton acaba predominando (TAUHATA, 2003). A Figura 9 mostra a interação do tipo Espalhamento Compton, onde o elétron é ejetado de sua órbita e o raio X tem sua direção alterada.

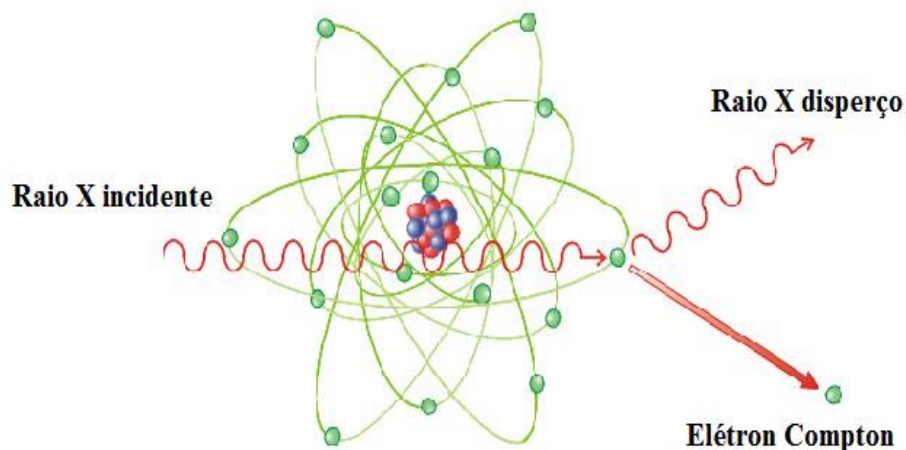


Figura 9 - Representação do Espalhamento Compton
Fonte: Adaptada de TAUHATA, 2003.

2.3 GRANDEZAS E UNIDADES DOSIMÉTRICAS

Duas instituições internacionais são responsáveis pela definição de grandezas e as relações entre elas e suas respectivas unidades. A *International Commission on Radiological Protection (IRCP)* promove recomendações para grandezas limitantes, e a *International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)* é responsável pelas grandezas básicas e operacionais

(TAUHATA, 2003). As grandezas dosimétricas tem a finalidade de estabelecer uma medida física da quantidade de radiação depositada em um ponto de interesse correlacionada com os efeitos de suas interações com a matéria (ANDRADE, 2007; TAUHATA, 2003 e BARROS, 2009).

Ao interagir com a matéria, parte da energia dos raios X é depositada e absorvida. Essa energia absorvida pela matéria é chamada de dose, porém esse conceito pode ter significados diferentes de acordo com o que se deseja expressar (TILLY, 2010). A Figura 10 demonstra a representação dos parâmetros de dose dependendo do local em que o feixe é avaliado.

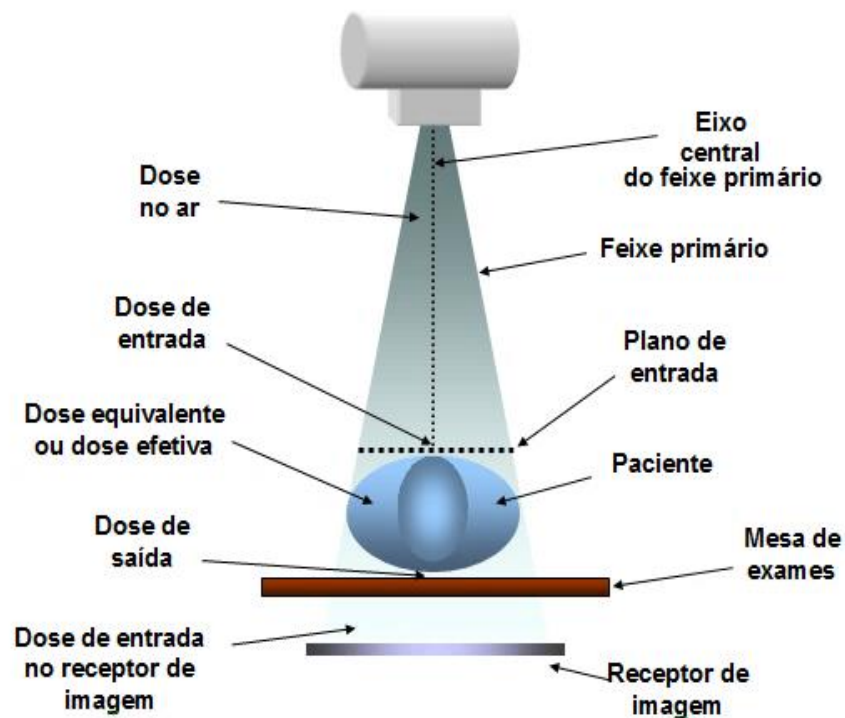


Figura 10 - Representação dos parâmetros de dose
Fonte: TILLY, 2010.

Dose de entrada na pele (DEP) – é a dose absorvida no centro do feixe incidente na superfície do paciente submetido a um procedimento radiológico. Inclui retro espalhamento pelo paciente, a unidade de medida é o Gray (Gy) (MS nº 453, 1998).

Dose de saída - medida o mais próximo possível da superfície do corpo que o feixe deixa o mesmo. Essa medida é importante na avaliação da imagem radiográfica, a unidade de medida é o Gray (Gy) (TILLY, 2010).

Dose no receptor de imagem - dose que chega para formar a imagem, unidade de medida é o Gray (Gy) (TILLY, 2010).

Exposição – expressa pela Equação 1, é a grandeza física que permite avaliar a radiação X ou Gama emitida por uma fonte específica a partir de sua habilidade de produzir ionização no ar. É definida para raios X e Gama, tendo o ar como meio de interação. Exposição X é o quociente de dQ por dm, onde dQ é o valor absoluto total dos íons de mesmo sinal produzidos no ar quando todos os elétrons liberados pelos fótons em uma determinada massa de ar dm são completamente freados no ar. A unidade do Sistema Internacional (SI) é C/kg (coulomb/quilograma) (ICRU, 1980).

$$X = dQ/dm \quad (1)$$

Dose efetiva (E) – média aritmética calculada pelas doses equivalentes nos diferentes órgãos. Os fatores de ponderação dos tecidos são definidos de modo que a dose efetiva represente o mesmo detrimento que uma exposição uniforme de corpo inteiro. Como algumas regiões do corpo são mais radiosensíveis em comparação com outras, foi estipulado um valor numérico para cada tecido, este valor é o fator de peso do tecido (W_t). A unidade de dose efetiva é o Joule por quilograma, denominada Sievert (Sv) (MS nº 453, 1998 e NN 3.01, 2005).

Dose equivalente (Ht) – expressa pela Equação 2, onde DT é a dose absorvida média no órgão ou tecido humano, wR é o fator de ponderação para cada tipo de radiação. Para raios X $w_R = 1$ e a dose equivalente é numericamente igual à dose absorvida. Representa os riscos inerentes da distribuição de doses no interior do corpo humano. Unidade SI é o Sievert (Sv) (MS nº 453, 1998 e NN 3.01, 2005).

$$HT = DTwRX \quad (2)$$

Dose absorvida - expressa pela Equação 3, onde d é o valor esperado da energia depositada pela radiação em um volume elementar de matéria de massa

dm. A unidade SI de dose absorvida é o Joule por quilograma, denominado Gray (Gy) (MS nº 453, 1998).

$$D = d/dm \quad (3)$$

2.4 EFEITOS BIOLÓGICOS

Os efeitos biológicos representam a resposta natural do organismo a um agente agressor. Se a quantidade de efeitos biológicos for pequena, o organismo pode se recuperar sem maiores problemas para o indivíduo exposto. Após a exposição à radiação pode ocorrer a redução de leucócitos, hemácias e plaquetas devido à morte celular. Porém, após algumas semanas, movidos pelos efeitos biológicos reparadores, os elementos figurados são repostos (TAUHATA, 2003 e BUSHONG, 2010). Se os efeitos biológicos decorrentes da radiação forem severos para o organismo ou órgãos expostos, surgem sinais da incapacidade de reparo dos danos que são as doenças. Tumores induzidos pela exposição à radiação ionizante representam um histórico de danos, reparos e propagação durante anos após a irradiação (TAUHATA, 2003 e BUSHONG, 2010).

Pode-se afirmar que os raios X possuem propriedades nocivas aos seres humanos expostos. Doses suficientemente intensas podem causar queimaduras de pele, catarata, câncer, leucemia, esterilidade, aborto em gestantes, morte e outros efeitos nocivos à saúde, mas não podemos afirmar ao certo o nível do dano após a exposição em condições usadas para radiodiagnóstico. Nenhum caso de morte após exposição à radiação em radiodiagnóstico foi registrado. O feixe de raios X aplicado em exposições médicas não possui intensidade ou abrangência suficiente para causar a morte imediata e não é esperado que ocorram efeitos determinísticos devido a exposição à radiação em radiodiagnóstico (TAUHATA, 2003). Porém, baixas doses de radiação, como as praticadas em radiologia odontológica intraoral, podem produzir danos a organismos vivos. O risco de indução de câncer grave ou fatal por uma radiografia intraoral é de aproximadamente 1 em cada 10.000.000 de exposições. Os efeitos da radiação ionizante podem ser acumulativos, por isso todos os profissionais que atuam na área radiológica tem grande responsabilidade e

devem realizar apenas exposições justificadas, aperfeiçoar os processos de aquisição e formação da imagem (MS nº 453, 1998 e ABBOTT, 2000).

2.5 CONCEITOS E TÉCNICAS APLICADAS EM RADIOLOGIA INTRAORAL

2.5.1 Radiografia Intraoral

A radiografia intraoral é a técnica de tomadas radiográficas em que o filme é colocado no interior da cavidade oral do paciente. Tem a finalidade de mostrar cada dente individualmente e os tecidos em torno do seu ápice. Esse exame demonstra detalhadamente de dois a quatro dentes e o osso alveolar adjacente. A Figura 11 demonstra o posicionamento e o resultado de uma radiografia intraoral.

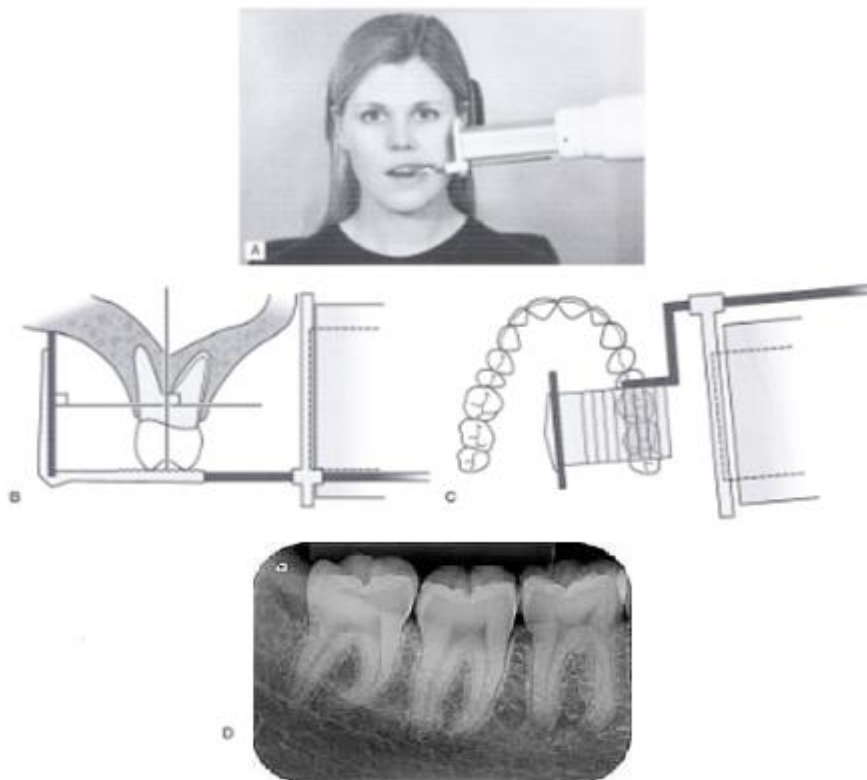


Figura 11 - (A) Posicionamento para realizar a radiografia intraoral do dente molar superior, (B) Diagrama do posicionamento, (C) Vista superior do posicionamento e (D) Imagem de uma radiografia intraoral
Fonte: Adaptada de WHAITES, 2009.

As técnicas radiográficas do Paralelismo e da Bisettriz foram desenvolvidas para facilitar a realização dos exames, porém, é recomendado que fosse usada a técnica do Paralelismo (WHAITES, 2009 e FREITAS, 2004). Ao empregar a Técnica da Bisettriz o localizador é posicionado de modo que o feixe de raios X seja perpendicular à bisettriz do ângulo formado entre o eixo do filme e o eixo do dente de interesse. Quando usada a Técnica do Paralelismo o receptor de imagens é colocado na cavidade oral paralelo ao eixo do dente a ser radiografado e o localizador é posicionado perpendicular ao plano do dente e do filme. O posicionamento é feito por meio de um posicionador fixado no cilindro localizador do aparelho de raios X que torna o posicionamento reproduzível. A técnica do paralelismo fornece menor distorção de forma e tamanho em comparação com a técnica da bisettriz, além de tornar as imagens reproduzíveis devido ao posicionamento ser feito através de posicionadores fixos no localizador (WHAITES, 2009). A Figura 12 demonstra as técnicas da Bisettriz e do Paralelismo.

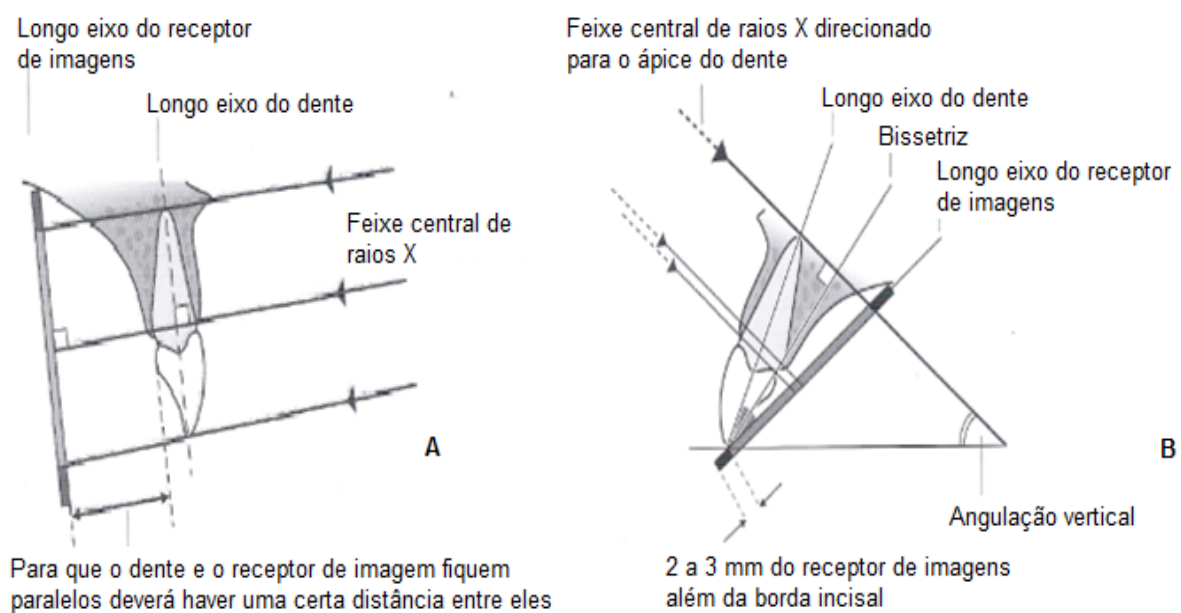


Figura 12 - (A) Técnica do Paralelismo, (B) Técnica da Bisettriz
Fonte: Adaptada de WHAITES, 2009.

O emprego correto das técnicas radiográficas demanda conhecimento sobre o funcionamento do equipamento radiográfico, posição correta da cabeça do paciente, ângulos e incidências do feixe de raios X para cada exame, dimensões e especificações dos filmes a serem utilizados (WHAITES, 2009).

2.5.2 Receptores de imagens em odontologia

Os filmes radiográficos são os receptores de imagens mais usados em radiologia odontológica, cada tipo possui características específicas para o seu uso. (BUSHONG, 2010). Em odontologia intraoral os filmes utilizados são de exposição direta, onde a emulsão é mais espessa que a dos filmes para telas intensificadoras. Apresentam maior concentração de cristais de haleto de prata para melhorar a interação com os raios X (BUSHONG, 2010 e WHAITES, 2009). São envoltos por papel preto, na região posterior é colocada uma lâmina de chumbo e o conjunto é embalado por material branco impermeável para evitar que o filme seja atingido pela saliva do paciente e proteger o filme da luz. Possuem bordas arredondadas e um ponto de orientação para facilitar a identificação do lado esquerdo e direito. Quanto a sensibilidade são classificados com tipo D, tipo E e tipo F, sendo o tipo F o mais sensível e o tipo D o menos sensível. No momento do exame radiográfico os filmes são colocados no interior da cavidade oral em contato com a estrutura de interesse (WHAITES, 2009; FREITAS, 2004 e BUSHONG, 2010).

Em radiologia digital, basicamente, os receptores (detectores) podem ser de conversão direta ou indireta dos raios X transmitidos pelo paciente em sinal elétrico. A carga elétrica é direcionada para uma matriz de pixels que forma as imagens digitais. Embora a radiologia digital proporcione algumas vantagens como manipulação, duplicação das imagens sem necessidade de repetir o exame e o envio em forma de dados digitais, os receptores digitais são menos difundidos em odontologia no Brasil em comparação com os filmes radiográficos (BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010).

2.5.3 Processamento de imagens odontológicas em câmaras portáteis

O processamento químico dos filmes é uma etapa tão importante quanto o posicionamento do paciente e a escolha dos parâmetros de exposição na busca por imagens com qualidade. Os filmes devem ser processados em instalações adequadas, de modo que previna a formação de véu. Radiografias intraorais podem

ser processadas em câmaras portáteis, desde que sejam feitas de material opaco (WHAITES, 2009; FREITAS, 2004; MS nº 453, 1998 e BUSHONG, 2010).

As câmaras portáteis são constituídas total ou parcialmente por polímeros acrílicos, sendo o próprio filtro de proteção do filme contra a ação da luz. Possuem duas aberturas com luvas que ligam o ambiente exterior ao interior. No interior da câmara de processamento são colocados ao menos três recipientes, um com solução reveladora, um com solução fixadora e ao menos um com água. Todavia, pelo fato de serem portáteis e estarem submetidas a diversas condições de iluminação do meio ambiente, é necessário avaliar e estabelecer corretamente os parâmetros de iluminação do local. Essas condições de iluminação dizem respeito tanto ao tipo de fonte de luz quanto à intensidade da fonte em questão. As três fontes de luz mais usadas em consultórios odontológicos são: luz solar natural, luz artificial proveniente de lâmpadas de filamento e luz artificial proveniente de lâmpadas fluorescentes (TAMBURÚS, 1999 e FREITAS, 2004;).

As principais condições do processamento químico as quais afetam a imagem diagnóstica são a vedação e limpeza da câmara de revelação, a concentração e degradação das soluções (revelador e fixador), temperatura do revelador e tempo de processamento do filme. O tempo de processamento em cada etapa pode variar dependendo das recomendações do fabricante dos filmes e dos produtos químicos. As soluções reveladoras devem ser trocadas ou regeneradas também de acordo com o fabricante. Todas as etapas do processamento químico dos filmes devem ser feitas protegidas de luz (BUSHONG, 2010 e ANVISA, 2006).

Dois tipos de processamento manual podem ser executados em consultórios odontológicos. O primeiro é o modo inspeccional ou visual. Neste processo o filme é colocado em solução reveladora e de tempos em tempos é examinado o aparecimento da imagem. Após a obtenção da imagem visível, o filme passa pelo banho em água e em seguida passa pelo processo de fixação. As desvantagens são a falta de padronização, baixa qualidade das imagens e a dependência da habilidade do operador. A vantagem é a agilidade no processamento (FREITAS, 2004). Por meio do método de tempo e temperatura é possível usar uma tabela com tempos fixos para cada etapa. O método de processamento por meio do tempo e temperatura apresenta ótimos resultados quanto à padronização das densidades e quanto à qualidade das imagens. Este método necessita do controle da temperatura dos químicos, principalmente do revelador (FREITAS, 2004).

2.5.4 Importância do controle de qualidade em radiologia

Tratando-se de radiologia, a segurança está intimamente ligada com a qualidade do serviço. Não é possível dizer que um serviço tem qualidade se não houver preocupação com a radioproteção. Equipamentos não podem ser considerados seguros em relação à radioproteção se não estiverem em ótimas condições mecânicas e elétricas. As manutenções e calibrações devem ser realizadas conforme orientação dos fabricantes e das normas regulamentadoras de cada país (NRPB, 2001).

O objetivo dos programas de garantia da qualidade é assegurar que as imagens sejam produzidas por profissionais qualificados, que tenham qualidade suficientemente alta que permita a visualização de informações diagnósticas adequadas, com a menor dose de exposição para o paciente e segurança para os profissionais envolvidos (SOCIEDAD ESPAÑOLA, 2011). Toda exposição aos raios X gera risco para a saúde dos pacientes e dos operadores. Normalmente em radiologia odontológica intraoral o risco é considerado baixo, porém é essencial que qualquer exame represente um benefício real ao paciente.

O programa de controle de qualidade acompanhado dos testes de desempenho dos equipamentos radiológicos e de treinamento contínuo dos profissionais determinam melhorias em departamentos de radiologia. A otimização dos processos relacionados com as exposições aos raios X, processamento das imagens, tempo de execução de exame e eliminação do desperdício são fatores fundamentais para garantir imagens radiográficas com máxima qualidade diagnóstica. Para alcançar altos padrões de qualidade e segurança é necessário estabelecer procedimentos de investigação e monitoração do desempenho dos equipamentos de raios X (TILLY, 2010 e YACOVENCO, 1999).

2.5.4.1 Metrologia

Para investigar e monitorar o desempenho dos equipamentos radiológicos utiliza-se a metrologia, que é a ciência da medição e suas aplicações. A sua função

é dar confiabilidade, credibilidade e qualidade às medições (VIM, 2012 e ALBERTAZZI, 2008).

Durante o processo de avaliação, o objeto a ser medido é denominado mensurando, que é medido pelo instrumento de medição. O valor indicado é o valor fornecido pelo mensurando, no caso da medição do tempo de exposição, por exemplo, o tempo indicado é o selecionado no timer do equipamento de raios X. O resultado da medição nunca é totalmente exato, devido a fatores de erro de medição do sistema de medição, do operador e do ambiente. O resultado é a faixa de valores dentro da qual o verdadeiro valor do resultado da medição deve estar contido. O erro de medição é a diferença entre o valor medido pelo sistema de medição e o valor verdadeiro do mensurando. O erro de medição pode ser sistemático ou aleatório. O erro sistemático é previsível, tende a manter-se constante e ocorre devido a imperfeições no mensurando, no instrumento de medição ou por erro do operador. No controle de qualidade em radiologia, o erro sistemático ocorre devido a imperfeições no mensurando e pode ser corrigido por meio de calibração do equipamento. Por exemplo, na avaliação do tempo de exposição, quando o equipamento repete durante todas as medidas valores próximos entre si, porém, fora da faixa de conformidade. O erro aleatório é a parcela imprevisível do erro, está fora do controle do operador. Ocorre por má qualidade do mensurando. Usando o exemplo do tempo de exposição, o erro aleatório pode ser identificado quando os valores das medidas apresentam grande variação entre si (ALBERTAZZI, 2008).

A variação da exatidão representa o quanto as médias das leituras estão próximas do valor indicado. A variação da reprodutibilidade das leituras demonstra o quanto as médias das leituras de cada faixa avaliada estão próximas entre si (ALBERTAZZI, 2008).

2.6 CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS ODONTOLÓGICOS INTRAORAIS

Os equipamentos de raios X odontológicos são relativamente simples, existem muitas marcas e fabricantes que diferem quanto à qualidade na fabricação, conservação, aparência e custo. Sua fabricação é feita buscando o menor custo e a melhor adaptação aos consultórios odontológicos. São constituídos basicamente por

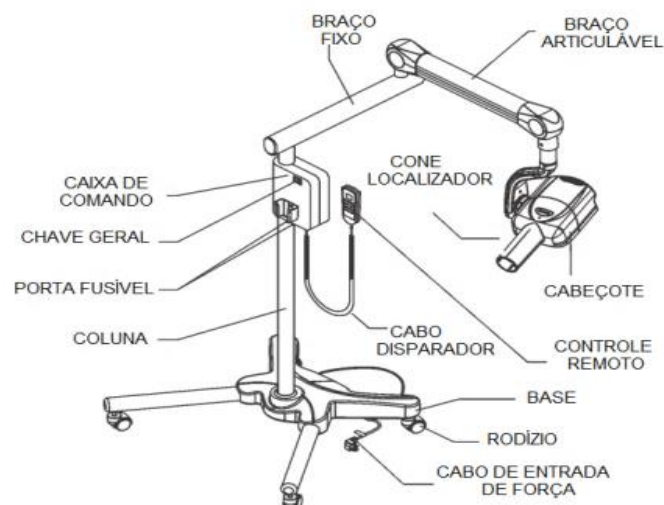
um cabeçote, braço articulável, painel de controle e dispositivo disparador de raios X. Sua base pode ser fixa na parede, no piso, no teto ou com base móvel acoplada em uma estrutura sobre rodas (WHAITES, 2009; FREITAS, 2004 e TILLY, 2010). Estes equipamentos devem operar com tensão nominal mínima de 50 kVp. Geralmente variam entre 50 e 70 kVp e com corrente elétrica entre 7 e 10 mA. O tempo de exposição nominal máximo deve ser de 5 segundos (MS nº 453, 1998 e FREITAS, 2004).

A Figura 13 apresenta as diferenças nos tipos de bases e de instalação dos equipamentos.



Figura 13 – (A) Equipamento de raios X intraoral com base fixa na parede, (B) Equipamento com base fixa no piso e (C) Equipamento com base móvel

A Figura 14 apresenta o esquema de um equipamento da marca Gnatus.



**Figura 14 - Esquema do equipamento de raios X intraoral Gnatus
Fonte: Adaptada de Gnatus manuais *on line*, 2013.**

O cabeçote é um invólucro revestido de chumbo que evita a saída de radiação para todas as direções. No seu interior está instalada a ampola, que é feita de vidro temperado com uma pequena janela mais fina para ajustar a passagem dos raios X. No interior da ampola há presença do vácuo. Ele proporciona maior eficiência na produção de raios X evitando que elétrons interajam com moléculas de ar. A ampola de vidro é envolta em óleo para seu resfriamento e isolamento elétrico. Possui um lado negativo chamado cátodo que contém um filamento de tungstênio em forma de espiral. O alvo é o polo positivo chamado ânodo composto de uma liga de Tungstênio e Rênio. Em equipamentos odontológicos intraorais geralmente o ânodo é fixo, constituído de um bloco de cobre e o alvo de tungstênio (WHAITES, 2009; FREITAS, 2004; BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010). Na Figura 15 B é possível observar o transformador e a ampola de raios X.

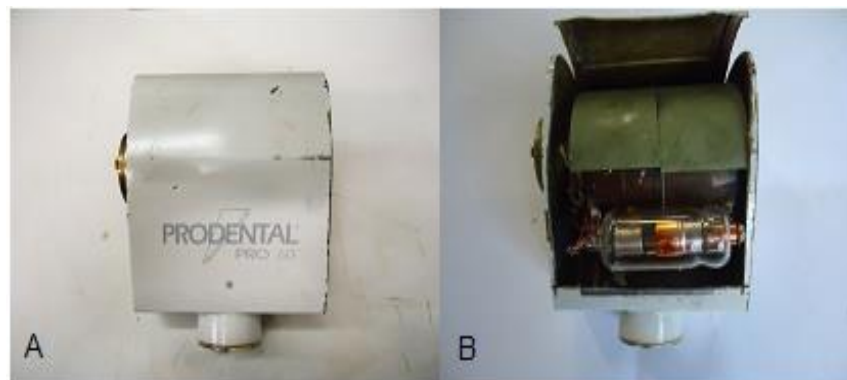


Figura 15 – (A) Cabeçote de um equipamento de raios X intraoral e (B) Visão interna

A Figura 16 mostra os componentes do cabeçote do equipamento intraoral.

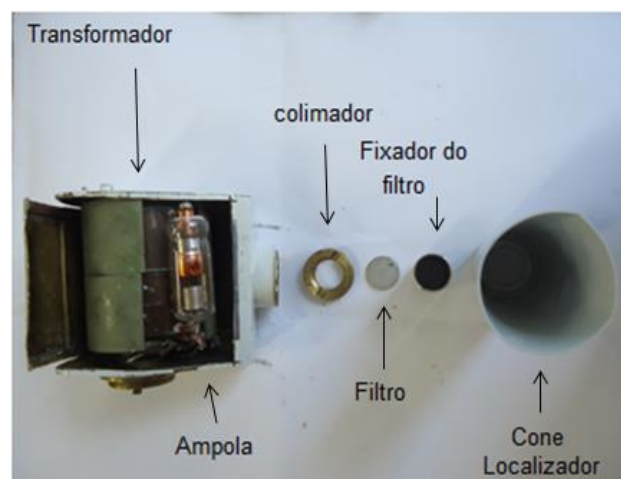


Figura 16 - Cabeçote com seus componentes internos

A Figura 17 é a fotografia dos componentes internos da ampola de raios X intraoral.

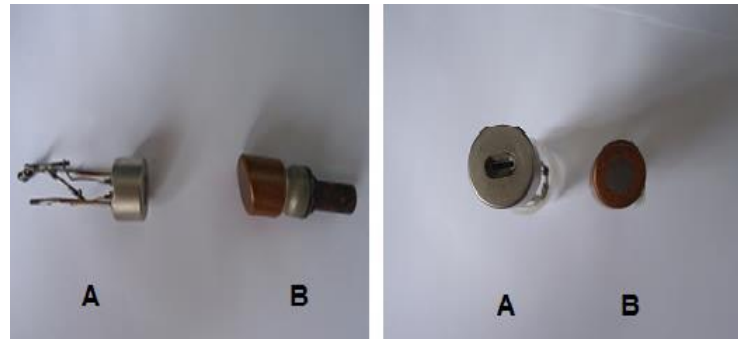


Figura 17 – (A) Cátodo e (B) Ânodo de um equipamento intraoral, vista lateral e frontal

O feixe de raios X atravessa pela janela de vidro passando pelo óleo que envolve a ampola. Essa filtração é chamada de filtração inerente. Além da filtração inerente, é colocada na saída do feixe de raios X uma filtração adicional em forma de discos, geralmente de alumínio. A soma da filtração inerente e da filtração adicional é chamada de filtração total. O objetivo da filtração é melhorar a qualidade do feixe reduzindo a quantidade de fótons de baixa energia que aumentariam a exposição no paciente e não teriam valor para a formação da imagem (YACOVENCO, 2001 e TILLY, 2010).

O cabeçote possui um transformador de alta tensão para elevar a tensão necessária para acelerar os elétrons na ampola de raios X. Os equipamentos intraorais são autorretificados, monofásicos e com retificação de meia onda. Acoplados ao cabeçote estão o colimador que limita o tamanho do feixe de radiação, o filtro de alumínio e o cilindro localizador que determina a distância foco-pele e a direção do feixe de raios X (WHAITES, 2009; FREITAS, 2004; BUSHONG, 2010 e TILLY, 2010). O filtro de alumínio é facilmente visualizado no interior do cilindro localizador. O colimador não pode ser observado por estar instalado atrás do filtro. O sistema de colimação do equipamento intraoral consiste em uma placa de chumbo com uma abertura no centro localizada na saída do cabeçote colocada antes do filtro adicional. O tamanho da abertura determina o tamanho do campo de radiação. Quanto mais distante o foco de radiação da pele do paciente maior será o campo de radiação. Devido a isso, o tamanho do localizador deve atender as normas vigentes e deve ser adequado ao equipamento. A diminuição do tamanho do campo de

radiação diminui a dose no paciente devido ao menor volume de tecido irradiado (YACOVENCO, 2001 e TILLY, 2010). O localizador é um cilindro que permite determinar a distância do foco até a pele do paciente orientando a direção do feixe e deve ter a saída da extremidade aberta. Os posicionadores que são usados para deixar o receptor de imagem na direção do feixe são fixados no localizador. O localizador é importante também por evitar que órgãos como cristalino e tireoide recebam radiação do feixe útil devido ao posicionamento errado do equipamento (YACOVENCO, 2001). A Figura 18 mostra o filtro de alumínio na saída do cabeçote do equipamento.

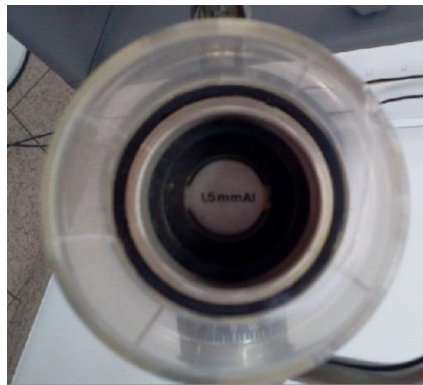


Figura 18 - Filtro de 1,5 mm Al de um equipamento de raios X intraoral

Os parâmetros de exposição são selecionados no painel de controle juntamente com o interruptor para ligar e desligar o equipamento. A Figura 19 apresenta um painel de controle da marca Gnatus.



Figura 19 - Painel de controle Gnatus

Alguns painéis de controle possuem marcadores de tempo, aviso luminoso e sinais sonoros para identificar o momento da exposição. Determinados modelos de equipamentos podem possuir outras características como seletor do tipo de filme, seleção dos parâmetros de exposição através do tamanho do paciente, dente a ser radiografado, compensador da tensão, entre outros fatores. Porém, na maioria dos equipamentos é possível ajustar apenas o tempo de exposição (WHAITES, 2009 e FREITAS, 2004). Devido à rede elétrica apresentar variação na tensão, alguns equipamentos possuem um seletor na caixa de comando, na maioria das vezes acoplado a um voltímetro, que permite o ajuste e compensação da variação da rede elétrica (TILLY, 2010). A Figura 20 é a fotografia de um equipamento da marca Dabi Atlante com o sistema de ajuste da tensão da rede elétrica.



Figura 20 - Regulador de tensão Dabi Atlante

O disparador de raios X deve possuir um cabo que torne possível ao operador se afastar pelo menos dois metros da fonte de raios X no momento da realização do exame. A Figura 21 contém imagens de disparadores dos equipamentos intraorais. A imagem (C) se refere a um disparador com timer mecânico, modelo proibido pelas normas nacionais e internacionais.

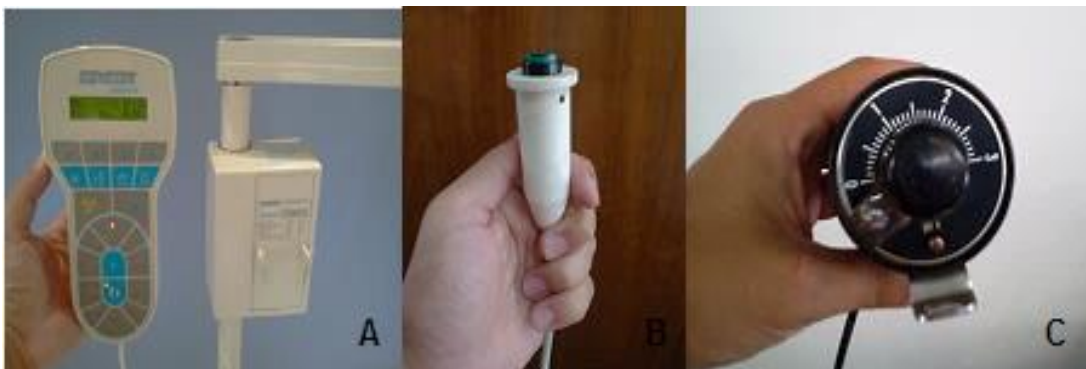


Figura 21 – (A) Disparador Gnatus com múltiplas funções de seleção, (B) Disparador simples Siemens e (C) Disparador com timer mecânico

Em alguns modelos, os dispositivos disparadores de raios X podem ter funções de seleção de parâmetros de exposição e podem funcionar como o painel de controle do equipamento (WHAITES, 2009).

2.7 PARÂMETROS DE RADIOPROTEÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE APLICADOS EM RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA

2.7.1 Portaria nº 453/98 do Ministério da Saúde

Conforme a Portaria nº 453/98 é indispensável o cumprimento de normas para funcionamento dos serviços de radiodiagnóstico, com o objetivo de melhorar a qualidade das imagens, aumentando a confiabilidade no diagnóstico, promovendo segurança aos pacientes e profissionais envolvidos. Os princípios básicos de acordo com este regulamento são a justificação da prática e das exposições médicas e odontológicas, a otimização da proteção radiológica e a limitação de doses individuais e prevenção de acidentes.

Justificação – esse princípio determina que nenhuma exposição médica ou odontológica à radiação deve ser feita sem que gere benefícios maiores que os riscos de causar efeitos deletérios ao indivíduo exposto ou para a sociedade.

Otimização da proteção radiológica – estabelece que as instalações e os procedimentos de trabalho sejam planejados, implantados e executados de maneira que as doses, número de pessoas expostas e a probabilidade de acidentes sejam tão baixos quanto possível.

Limitação de doses individuais – são limites de dose efetiva ou equivalente estabelecidos para exposição ocupacional e do público cujos limiares não devem ser ultrapassados.

Prevenção de acidentes – devem ser implementadas ações para minimizar erros humanos, falhas de equipamentos e instalações.

Consta na norma que os profissionais devem usar durante a jornada de trabalho o dosímetro individual que deverá ser trocado mensalmente. No caso dos

operadores de raios X intraorais, o uso de dosímetro pode ser dispensado pela autoridade sanitária local se a carga de trabalho total for inferior a 4 mA.min/semana. Se este parâmetro for superior a 30 mA.min/semana, o operador deverá manter-se atrás de uma barreira protetora com espessura mínima de 0,5 mm equivalente de chumbo. As instalações devem possuir uma cópia da norma e para cada equipamento instalado deve haver pelo menos um avental plumbífero.

A dose efetiva média anual para profissionais que operam equipamentos de raios X não deve exceder 20 mSv em 5 anos, não excedendo 50 mSv em nenhum ano.

A Portaria normatiza que os equipamentos de raios X odontológicos intraorais devem atender os seguintes requisitos:

- Tensão do tubo preferencialmente superior a 60 kVp, mas é aceitável tensão não inferior a 50 kVp com tolerância de 3 kVp;
- O indicador de tensão deve apresentar diferença entre o valor indicado pelo fabricante e o valor medido no intervalo máximo de $\pm 10\%$;
- Filtração total: os equipamentos com tensão menor ou igual a 70 kVp devem possuir filtração total equivalente a 1,5 mm de alumínio, equipamentos com tensão superior a 70 kVp devem possuir filtração total equivalente a 2,5 mm de alumínio;
- Dose de entrada na pele para exames odontológicos deve ser inferior ao nível de referência (3,5 mGy);
- Diâmetro do campo de colimação não deve ser maior que 6 cm na extremidade de saída do localizador. Diâmetros menores com 5 ou 4 cm podem ser usados caso haja um sistema de alinhamento e posicionamento dos filmes;
- Todo equipamento deve dispor de localizador de extremidade para garantir a distância foco-pele necessária. Para tensão até 60 kVp - mínimo 18 cm, para tensão entre 60 e 70 kVp - mínimo 20 cm e o localizador deve medir no mínimo 24 cm em equipamentos com tensão superior a 70 kVp;

- O sistema de controle do tempo de exposição deve ser eletrônico e não permitir exposição superior a 5 segundos, sendo que o tempo de exposição usado para realizar o exame deve ser o menor possível;
- As exposições devem ser reprodutíveis de modo que o desvio máximo entre o valor indicado pelo fabricante e o medido em cada faixa de tempo de exposição seja menor ou igual a 10%;
- O dispositivo disparador de raios X do equipamento deve proporcionar que o operador fique a distância mínima de 2 metros da fonte de raios X e do paciente;
- Durante a exposição o equipamento deve emitir sinal sonoro e luminoso e
- O dispositivo tipo automático (retardo) para acionamento do feixe de raios X é proibido. O sistema de disparo deve ser do tipo “*DEAD MAN*”, ou seja, deve ser possível interromper a exposição a qualquer momento.

2.7.2 Resolução do Conselho Federal de Odontologia nº 102/2010

Devido a alguns casos de auditorias de planos de saúde exigir radiografias para comprovar a realização de procedimentos odontológicos, o Conselho Federal de Odontologia (CFO) criou em 2010 a Resolução 102/2010. Essa resolução veda o uso indiscriminado de raios X com finalidade exclusivamente administrativa em substituição à perícia/auditoria e aos serviços odontológicos.

2.7.3 Resolução da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná - (SESA)

No início do ano de 2014 a SESA aprovou requisitos de boas práticas para instalação e funcionamento de Estabelecimentos de Odontologia (EO). Essa resolução tem os mesmos objetivos da Resolução SESA nº 442/2012 e visa criar um roteiro de inspeção de estabelecimentos de assistência odontológica no Estado do

Paraná. A resolução anterior previa a fiscalização de equipamentos instalados em unidades móveis. A resolução atual prevê a fiscalização de equipamentos intraorais instalados em todos os locais que desenvolvem serviços de saúde em odontologia. O roteiro de inspeção contempla as exigências de Portaria nº 453/1998.

2.7.4 Protocolo Espanhol - 2011

O protocolo espanhol de controle de qualidade foi publicado em 1996 e foi revisado em 2002 e 2011. Este protocolo tem como objetivo padronizar testes de controle de qualidade em equipamentos radiológicos e estabelecer critérios para o uso dos equipamentos, obtenção de imagens com qualidade e menor exposição dos pacientes e profissionais à radiação. O protocolo estabelece parâmetros de aceitação para o bom funcionamento dos equipamentos intraorais, tais como:

- Colimador retangular como forma de diminuir a dose no paciente;
- Tamanho do campo de radiação na extremidade do localizador menor ou igual a 6 cm;
- Distância foco-pele mínima de 20 cm;
- Desvio da exatidão da tensão deve ser menor ou igual a $\pm 10\%$;
- Desvio da reprodutibilidade da tensão deve ser menor que 10%;
- Tensão nominal mínima para equipamentos que operam com alta frequência deve ser maior ou igual a 60 kVp;
- Equipamentos monofásicos devem operar com tensão nominal mínima maior ou igual a 65 kVp;
- Equipamentos com tensão nominal menor ou igual a 70 kVp devem ter filtração total maior ou igual a 1,5 mm de alumínio e maior ou igual a 2,5 mm para equipamentos com tensão nominal maior que 70 kVp;
- Exatidão do tempo de exposição para equipamentos monofásicos com desvio menor ou igual a $\pm 20\%$, considerando para tempos superiores a 0,1 s e para equipamentos de alta frequência o desvio da exatidão deve ser menor ou igual a $\pm 10\%$;

- Desvio da reprodutibilidade do tempo de exposição deve ser menor ou igual a 10%;
- A DEP para realização da radiografia de um dente molar superior para paciente adulto deve ser inferior a 4 mGy e
- O timer do tipo mecânico é proibido.

2.7.5 European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology – The Safe Use of Radiographs in Dental Practice, Issue n° 136 - 2004

Trata-se de um guia prático para odontólogos e auxiliares com diretrizes europeias sobre radioproteção em radiologia odontológica publicado em 2004 pela *European Commission*. De acordo com o guia toda exposição aos raios X resulta em riscos para os pacientes, em circunstâncias normais a radiologia odontológica representa um risco baixo, entretanto, é essencial que o exame resulte em benefício direto ao indivíduo exposto. Nenhuma radiografia deve ser realizada antes do exame clínico e deve-se procurar métodos alternativos que não utilizem radiação ionizante. Não devem ser realizados exames de rotina, essa prática é considerada como inaceitável. Recomenda-se:

- Posição do operador no mínimo a 2 metros da fonte de radiação de modo que possibilite a visão clara do paciente no momento da exposição;
- As instalações devem ser avaliadas em termos de radioproteção e que os equipamentos recebam avaliações de aceitação e testes de rotina para que suas características sejam mantidas;
- O guia recomenda que os equipamentos atuem com tensão entre 65 e 70 kVp, com filtração em alumínio;
- Utilização de posicionador, colimador retangular e localizador com o mínimo de 20 cm e
- Dose de entrada na pele recomendada inferior a 4 mGy na extremidade do localizador.

2.7.6 National Radiological Protection Board, Guidance Notes for Dental Practitioners on the Safe Use of X- Ray Equipment - 2001

É um guia de uso seguro de equipamentos de radiologia odontológica para odontólogos. De acordo com esse manual o equipamento só pode ser considerado seguro em relação à radioproteção se estiver em boas condições mecânicas e elétricas. Os equipamentos de radiologia devem passar por avaliação de controle de qualidade no momento da instalação e aceitação, ou seja, após ser montado por pessoal capacitado e periodicamente em intervalo de tempo de no máximo 3 anos, sendo recomendado que seja feita avaliação de controle de qualidade anualmente.

Parâmetros a serem avaliados:

- O equipamento deve emitir sinal luminoso e sonoro;
- Filtração de 1,5 mm de Al para equipamentos com tensão até 70 kVp e filtração de 2,5 mm Al para equipamentos com tensão superior a 70 kVp;
- Os equipamentos devem operar com no mínimo 50 kVp, porém esses equipamentos devem ser tirados de uso assim que possível. Equipamentos que operam com menos de 50 kVp devem ser retirados de uso imediatamente. O recomendado é que novos equipamentos operem com tensão entre 60 e 70 kVp;
- Aceitável variação de $\pm 10\%$ da tensão nominal e
- É recomendado o uso de colimador retangular de 40 por 50 mm em conjunto com o uso de posicionador de filmes, sendo que colimadores circulares devem proporcionar campo de irradiação de no máximo 60 mm.

2.8 PROJETO DO INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA (IRD)

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), através do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) criou o programa de monitoramento dos

parâmetros de funcionamento dos aparelhos de raios X odontológicos e da dose de entrada na pele dos pacientes por meio de um *kit* postal desenvolvido pelo IRD. As verificações são realizadas por meio dos *kits* postais desde 1981. Segundo o manual do IRD/CNEN, Avaliação Postal de Consultórios Odontológicos com Raios X Intrabucal – Procedimentos Técnicos, o *kit* é uma caixa de polietileno de alto impacto, preta, opaca, medindo 8,5 x 12,0 x 1,0 cm contendo uma bandeja interna removível. A face superior da caixa apresenta um círculo preto central e a indicação do local de posicionamento do localizador para a exposição. A face inferior exibe o símbolo do IRD e algumas instruções sobre a maneira correta de fazer a irradiação.

Internamente a face superior da bandeja contém duas cavidades circulares onde é acoplado um par de dosímetros termoluminescentes. O mesmo ocorre com a superfície inferior onde as cavidades são posicionadas transversalmente em relação às cavidades da superfície superior. A Figura 22 demonstra as faces internas e externas dos *kits*, é possível observar as recomendações para a exposição nas faces externas e as cavidades para acoplamento dos dosímetros termoluminescentes nas faces internas.



Figura 22 – (A) Face superior do kit postal e (B) face inferior do kit postal

No meio da bandeja, entre as cavidades, há um filtro de alumínio com 3,5 cm de diâmetro e 3,0 mm de espessura. A superfície superior da bandeja contém uma área para a inserção do filme não envelopado. Cada *kit* é acompanhado por instruções de como irradiá-lo e por três fichas de dados com a finalidade de coletar informações relevantes sobre o aparelho, procedimentos de trabalho e a técnica radiográfica utilizada durante a realização dos exames. As instruções de uso dos *kits* estão no ANEXO A e as fichas para aquisição dos dados no ANEXO B.

2.8.1 Montagem e identificação do *Kit* Postal no IRD

Segundo o manual do IRD/CNEN, Avaliação Postal de Consultórios Odontológicos com Raios X Intrabucal – Procedimentos Técnicos, a montagem dos *kits* inicia com sua limpeza externa com pano e álcool para apagar os registros de identificação da instituição que utilizou e do grupo de TLDs. Dois dosímetros denominados A e B são posicionados nos orifícios apropriados da superfície superior da bandeja interna do *kit*. Os dosímetros devem ser fixados com fita adesiva transparente, devendo a região de contato com os TLDs ser previamente coberta com etiqueta, evitando que a face adesiva entre em contato com os dosímetros. Posteriormente, os TLDs C e D devem ser fixados da mesma forma, na face inferior da bandeja interna do *kit*. O número do grupo de TLDs selecionado deve ser escrito na face externa inferior do *kit*, utilizando caneta de retroprojeter.

O *kit* deverá ser levado para uma câmara escura, onde um filme não envelopado deverá ser colocado sobre a superfície inferior da bandeja interna do *kit*. Ainda na câmara escura o *kit* deverá ser fechado e então enviado postalmente para a instituição solicitante.

Após a irradiação e retorno do *kit* ao IRD, o mesmo é aberto na câmara escura através de uma chave apropriada. O filme no seu interior é identificado e revelado. No laboratório, os TLDs são retirados do interior do *kit*, ordenados e enviados para leitura. A ficha de dados correspondente deverá ser arquivada para posterior complementação, análise e processamento dos dados. Os resultados do processamento dos dados são enviados para os responsáveis pelos equipamentos por meio de um relatório de controle de qualidade fornecido pelo IRD/CNEN.

2.9 AVALIAÇÃO DA RADIOPROTEÇÃO EM ODONTOLOGIA – REVISÃO DE ARTIGOS RELACIONADOS COM A PESQUISA

Daniel (1999) avaliou 932 equipamentos de raios X odontológicos localizados em Ribeirão Preto, Presidente Prudente, Bauru e região. As avaliações foram realizadas com *kits* dosimétricos para odontologia. Os resultados mostram que

a marca mais representativa da amostra foi a Dabi Atlante, 49,5% dos equipamentos operavam com tensão nominal de 50 kVp, a avaliação da tensão medida identificou que 0,5% das medidas estavam abaixo de 47 kVp, 45,5% dos equipamentos operavam com tamanho de campo superior a 6 cm, 98% dos equipamentos mostraram-se reprodutíveis em relação ao tempo de exposição, 60,5% apresentaram exatidão do tempo de exposição em conformidade, 24,3% das exposições medidas resultaram em dose de entrada na pele do paciente acima do nível de referência estipulado pela Portaria nº 453/1998.

Mezadri em 2000 realizou em estudo sobre as condições de uso e de funcionamento de 70 equipamentos de raios X intraorais na cidade de Itajaí – SC. O objetivo do estudo foi verificar se os profissionais seguiam as normas preconizadas e se os equipamentos estavam funcionando dentro dos padrões recomendados pelas normas regulamentadoras. Foram analisadas a tensão nominal da rede elétrica, reprodutibilidade e exatidão do tempo de exposição, tensão de pico, reprodutibilidade da taxa de Kerma no ar, linearidade da taxa de Kerma com o tempo de exposição, diâmetro e alinhamento do campo de radiação, determinação do tempo de exposição com escala de densidade, tipo e comprimento do localizador e padrão de imagem radiográfica. Os resultados das avaliações demonstraram que a variação da tensão da rede elétrica foi inferior a 10% em todas as medidas, a tensão medida foi inferior à tensão nominal dos equipamentos, em média 70% dos equipamentos não atenderam aos requisitos de exatidão do tempo de exposição, principalmente nos tempos mais baixos, 45,7% dos equipamentos não atenderam aos requisitos de tamanho de campo de radiação, 14,3% dos pesquisados utilizaram localizador do tipo cônico fechado, 49,7% dos localizadores não possuíam o comprimento mínimo exigido. A marca Dabi Atlante correspondeu a 51,5% da amostra, seguida pela Gnatus com 14,3%, 5,7% dos equipamentos funcionavam com temporizador do tipo mecânico, 1,7% da amostra apresentou tensão medida inferior a 50 kVp. Quanto ao processamento químico das imagens foi constatado que 78,6% dos profissionais não seguiam as recomendações. O pesquisador concluiu que os procedimentos de trabalho dos profissionais e os equipamentos avaliados não atenderam aos padrões de aceitação preconizados pela Portaria nº 453/98.

Yacovenco em 2001, com o objetivo de identificar os erros radiográficos mais comuns na prática odontológica, realizou um estudo em 5000 consultórios

odontológicos no estado de São Paulo. Cada consultório representou 1 equipamento intraoral e 1 odontólogo. Os dados foram coletados através de um questionário e da avaliação da dose de entrada na pele do paciente, tempo de exposição, colimador, localizador, estabilidade do cabeçote e sistema de processamento de imagens. Em 3,4% das medidas foram identificadas medidas de DEP inferiores a 1 mGy, 39,1% das medidas foram entre 1 e 3,5 mGy, 40,2% mediram entre 3,5 e 7 mGy e 17,3% mediram acima de 7 mGy. Em relação à avaliação da tensão foi identificado que apenas 12,3% da amostra atendeu aos parâmetros de desempenho exigido pela norma. Quanto à filtração total, 42,6% dos equipamentos apresentaram filtração inferior ao mínimo exigido. A avaliação do tempo de exposição demonstrou que 58,6% dos equipamentos apresentaram exatidão superior aos 10% exigidos pela norma, 28,6% dos equipamentos operam com temporizadores mecânicos, 58,1% dos odontólogos utilizavam tempos de exposição médios entre 0,8 e 1,5 s para realizar as radiografias, 22,7% utilizavam tempos acima de 1,5 s. O principal fator para a utilização de altos tempos de exposição foi a pressa no processamento das imagens. A maioria dos odontólogos utilizou o método visual de processamento das imagens. O tamanho do campo de radiação avaliado foi superior a 6 cm em 58,2% dos equipamentos, 62,7% dos equipamentos possuíam localizador curto com menos de 15 cm e 27,6% possuíam localizador cônico fechado. Apenas 34,5% dos odontólogos utilizavam posicionador de filmes radiográficos, em relação a avaliação da estabilidade dos equipamentos, 33,6% apresentaram falhas. O autor concluiu que falta atualização para os odontólogos compreenderem os riscos associados à exposição à radiografias intraorais e a importância da qualidade da imagem radiográfica. É fundamental a exigência do programa de controle de garantia de qualidade com a realização dos testes periódicos de controle de qualidade e cursos de atualização e aperfeiçoamento para os profissionais envolvidos.

Barbosa *et al.* (2001) pesquisaram 100 odontólogos com o objetivo de avaliar quais requisitos da Portaria nº 453/1998 MS estavam sendo atendidos nos consultórios odontológicos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná e quais as dúvidas e dificuldades mais frequentes dos odontólogos. Além do estudo através de formulários, os autores desenvolveram um programa aplicativo baseado na Portaria nº 453/1998 MS para que os odontólogos registrassem informações sobre os equipamentos, pacientes e profissionais para avaliar os requisitos da norma. Os autores identificaram que a maioria dos odontólogos utilizavam aventais plumbíferos

para proteção dos pacientes, porém, 58% não possuíam protetor de tireoide, 3% não tinham vestimentas de radioproteção, 64% utilizavam posicionadores, 60% utilizavam o método visual para processamento químico das imagens radiográficas, 60% disseram não conhecer a Portaria nº 453 e não sabem como obtê-la. O aplicativo criado pelos autores possibilitou um diagnóstico das condições de radioproteção dos consultórios odontológicos através da resposta de um questionário. Além do diagnóstico, o aplicativo contém os valores de referência para os testes de controle de qualidade dos equipamentos radiográficos.

Gurgacz *et al.*, (2004) avaliaram a utilização da radiação ionizante em consultórios odontológicos na cidade de Cascavel - PR em 2002. Os pesquisadores implantaram um programa de garantia da qualidade (PGQ) em 8 consultórios odontológicos e 8 equipamentos de raios X intraorais. O PGQ consistiu de treinamento para os odontólogos e seus auxiliares por meio de palestras e diálogos abertos, distribuição de um manual de radioproteção e realização de testes de controle de qualidade dos equipamentos intraorais. O resultado da avaliação dos equipamentos indicou que 87,5% possuíam localizador conforme, 50% dos localizadores tinha o comprimento considerado conforme, o tamanho de campo foi considerado conforme em 75%, a exatidão da tensão estava conforme em 37,5%, a DEP foi considerada conforme em 50%, e o tempo de exposição foi considerado conforme em 42,8% dos equipamentos avaliados. O trabalho indicou que após as palestras e atualização dos odontólogos estava havendo maior conscientização e mudança de procedimentos dos profissionais com relação à radioproteção.

A pesquisa realizada por Almeida (2005) no Estado do Rio de Janeiro no início da década de 90 com 1528 odontólogos avaliou o conhecimento e a aplicação dos critérios estabelecidos pela Portaria nº 453/1998 MS através de um questionário. Do total da amostra, 92,4% dos odontólogos conheciam a norma, 31,2% dos profissionais já fizeram treinamento em radioproteção, o uso de avental plumbífero foi observado em 94,6%, protetores de tireoide em 76,4% dos consultórios odontológicos, em 58,6% dos casos os odontólogos usavam posicionadores, 62,5% observavam o paciente durante a exposição, 56,7% dos equipamentos avaliados possuíam disparador *dead man*. No Rio de Janeiro as câmaras portáteis foram utilizadas em 95,9% dos consultórios, em 43% dos casos as câmaras impediam totalmente a entrada de luz e apenas 23,7% dos odontólogos processavam as imagens com o método de tempo e temperatura. Após a publicação da Portaria nº

453/98 MS o índice de dose de entrada na pele acima do necessário reduziu de 90% para 33%. Um dos principais fatores para a redução da DEP foi o aumento do tamanho do localizador e conseqüentemente o aumento da distância foco-pele. Ficou constatado que a fiscalização é um instrumento importante para redução da dose da população. O autor concluiu que é necessário maior divulgação da radioproteção em odontologia e que existe falta de interesse dos odontólogos em relação ao tema. O fator diretamente ligado às altas doses de exposição de pacientes em odontologia foi o processamento químico inadequado das imagens.

Gijbels *et al.* (2005) realizou uma pesquisa com o objetivo de avaliar o uso de equipamentos para processamento digital de imagens em consultórios odontológicos na Bélgica. Os autores identificaram que 30% dos consultórios possuíam equipamentos digitais. Esse método reduz o tempo de exposição em 50%. Quanto à proteção dos profissionais foi identificado que 25% se protegiam atrás de parede de alvenaria, 8% ficavam ao lado do paciente para ajudar no posicionamento do filme intraoral.

Silva (2005) realizou um estudo com 165 odontólogos em exercício profissional no município de Marília – SP. Os odontólogos que concordaram em participar do estudo foram entrevistados por meio de um questionário. Quanto aos meios de radioproteção empregados, 89% dos equipamentos de raios X apresentavam sistema de disparo tipo automático (retardo), 96% encontravam-se situados no local de atendimento clínico, o profissional utilizava como meio de proteção uma distância média da fonte de raios X de 3,17 m, o meio de proteção utilizado para o paciente foi predominantemente o uso do avental de chumbo. O pesquisador identificou a necessidade de conscientização dos odontólogos quanto à necessidade de conhecimento sobre radioproteção por meio da implantação de campanhas e cursos de educação continuada. Essas medidas poderiam esclarecer os profissionais quanto aos riscos associados ao uso de raios X.

Stavrianou *et al.* (2005), realizaram um estudo na Grécia abrangendo 50 equipamentos intraorais de instalações públicas e privadas. A pesquisa foi realizada em duas fases, a primeira em 1996 e a segunda em 2003. Foram realizadas inspeções nos locais, avaliação dos equipamentos e foi aplicado um questionário para os odontólogos. Os pesquisadores concluíram que o índice de não conformidade da exatidão do tempo de exposição reduziu devido a substituição dos temporizadores mecânicos por eletrônicos, o número de avaliações de dose de

entrada na pele superior ao nível de referência (7mGy) reduziu de 11 equipamentos em 1996 para 2 em 2002.

Bonzoumet (2006) avaliou a dose absorvida pela tireoide e pelo cristalino dos pacientes durante o exame periapical completo em dois serviços do Rio de Janeiro. Os dados foram coletados através de um questionário e da avaliação de dosímetros expostos em 3 equipamentos intraorais da marca Dabi Atlante. Em cada equipamento foram feitos 10 exames. No momento da realização das exposições foram utilizados 3 dosímetros em cada paciente, 1 na região de cada cristalino e um na região da tireoide. Além das medidas em pacientes foram realizadas medidas em um fantoma. Em todos os exames foi utilizado avental plumbífero para proteção do paciente, porém, 97% dos exames foram realizados sem protetor de tireoide. Quanto ao localizador, todos mediram 18 cm e atenderam as exigências da norma. Foi observado que nos exames onde a técnica foi aplicada corretamente com uso de posicionador a exposição apresentou valores de dose 75% menores em comparação com o posicionamento sem o uso de posicionador. Um dos equipamentos apresentou colimação com tamanho de campo superior ao recomendado, esse fator foi responsável pelas DEP's mais altas observadas no referido equipamento. O uso de protetor de tireoide mostrou-se muito importante, os pacientes que realizaram os exames com o EPI não absorveram dose na tireoide.

Em 2008, Melo *et al.* realizaram uma pesquisa cujo objetivo foi verificar a situação dos consultórios odontológicos quanto às especificações técnicas preconizadas e as medidas de proteção adotadas. Os dados foram coletados por meio de um questionário com itens sobre equipamentos, técnicas e proteção radiológica. O universo foi composto pelos odontólogos do município de Aracaju - SE, que executavam o exame radiográfico como rotina, sendo a amostra final de 103 profissionais. Dentre os resultados encontrados, destacaram-se o alto índice de 64,1% profissionais que desconhecem as normas atuais e as especificações técnicas de seus equipamentos, 51,5% desconhecem a tensão de funcionamento e 57,3% a miliamperagem, 67% utilizaram o método visual de revelação. As respostas dos odontólogos que conheciam as especificações técnicas dos equipamentos demonstraram que 34% dos equipamentos intraorais funcionavam com tensão nominal superior a 60 kVp. Quanto aos equipamentos foi observado que 10,7% possuíam localizador cônico, 18,4% possuíam temporizador mecânico, 44,7% dos odontólogos utilizavam o sistema de disparo com retardo. Em relação à proteção

dos odontólogos 27,2% disseram sair da sala de exames no momento da exposição, 32% utilizavam avental plumbífero, 33% utilizavam a distância como método de proteção e apenas 8,7% faziam uso de monitorização individual. Como condutas positivas, 62,1% dos pesquisados faziam uso da técnica do paralelismo com cilindro localizador e 98,1% utilizavam avental plumbífero no paciente e 70% disseram fornecer protetor de tireoide. Com isso, concluiu-se que apesar de uma minoria conhecer as Diretrizes de Proteção, algumas medidas estavam sendo corretamente adotadas, todavia, uma melhor conscientização se fazia necessária.

Em 2009, Navarro realizou uma pesquisa com o objetivo de mapear as condições de funcionamento e radioproteção dos aparelhos de raios X em consultórios odontológicos nas cidades de Palmas e Gurupi no estado do Tocantins. Os dados foram coletados por meio de testes de controle de qualidade de 100 equipamentos radiográficos intraorais e da aplicação de um questionário sobre padrão de imagem, processamento das imagens e radioproteção. Os resultados demonstraram que 88% dos consultórios odontológicos possuíam aventais plumbíferos, 38% possuíam protetor de tireoide, 46% dos odontólogos se protegiam ficando distante da fonte, 32% ficavam atrás de paredes de alvenaria e 22% adotavam o posicionamento de segurança. O tempo de exposição médio utilizado pelos odontólogos foi 0,9 s, o método visual de processamento das imagens foi utilizado por 51% dos odontólogos. Quanto à avaliação da tensão, foi identificado que existe diferença entre o valor nominal e o valor medido, os equipamentos com tensão nominal de 50 kVp apresentaram os piores resultados em comparação com equipamentos de 60 e 70 kVp, a DEP média medida foi de 1,68 mGy. O autor concluiu que os equipamentos radiográficos precisavam de calibração, os odontólogos avaliados não conheciam tecnicamente os quesitos necessários para a prática da radiologia em consultórios odontológicos e que esse fator influenciava diretamente na exposição desnecessária dos pacientes a radiação.

Santos *et al.* (2010) realizaram um estudo sobre as normas de radioproteção e o uso de equipamentos de proteção individual na concepção dos cirurgiões dentistas. De acordo com os autores, mesmo sabendo da existência das normas de radioproteção a maioria dos odontólogos não demonstrou interesse em maiores esclarecimentos. Os autores concluíram que os odontólogos não possuíam conhecimento necessário sobre as normas de radioproteção e uso de EPI's, devido a esse fator a implementação de um programa de educação continuada poderia

solucionar problemas crônicos de falhas na radioproteção em consultórios odontológicos.

Em 2010, Neves *et al.*, realizaram uma pesquisa em consultórios odontológicos na cidade de São José do Rio Preto – SP sobre conhecimento e atitudes dos profissionais sobre radioproteção. Utilizaram na amostra 150 consultórios odontológicos e aplicaram um questionário aos odontólogos. Foi observado que 26% dos entrevistados não conheciam a norma, 23% não avaliavam radiografias existentes do paciente, 21% não usavam vestimenta plumbífera nos pacientes, 49% não usavam posicionadores de filmes, 58% ainda utilizavam processamento visual, 93% utilizavam filme E ou F, entretanto a média de tempo de exposição foi 0,5 segundo, 14% dos equipamentos possuíam cilindro localizador e 83% seletor de tempo manual, 17% dos dentistas não se protegiam durante a exposição do paciente e 64% ainda utilizavam disparador com retardo. Concluíram que há falta de conhecimento sobre radioproteção, um programa educacional em radiologia pode produzir mudanças nas atitudes dos profissionais em relação ao uso da radiação ionizante.

Em 2010, Silva avaliou as condições de radioproteção em radiologia odontológica na Vila do Conde em Portugal. Foram inspecionadas 43 clínicas odontológicas através de uma ficha para aquisição de dados. Foi constatado que nenhuma clínica havia sido inspecionada anteriormente pela agência reguladora e não possuíam programa de controle de qualidade dos equipamentos radiográficos. Métodos para redução de dose de exposição dos pacientes como o uso de colimador retangular, uso de posicionador, processamento de imagens através do método de tempo e temperatura e uso de vestimentas de radioproteção não são usualmente adotados pelos odontólogos. Apenas 1,8% dos odontólogos da amostra faziam uso de dosímetros individuais. Foi constatado que em 60% das clínicas havia aventais plumbíferos, 11,6% possuíam protetor de tireoide. A marca Trophy representou 44,9% dos equipamentos avaliados, a segunda marca mais encontrada foi a Satelec com 12,2% da amostra, 75% dos equipamentos foram fabricados a menos de 15 anos, apenas 6,1% dos equipamentos não possuíam data de fabricação, 89,8% dos equipamentos possuíam tensão fixa, 71,4% dos equipamentos operavam com tensão nominal de 70 kVp, 22,4% operavam com tensão entre 60 e 66 kVp e 6,1% operavam com tensão nominal de 50 kVp. Todos os equipamentos da amostra operavam com filtração total superior a 2 mm Al, todos

os equipamentos possuíam cilindro localizador com tamanho variando entre 11 e 31 cm, porém, apenas 1 equipamento (2%) possuía cilindro localizador menor do que 20 cm, 4,2% dos localizadores eram cônicos fechados, 13,3% dos colimadores não atendiam a norma e proporcionaram tamanho de campo com 7 cm, 6% dos cabos dos disparadores mediram menos de 2 metros. Nenhuma clínica odontológica possuía a sinalização de radioproteção exigida pela norma regulamentadora, 50% das clínicas utilizavam sistema digital para processamento das imagens radiográficas. A pesquisadora concluiu que as condições de segurança e radioproteção e o cumprimento da legislação não foram satisfatórios, podendo ser justificado pela falta de fiscalização e complexidade das normas, bem como pelo desinteresse e falta de formação dos profissionais. A organização de campanhas educativas sobre as normas de radioproteção poderiam contribuir para a atualização dos odontólogos.

Belinato e Souza (2011) avaliaram 22 serviços públicos de saúde no estado de Sergipe que possuíam equipamentos intraorais. Os equipamentos foram avaliados em relação à tensão, tempo de exposição e qualidade de imagem. Os pesquisadores concluíram que os tempos de exposição foram mais preciso em equipamentos com temporizador eletrônico, em relação à tensão 95,5% dos equipamentos apresentaram desvio superior a 10%, as doses de entrada na pele foram superiores ao valor de referência quando foi usado tempo de exposição superior a 0,7 s em 39% dos equipamentos de 70 kVp e que o processamento pelo método visual reduz a qualidade diagnóstica das radiografias.

Alcaraz *et al.*(2012) avaliaram a dose de entrada na pele de pacientes expostos a radiografias intraorais. De acordo com os pesquisadores 83,4% dos odontólogos utilizaram doses de entrada na pele inferiores ao valor de referência recomendado pela União Européia de 4,0 mGy. As instalações que utilizaram sistema digital de processamento apresentaram doses acima do valor de referência em 1,2% das avaliações, enquanto que instalações que utilizam sistema de aquisição de imagens por meio de filmes apresentaram 14,2% de doses de entrada na pele acima do valor de referência.

Gallagher *et al.* (2012) realizaram avaliação de controle de qualidade em 187 equipamentos intraorais na Irlanda. Os autores concluíram que todos os equipamentos intraorais operavam com desvio da tensão inferior a 10%, a filtração

total foi considerada como conforme em todos os equipamentos, porém foram identificadas não conformidades em relação à exatidão do tempo de exposição.

Em 2012, Mesquita Filho *et al.* pesquisaram sobre o uso inadequado das radiações ionizantes, tendo como objetivo avaliar conhecimentos e procedimentos de radioproteção em consultórios odontológicos utilizando um enfoque bioético. Foram entrevistados 90 odontólogos que efetuavam procedimentos radiológicos em consultórios de Pouso Alegre - MG. Um questionário de perguntas objetivas, pré-testado, foi respondido pelos odontólogos. Em seus resultados a totalidade dos consultórios se situava em imóveis construídos para outras finalidades, sendo que apenas 15,7% tinham algum tipo de radioproteção nas paredes. Informações sobre o tempo de uso do aparelho radiográfico foram fornecidas por 22,5% e 44,9% consideravam-no bom ou ótimo. Os procedimentos eram intraorais em 89,9%, localizadores cilíndricos eram utilizados por 69,7% e localizadores cônicos em 13,5% dos equipamentos. O uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) teve ênfase na utilização de aventais plumbíferos que era utilizado por 90% da amostra, o protetor de tireoide era utilizado por 56% dos profissionais. A vigilância sanitária tinha visitado 78,7% dos estabelecimentos. O controle da exposição às radiações com a utilização de dosímetro foi negado por 83,1%. A proporção dos que desconheciam a Portaria n° 453/98 foi alta e esta não foi influenciada pelo tempo de formatura ou pela visita da fiscalização. Apenas 24,4% eram os que a colocavam em prática. Os resultados encontrados pelos autores indicaram um possível descompromisso ético dos profissionais e do Poder Público com a questão da radioproteção em Odontologia.

Oliveira *et al.* em 2012, avaliaram as atitudes de odontólogos em 31 consultórios odontológicos acerca dos aspectos de radioproteção na cidade de Patos - PB de acordo com a legislação sanitária brasileira. Foi utilizada uma abordagem indutiva com procedimento descritivo e técnica de pesquisa por documentação direta em campo. Foram incluídos na pesquisa os consultórios odontológicos da cidade que dispunham de aparelhos de raios X intraoral. Observou-se, entre outros, a presença de seletor de tempo manual em 38,7% dos equipamentos, botão retardo em 35,5%, ausência de sinalização referente à radiação ionizante em 93,6% das salas de raios X, em 96,7% dos equipamentos os cabos disparadores possuíam o comprimento mínimo exigido, 96,8% dos consultórios possuíam avental plumbífero, 87,1% possuíam protetor de tireoide, o

comprimento do cilindro localizador foi considerado conforme em 74,2% dos equipamentos. Quanto à proteção dos profissionais foi identificado que 74,2% dos profissionais se protegiam da radiação posicionando-se atrás de uma parede, 25,8% se afastavam o máximo possível. Foi identificado que 96,8% dos odontólogos utilizavam o processamento químico através do método visual, o descarte das soluções de processamento e lâminas de chumbo era inadequado, câmaras escuras em condições inadequadas de processamento comprovado pelo teste da moeda com 48,4% de reprovação. De acordo com a metodologia utilizada e os resultados obtidos, foi observado que alguns aspectos de radioproteção estavam em desacordo com a legislação sanitária do Brasil nos consultórios odontológicos de Patos - PB. Assim, constatou-se que alguns profissionais desconheciam as normas de radioproteção vigentes na legislação, as quais poderiam minimizar os riscos inerentes da exposição à radiação.

Andrade *et al.* (2012), verificaram se os equipamentos de radiologia em consultórios odontológicos estão cumprindo as diretrizes de radioproteção estabelecidas na Portaria nº 453/1998 MS, na cidade de Teresina - PI. Avaliou-se por meio de formulários uma amostra de 66 consultórios odontológicos e 4 clínicas de radiologia odontológica. Nos resultados, dos 70 aparelhos radiográficos intraorais avaliados, a maioria era da marca Dabi Atlante e o modelo mais encontrado foi Spectro 70X. A tensão do tubo estava de acordo com a norma em 78,6% dos aparelhos, a intensidade de corrente dos aparelhos variou de 7 a 15 mA, 60% dos aparelhos possuíam filtração total adequada e 58,6% a distância foco-pele ideal. A maioria dos localizadores encontrados eram cilíndricos e revestidos de chumbo. Os autores concluíram que os aparelhos de raios X intraorais não estavam em total concordância com a norma, sendo à distância foco-pele, tipo de sistema eletrônico, tipo de localizador, revestimento de chumbo e o diâmetro de campo de radiação os itens que mais se apresentaram em desacordo com a norma.

Gomes *et al.* em 2012, avaliaram o conhecimento dos usuários da Faculdade de Odontologia da UFJF em relação à radioproteção. Participaram deste estudo 100 pacientes encaminhados à clínica de Radiologia. Todos os pacientes que concordaram em participar da pesquisa responderam um questionário sobre seu conhecimento a respeito das medidas de radioproteção. Como resultados, para 61,2%, sempre foi oferecido avental de chumbo. Por outro lado, em relação ao protetor de tireoide, em apenas 24,7% dos participantes este aparato foi utilizado

rotineiramente. Durante a realização de radiografias intraorais, 43,5% relataram que foram utilizados posicionadores para manutenção do filme na cavidade bucal. Do total de pacientes entrevistados, 53% consideraram a radiação X perigosa, e 49% achavam que, durante a exposição, corriam algum risco. Os autores concluíram que apesar de ainda haver negligência em relação aos procedimentos de radioproteção durante a obtenção de radiografias odontológicas, a maioria dos pacientes reconheceram os perigos associados à utilização da radiação X.

Em 2013, Cunha *et al.* publicaram um artigo com o objetivo de avaliar o conhecimento sobre radioproteção dos odontólogos da cidade de Goiânia - GO. Participaram da pesquisa 102 profissionais, de ambos os gêneros, da rede pública e particular, atuantes na cidade de Goiânia - GO. Responderam a um questionário autoaplicável contendo 15 perguntas fechadas a respeito dos métodos de radioproteção preconizados pela portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária (SVS) nº 453/98. Nos resultados verificou-se que entre os odontólogos entrevistados 82,1% utilizavam avental plumbífero associado ao colar de tireoide como medida de radioproteção aos seus pacientes, enquanto 17,8% utilizam apenas o avental plumbífero. Em relação às medidas de autoproteção 51,4% se distanciavam dois metros da fonte de radiação, 14,2% utilizavam o avental plumbífero e 20,3% utilizam o biombo de chumbo ou outra barreira. A maioria dos profissionais, 56,8% desconhecia a Portaria nº 453/98 MS. Com base nos resultados os autores concluíram que, os odontólogos sempre utilizavam alguma medida protetiva para o paciente, mesmo que parcialmente. Sobre as medidas de autoproteção, a maioria demonstrou conhecimentos superficiais sobre radioproteção, utilizando basicamente a distância para sua própria proteção. Adicionalmente, pôde-se observar que grande parte dos odontólogos desconhecia, ou apresentaram conhecimento limitado sobre a norma regulamentadora, resultado este que não tem relação com a experiência profissional e tempo de formado, tendo em vista que a maioria dos entrevistados relatou ter menos de dez anos de formatura.

Duarte *et al.* em 2014 pesquisaram através de um questionário sobre o conhecimento e atitudes de 20 odontólogos da cidade de Recife – PE sobre radioproteção. Constatou-se que 45% dos odontólogos conheciam a norma, apenas 50% possuíam sinalização em seus consultórios e 20% possuíam quadro de orientação sobre radioproteção na sala de exames, 80% utilizavam posicionador de filmes, 90% adotavam filmes rápidos e vestimentas plumbíferas, porém alguns não

faziam uso do protetor de tireoide, 70% acondicionavam as vestimentas em local adequado, 45% utilizavam aparelhos com disparador automático, o que não é permitido pela norma e apenas 20% recebeu algum treinamento sobre as diretrizes de radioproteção. Quanto aos aparelhos de raios X todos possuíam tensão superior a 50 kVp, 25% referiram que os equipamentos funcionavam com 10 mA e os demais não conheciam a respeito. Concluiu-se que profissionais de odontologia, mesmo conhecendo a existência da Portaria nº 453/1998 MS não percebiam a necessidade de aplicá-la. Observou-se, também, pouco conhecimento na correta utilização dos equipamentos de raios X, a necessidade de calibração periódica dos mesmos, ineficiência no cumprimento das normas de radioproteção e utilização inadequada de EPI's. Assim, acredita-se que a implantação de um programa educacional continuado em radiologia e uma maior fiscalização no cumprimento da norma, poderiam influenciar na mudança de atitude dos odontólogos em relação ao uso da radiação ionizante.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados em porcentagem de conformidade das avaliações realizadas pelos pesquisadores.

Tabela 1 - Resultados das medidas de controle de qualidade consideradas como conforme

	DEP	FILTRO	COLIMADOR	TENSÃO	TEMPO	LOCALIZADOR
Andrade (2012)		60%				77,2%
Silva (2010)		100%	87%			98%
Almeida (2005)	67%					
Gurgacz (2004)	50%	100%	75%	37,5%	42,8%	50%
Yacovenco (2001)	42,5%	57,4%		12,3%		
Mezadri (2000)					30%	
Daniel (1999)	75,7%		54,5%		60,5%	

Tabela 2 - Resultados das verificações de controle de qualidade consideradas como conforme

	Avental plumbí- fero	Protetor Tireóide	Uso posicionador	Caixa Portátil revelação	Revelação Visual	Teste Moeda	Conhece Port 453	Possui Port 453
Duarte (2014)			80%				45%	
Cunha (2013)							43,2%	
Mesquita (2012)	90%	56%					67,4%	
Oliveira (2012)	96,8%	87,1%			96,8%	51,6%		
Melo (2008)							35,9%	
Almeida (2005)	94,6%	76,4%	56,8%	95,9%	76,3%	43%	92,4%	39,5%
Barbosa (2001)							40%	

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado por meio de pesquisa de campo, com uma abordagem quantitativa, de caráter descritivo durante o período de setembro de 2013 a dezembro de 2014. O projeto de pesquisa foi avaliado pelo Comitê de Ética de Pesquisa em seres humanos (CEP) da UTFPR e aprovado em 29 de agosto de 2013. Todos os participantes voluntários do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) ou forneceram uma carta de autorização. Participaram do estudo, odontólogos da cidade de Curitiba - PR que atuam com

equipamentos de raios X intraorais em consultórios, clínicas odontológicas, instituições de ensino, hospitais e postos de atendimento municipais.

De acordo com a estimativa realizada pela Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, na cidade de Curitiba existem 3505 equipamentos de raios X intraorais em funcionamento. O documento com a estimativa encontra-se no ANEXO C. Foi realizada uma estimativa devido ao órgão não possuir controle de dados referentes ao tema.

Os equipamentos avaliados estão instalados em 74 instalações distribuídas em 39 bairros da cidade de Curitiba - PR. Entre as instalações estão 21 clínicas, 40 consultórios odontológicos, 1 hospital universitário, 8 unidades municipais de atendimento odontológico e 4 instituições de ensino. A Figura 23 representa o mapa da cidade de Curitiba, na legenda é possível observar o número de equipamentos avaliados em cada bairro.

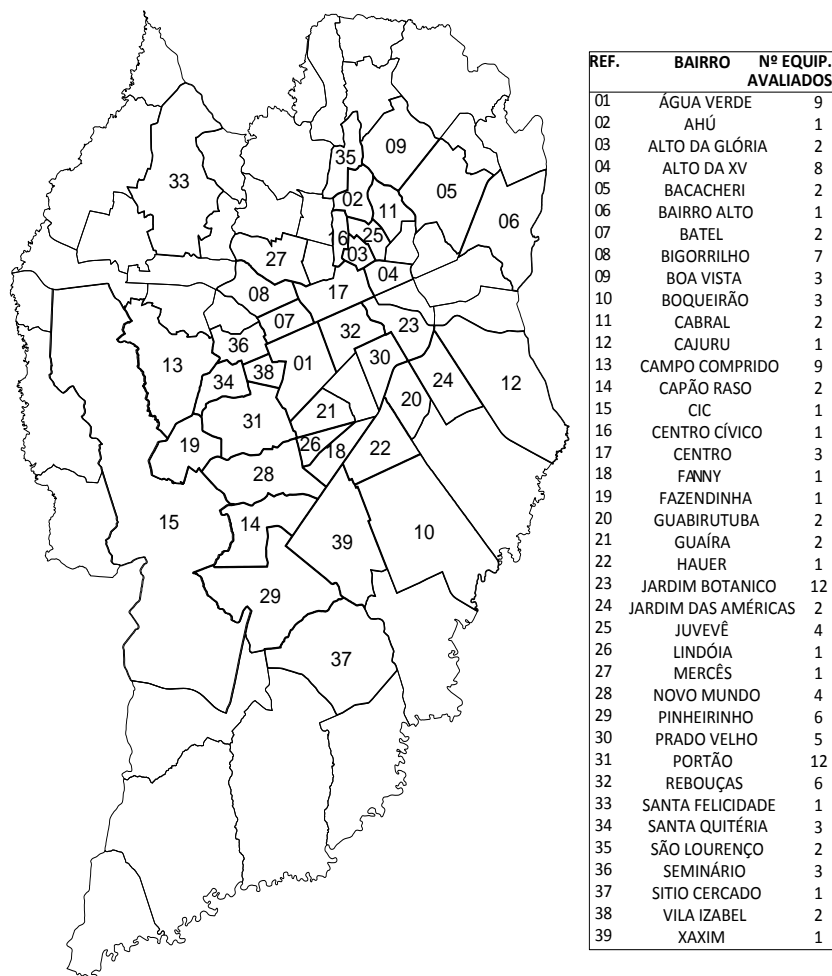


Figura 23 - Mapa com as regiões pesquisadas

A amostra da pesquisa consistiu em 97 odontólogos e 130 equipamentos intraorais. Foram incluídos na amostra os equipamentos de instituições convidadas e indicadas por odontólogos que aceitaram participar da pesquisa. Cada equipamento foi identificado por um número de 1 a 130, seguindo a ordem de avaliação. Os dados foram coletados por meio de formulários preenchidos pelo pesquisador, pelos odontólogos e por meio da avaliação dos equipamentos de raios X através de medidores não invasivos calibrados. Os certificados de calibração dos instrumentos de medida encontram-se no ANEXO D. Além da avaliação dos equipamentos de raios X foram fornecidos dosímetros termoluminescentes (TLDs) para 44 odontólogos aleatoriamente, com o objetivo de verificar a dose ocupacional nos consultórios odontológicos. Foi calculada a carga de trabalho semanal dos consultórios odontológicos e os dados foram usados para avaliar a necessidade de utilização de dosímetros e de barreiras de proteção. O conhecimento sobre as normas de radioproteção, características dos equipamentos, procedimentos de trabalho e processamento das imagens foram obtidos por meio de um questionário contendo 12 perguntas, sendo que 10 destas foram respondidas pelos odontólogos. As respostas possíveis foram sim ou não. As questões de números 4 (O disparador é do tipo *dead man*?) e 7 (A câmara de revelação impede totalmente a entrada de luz?) do questionário foram avaliadas e respondidas pelo pesquisador. A análise estatística dos dados coletados foi realizada com a orientação do Laboratório de Estatística Aplicada da Universidade Federal do Paraná (LEA/UFPR) por meio do programa estatístico Minitab. Com relação à estimativa da proporção de equipamentos conformes foi calculada a margem de erro da amostra (e), conforme a Equação 4.

$$e = z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (4)$$

sendo que:

z : valor de acordo com o nível de confiança adotado,

p : estimativa preliminar da proporção de equipamentos conformes e

n : tamanho da amostra

É usual adotar um nível de confiança de 95% para pesquisa de campo e quando não há informações preliminares sobre a proporção de equipamentos em conformidade, é usual considerar $p = 0,50$. Caso a estimativa seja diferente de 0,50, a margem de erro será menor do que a calculada. Considerando a amostra de $n = 130$ equipamentos, $z = 1,96$ (relacionado ao nível de confiança) a margem de erro foi igual a 8%. Ou seja, com 95% de confiança, a margem de erro para estimar a proporção de equipamentos conformes é, no máximo, de 8% (UFPR, 2013).

3.1 AVALIAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE RAIOS X INTRAORAIS

A avaliação dos equipamentos foi realizada em parceria com o IRD utilizando os *kits* dosimétricos postais. Além dos dados coletados por meio dos kits foi verificada a tensão aplicada nominal e o tempo de exposição nos aparelhos de raios X odontológicos. Para avaliar metrologicamente o indicador de tempo de exposição e da tensão dos equipamentos de raios X foram utilizados métodos não invasivos de medição de mensurando variável. Além da avaliação do desempenho dos equipamentos foram verificadas as suas especificações técnicas de acordo com a Portaria nº 453/98. Com esse conjunto de ações foi possível coletar dados referentes às condições de radioproteção, ao funcionamento e características técnicas dos equipamentos intraorais. Foram considerados como conforme os equipamentos que possuem as características e o desempenho recomendado pela Portaria 453/98 MS em todas as verificações. As avaliações de controle de qualidade realizadas nos equipamentos durante a pesquisa foram:

- Verificação da dose de entrada na pele dos pacientes em exames de radiografia intraoral de um dente molar superior (simulação);
- Cálculo da filtração total dos equipamentos;
- Avaliação do tamanho do campo de radiação;
- Avaliação da exatidão e reprodutibilidade da tensão;
- Avaliação da exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição;
- Medida da distância do foco à extremidade do localizador;

- Medida do comprimento do cabo disparador;
- Verificação do sistema disparador de raios X e
- Verificação do sistema de controle de tempo (temporizador).

3.1.1 Dose de entrada na pele, filtração e tamanho do campo de radiação

A aquisição dos dados utilizados para avaliar a dose de entrada na pele, filtração total e tamanho do campo de radiação foi feita por meio do programa desenvolvido para os *kits* postais do IRD. A coleta dos dados foi conforme o experimento descrito a seguir:

O cabeçote de cada equipamento foi posicionado com a extremidade do localizador virada para cima, para evitar a interação da radiação espalhada com o objeto de teste. O *kit* foi posicionado e fixado com fita adesiva em contato com a extremidade do localizador do equipamento de raios X. A simulação da irradiação de um dente molar superior de um paciente adulto médio foi feita considerando os parâmetros de exposição usados para realizar a radiografia conforme informação dos odontólogos responsáveis pelos equipamentos. Depois de irradiados, os *kits* foram enviados via Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos para o IRD, onde foram analisados. A dose de entrada na pele (DEP) e a filtração total dos equipamentos foram avaliadas considerando a leitura dos TLDs do interior do *kit* postal. A medida do tamanho do campo de radiação dos equipamentos foi realizada por meio do filme colocado no interior do *kit* postal. O limite de dose estipulado pela portaria nº 453/1998 para a radiografia de um dente molar superior de um paciente adulto médio é 3,5 mGy. Doses acima desse valor foram consideradas como não conforme. A portaria nº 453/1998 estipula 1,5 mm equivalente de alumínio como filtração mínima para equipamentos com tensão inferior ou igual a 70 kVp, tensão superior a 70 kVp devem possuir filtração total mínima equivalente a 2,5 mm de alumínio. Foram considerados conforme tamanhos de campo que não excedam 6 cm e com no mínimo 4 cm com uso de sistema de alinhamento.

Os resultados das avaliações dos *kits* postais foram fornecidos pelo IRD/CNEN na forma de relatórios de controle de qualidade individuais Que foram

encaminhados para os odontólogos. A Figura 24 mostra o experimento para aquisição dos dados por meio da irradiação do *kit* postal.



Figura 24 - Irradiação do kit postal

3.1.2 Análise da exatidão e reprodutibilidade da tensão

A aquisição dos dados para avaliar a exatidão, a reprodutibilidade da tensão e o tipo de retificação de onda da tensão foi realizada por meio do medidor de tensão marca *Electronic Control Concepts*, modelo 815, número de série 310. O certificado de calibração do medidor de tensão está disponível no Anexo D. As medidas foram tomadas com distância foco-detector de 40 cm, tempo de exposição mínimo de 0,2 segundos no modo de leitura *High Resolution*, conforme recomendações do fabricante. Em cada equipamento avaliado foi feita uma série de quatro exposições no centro do instrumento de medição. A Figura 25 apresenta o instrumento de medição e o arranjo experimental para a coleta dos dados da tensão.



Figura 25 – Experimento para verificação da tensão

A variação da reprodutibilidade (R%) da tensão foi determinada para cada série de medições por meio da Equação 5, considerando-se o valor de tensão máxima ($kV_{\text{máx}}$) e o valor de tensão mínima ($kV_{\text{mín}}$) entre as leituras.

$$R(\%) = \left(\frac{kV_{\text{máx}} - kV_{\text{mín}}}{\frac{kV_{\text{máx}} + kV_{\text{mín}}}{2}} \right) \times 100 \quad (5)$$

O desvio percentual $D(\%)$ e a variação da exatidão da tensão foram calculados com a média dos valores obtidos (kV_{med}) para cada tempo selecionado, onde kV_{nom} é o valor de tensão indicado no equipamento aplicando-se a Equação 6 (ANVISA, 2005).

$$D(\%) = \left(\frac{kV_{\text{nom}} - kV_{\text{med}}}{kV_{\text{nom}}} \right) \times 100 \quad (6)$$

O parâmetro de conformidade adotado para avaliação da variação da exatidão e reprodutibilidade da tensão foi o descrito na Portaria nº 453/98. A Portaria determina que o desvio deve ser menor ou igual a $\pm 10\%$.

3.1.3 Análise da exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição

Foram realizadas quatro exposições na faixa de tempo de exposição mais utilizada por cada odontólogo e nas três faixas de tempo mais próximas a ela. Na escolha das faixas de tempo mais próximas foram selecionadas duas faixas abaixo da mais utilizada e uma faixa acima. Foi considerada a distância foco-detector de 50 cm, usando o cronômetro digital de raios X marca MRA Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda., número de série 03-126, com incerteza de medição avaliada pelo fabricante em 0,002 s. O certificado de calibração do cronômetro digital está disponível no Anexo D. De acordo com o certificado de calibração o desvio máximo das medidas é de 1%. Durante as medidas o cronômetro digital foi mantido ligado na

energia elétrica para evitar falhas relacionadas à bateria com pouca energia. A Figura 26 mostra o instrumento de medição do tempo de exposição e o arranjo experimental para a coleta dos dados.



Figura 26 - Experimento para verificação do tempo de exposição

A variação da reprodutibilidade (R%) do tempo de exposição foi determinada para cada série de medições considerando o valor de tempo máximo ($t_{\text{máx}}$) e o valor de tempo mínimo ($t_{\text{mín}}$) entre as leituras, através da Equação 7 (ANVISA, 2005).

$$R(\%) = \left(\frac{t_{\text{máx}} - t_{\text{mín}}}{\frac{t_{\text{máx}} + t_{\text{mín}}}{2}} \right) \times 100 \quad (7)$$

O desvio percentual D(%) e a variação da exatidão do tempo foram calculados com a média dos valores obtidos (t_{med}) para cada tempo selecionado, onde t_{nom} é o valor do tempo indicado no equipamento aplicando-se a Equação 8.

$$D(\%) = \left(\frac{t_{\text{nom}} - t_{\text{med}}}{t_{\text{nom}}} \right) \times 100 \quad (8)$$

O parâmetro de conformidade para a avaliação da variação da exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição foi o desvio menor ou igual a $\pm 10\%$.

3.1.4 Medida da distância do foco à extremidade do localizador

Utilizou-se uma trena para medir a distância da extremidade do localizador até a marca no cabeçote que representa o ponto focal do equipamento. Foram considerados em conformidade os equipamentos com distância foco-pele de no mínimo 18 cm para equipamentos com tensão até 60 kVp, no mínimo 20 cm para equipamentos com tensão entre 60 e 70 kVp, no mínimo 24 cm para equipamentos com tensão superior a 70 kVp. A Figura 27 demonstra a medida realizada para determinar a distância do foco até a extremidade do cilindro localizador.



Figura 27 - Arranjo experimental para determinar a distância foco-pele

3.1.5 Medida do comprimento do cabo disparador

A verificação do comprimento do cabo disparador foi realizada esticando o mesmo ao seu limite. Foi feita a medida da distância atingida pelo cabo disparador totalmente esticado por meio de uma trena. Foram considerados como conforme os equipamentos que possuem cabos disparadores com comprimento mínimo de 2 metros.

3.1.6 Verificação do sistema disparador de raios X

O sistema de disparo para ser considerado conforme deve ser manual e *dead man*. A avaliação foi realizada por meio da verificação visual da existência de

sistema de disparo automático e de uma exposição teste. O sistema *dead man* possibilita ao operador interromper a exposição a qualquer momento. Para realizar o disparo completo deve-se manter pressão constante sobre o botão disparador de raios X.

3.1.7 Verificação do temporizador

A verificação do temporizador foi realizada por meio de avaliação visual e foi comprovada durante as exposições feitas nos testes de controle de qualidade. Foram considerados como conforme os equipamentos que possuem temporizadores eletrônicos.

3.2 AVALIAÇÃO DA DOSE OCUPACIONAL

Foram fornecidos dosímetros TLDs de uso individual para 44 odontólogos escolhidos aleatoriamente. Foi fornecida instrução por escrito para que usassem durante a jornada de trabalho, recomendando que os dosímetros fossem colocados na altura do tórax, caso os profissionais utilizassem avental plumbífero o mesmo deveria ser usado sobre o avental, bem como deixa-lo em local protegido da radiação após a jornada de trabalho. Os profissionais que aceitaram participar da pesquisa utilizaram os dosímetros durante 30 dias. Após este período os mesmos foram recolhidos e enviados para análise em laboratório de monitorização credenciado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

3.3 LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DA CARGA DE TRABALHO SEMANAL

Foi calculada a carga de trabalho (W) de todas as salas de atendimentos da amostra. Os resultados foram utilizados para determinar a necessidade de

monitorização individual e de utilização de barreira de proteção nas instalações odontológicas. Caso a carga de trabalho seja superior a 4 mA.min/sem, o uso de dosímetro individual torna-se obrigatório. Caso a carga de trabalho seja superior a 30 mA.min/sem, além da obrigatoriedade do uso de dosímetro individual, o operador deve manter-se atrás de uma barreira protetora com espessura mínima de 0,5 mm equivalente de chumbo (MS nº 453, 1998). A carga de trabalho semanal de cada consultório odontológico foi calculada por meio da Equação 9.

$$W = \text{mA} \cdot \text{min} \cdot \text{N/sem} \quad (9)$$

Sendo que:

mA: corrente em miliamper,

min: tempo de exposição em minuto e

N/sem : número de exames realizador por semana

Como o tempo de exposição para realizar a radiografia intraoral é dado em segundos é necessário transformar este tempo para minutos dividindo por 60.

3.4 QUESTIONÁRIO SOBRE RADIOPROTEÇÃO EM INSTALAÇÕES ODONTOLÓGICAS

Os dados referentes à radioproteção foram obtidos por meio da aplicação do questionário usado no programa de radioproteção em odontologia do IRD/CNEN em todos os locais de trabalho. No questionário as respostas possíveis foram sim ou não. Os profissionais que participaram da pesquisa responderam 10 questões referentes ao uso de equipamentos obrigatórios, procedimentos de trabalho e ao seu conhecimento sobre as normas de radioproteção vigentes no Brasil. Os itens 4 e 7 do questionário foram respondidos pelo pesquisador. Para comprovar a exatidão das respostas sobre a existência de acessórios e equipamentos de proteção individual foi feita uma inspeção nas instalações pelo pesquisador. As câmaras de revelação foram testadas por meio do “teste da moeda” e o disparador do equipamento foi

verificado através de uma exposição. O teste da moeda é recomendado pelo IRD/CNEN para constatar se a câmara de revelação veda totalmente a entrada de luz. Esse teste consistiu em retirar um filme de sua capa protetora dentro da câmara de revelação e deixar uma moeda sobre o mesmo durante um minuto antes de processá-lo quimicamente. Após a revelação, foi observado se havia a imagem da moeda no centro do filme. Quando após o processamento dos filmes não se observa a imagem da moeda, como na imagem 1 da Figura 28 a câmara é considerada como conforme. Quando a imagem é perceptível, como na imagem 2, concluiu-se que a câmara de revelação não veda totalmente a entrada de luz.

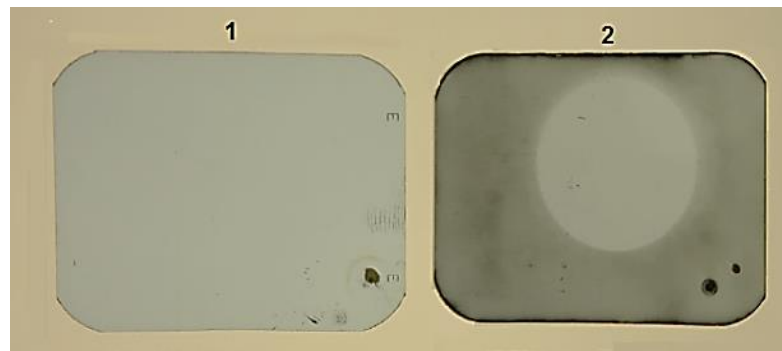


Figura 28 – Resultados de avaliações de câmaras portáteis de revelação

Para verificar se o equipamento possui disparador do tipo *dead man* foi necessário fazer um disparo com um tempo de aproximadamente um segundo selecionado. Durante o disparo foi preciso parar de pressionar o disparador, se o disparo for interrompido significa que o disparador é do tipo *dead man*, se a exposição continuar o sistema de disparo é considerado como não conforme. A Tabela 3 apresenta o questionário do programa de radioproteção em odontologia do IRD/CNEN usado na pesquisa.

Tabela 3- Questionário sobre radioproteção

(continua)

1 - Existe avental plumbífero na instalação?

2 - Existe protetor de tireoide na instalação?

Tabela 3 – Questionário sobre radioproteção**(conclusão)**

-
- 3 - É comum utilizar posicionador durante a radiografia intraoral?
 - 4 - O disparador é do tipo *dead man*?
 - 5 - A revelação é realizada através do método visual?
 - 6 - A revelação é feita em câmara portátil de revelação?
 - 7 - A câmara de revelação impede totalmente a entrada de luz?
 - 8 - A revelação é feita com termômetro/cronômetro/tabela de revelação?
 - 9 - O responsável conhece a Portaria nº 453/98?
 - 10 - Existe cópia da Portaria nº 453/98 no local de atendimento?
 - 11 - O responsável já fez curso de radioproteção?
 - 12 - Caso a resposta anterior seja negativa, gostaria de fazer?
-

Fonte: Adaptada de IRD/CNEN

4 RESULTADOS

Após a aplicação do questionário, dos testes de controle de qualidade e de observações nas instalações odontológicas verificou-se que entre as unidades municipais, seis são voltadas para o radiodiagnóstico odontológico e contam com aquisição de imagens digitais. O processamento digital também é utilizado por dois consultórios odontológicos, totalizando 6,2% dos equipamentos e 11% das instalações. Foi identificado que a maioria dos odontólogos utiliza os mesmos parâmetros de exposição para radiografar todos os dentes. Nenhuma das instalações contém a sinalização completa de radioproteção recomendada. Apenas

7% dos odontólogos da amostra utilizam dosímetro individual em sua rotina de trabalho. A avaliação da exposição ocupacional dos odontólogos, através das doses efetivas medidas em todos os dosímetros (TLDs), foi considerada como abaixo do nível detectável pelo TLD, ou seja, dose inferior a 0,2 mSv em todas as avaliações. Durante a avaliação de controle de qualidade da tensão foi identificado que todos os equipamentos da amostra são monofásicos com retificação de meia onda.

Foram avaliados 130 equipamentos de raios X intraorais distribuídos em 74 instalações odontológicas. A distribuição dos equipamentos de raios X intraorais nos diferentes locais de atendimento é mostrada na Tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição dos equipamentos de raios X intraorais

Local de atendimento	Locais (N)	Quantidade de Equipamentos (N)
Consultório particular	40	40
Clínica particular	21	49
Unidades de Ensino	4	27
Unidades municipais	8	13
Hospital universitário	1	1

A Tabela 5 apresenta a distribuição em porcentagem dos equipamentos em função da marca de fabricação.

Tabela 5 - Distribuição das marcas de fabricação dos equipamentos de raios X intraorais (continua)

Marca	Frequência (N)	Porcentagem (%)
DABI ATLANTE	57	43,8
GNATUS	29	22,3

**Tabela 5 – Distribuição das marcas de fabricação dos equipamentos de raios X intraorais
(conclusão)**

X DENT	13	10
FUNK	11	8,5
SIEMENS	6	4,6
SIRONA	5	3,8
PROCION	2	1,5
PRODENTAL	2	1,5
OUTROS	5	4,0

A Tabela 6 apresenta o resultado da análise da quantidade de exames realizados mensalmente em cada equipamento e da dose de entrada na pele. O 3º Quartil foi calculado e demonstrou que 75% das medidas de DEP estão abaixo de 2,95 mGy e que em 75% das instalações avaliadas são realizadas em média menos de 120 radiografias por mês. Porém foi identificado que existe uma grande variação nos resultados, demonstrado pelos valores máximo, mínimo e do desvio padrão calculados.

Tabela 6 - Resultado da análise da média mensal de exames realizados e da DEP

	Exames realizados (N)	DEP (mGy)
Média	91	2,34
Mínimo	1	0,30
Máximo	800	24,87
Desvio padrão	109,60	1,64
3º Quartil	120	2,95

A Tabela 7 apresenta o resultado da avaliação geral de controle de qualidade dos equipamentos. Foram considerados CONFORME os equipamentos que possuem todas as características técnicas e alcançaram o desempenho exigido pela Portaria nº 453/1998 em todas as medidas realizadas. Foi identificado que 85% dos equipamentos considerados como conforme possuem tensão nominal de 70 kVp, os 15% restantes possuem tensão nominal de 60 a 66 kVp.

Tabela 7 – Resultado da avaliação de controle de qualidade dos equipamentos intraorais

Locais de atendimento	CONFORME (%)	NÃO CONFORME (%)
Consultórios e clínicas	6,7	93,3
Instituições de ensino	21,4	78,6
Unidades municipais	7,7	92,3
Avaliação geral	10,0	90,0

A Tabela 8 apresenta o resultado da avaliação em porcentagem da conformidade das doses de entrada na pele medidas. Foram consideradas CONFORME doses medidas menores ou iguais a 3,5 mGy.

Tabela 8 – Resultado da avaliação da dose de entrada na pele (DEP)

Locais de atendimento	Conforme (%)	Não Conforme (%)	Média	Desv. Pad.
Consultórios e clínicas	79,5	20,5	2,69	1,80
Instituições de ensino	100,0	0,0	1,39	0,48
Unidades municipais	84,6	15,4	2,05	1,33
Avaliação geral	84,5	15,5	2,34	1,64

A Figura 29 apresenta a distribuição dos equipamentos intraorais de acordo com a DEP, em 110 equipamentos a DEP medida foi menor ou igual a 3,5 mGy.

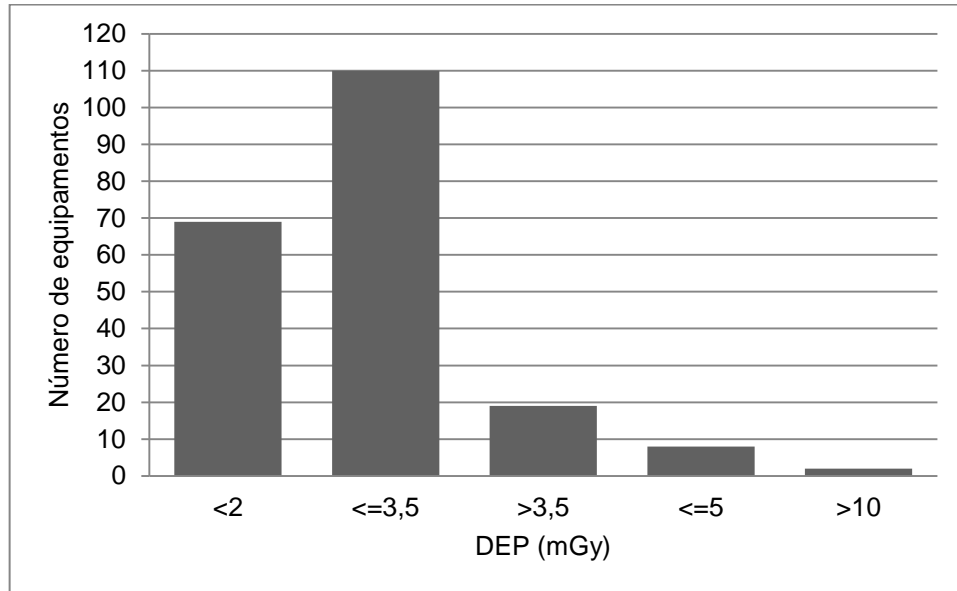


Figura 29 - Gráfico com a distribuição dos equipamentos de acordo com a DEP

Para o cálculo da taxa média de dose foram usadas as doses de entrada na pele e os tempos de exposição medidos, ou seja, a média das medidas do tempo de exposição utilizado para medir as doses de entrada na pele dos pacientes. Para a análise dos resultados os equipamentos foram classificados pela tensão nominal em quatro grupos. Por meio das informações da Tabela 9 é possível identificar qual grupo de equipamentos expõe os pacientes a maiores e a menores índices de dose por segundo.

Tabela 9 - Interferência da tensão na taxa de dose por segundo

Equipamentos (Tensão)	Taxa média de dose (mGy/s)
50 kVp	3,59
60 kVp	3,09
65 e 66 kVp	1,57
70 kVp	2,68

A Tabela 10 demonstra o resultado das avaliações de controle de qualidade dos equipamentos que apresentaram dose de entrada na pele superior a 3,5 mGy.

Tabela 10 - Resultados das medidas dos equipamentos com DEP superior a 3,5 mGy

Identificação dos equipamentos	DEP (mGy)	Distância foco-pele (cm)	Filtração (mm Al)	Colimação (cm)	Tempo medido (s)	Tensão medida (kVp)	Tempo nominal (s)	Tensão nominal (kVp)
127	24,87	15	0,80	5,1	4,93	50	2,50	60
114	10,13	20	0,80	5,5	2,41	48,6	1,50	60
101	9,32	15	1,40	7,3	1,02	60,7	1,00	70
86	8,24	14	1,10	5,0	1,70	49	1,20	60
85	7,40	12	1,20	7,0	1,07	52	1,25	60
95	5,25	20	2,30	6,0	0,66	68,1	0,70	70
53	5,03	11	2,00	6,0	0,57	47,9	0,60	50
125	4,95	21	1,90	5,8	0,89	67,7	0,80	70
98	4,75	18	1,50	6,0	1,76	49,6	1,90	50
84	4,65	18,5	1,20	5,5	1,53	53,1	1,50	60
120	4,64	20	0,80	5,2	1,15	50,7	1,00	60
52	4,28	11	1,70	6,0	0,58	48,7	0,50	50
64	4,15	15	1,20	5,0	0,78	52,1	0,80	60
130	4,08	21	2,00	5,5	1,31	64,7	1,25	70
27	3,90	20,5	0,70	6,4	1,02	59,6	1,00	70
25	3,90	19	1,50	6,0	1,31	49,1	1,50	50
122	3,75	19	0,90	6,0	1,43	48,5	1,50	60
60	3,53	18,5	1,10	6,0	1,33	55,8	1,10	50

Conforme observado na Tabela 10 cada equipamento recebeu um número de identificação seguindo a ordem de avaliação de controle de qualidade. Os equipamentos 25 e 27 estão instalados em unidades municipais, os demais em clínicas e consultórios odontológicos. O equipamento identificado com o número 95, embora na Tabela 10 apenas a DEP tenha apresentado valor não conforme, observou-se que no momento da exposição do *kit* postal o sistema de controle do tempo de exposição não estava funcionando. Neste equipamento as exposições eram interrompidas manualmente pelo odontólogo em função de sua percepção de tempo. Foi sugerida a manutenção do sistema de disparo resultando em valores aceitáveis em posterior avaliação. O teste de controle de qualidade do tempo de exposição foi realizado após a manutenção do sistema de disparo, devido a isso o resultado na tabela está como conforme.

Foram considerados como CONFORME equipamentos com tensão inferior ou igual a 70 kVp com filtração equivalente mínima de 1,5 mm de alumínio e equipamentos com tensão superior a 70 kVp que possuem filtração mínima equivalente a 2,5 mm de alumínio. A Tabela 11 apresenta o resultado da avaliação da filtração total dos equipamentos de raios X avaliados.

Tabela 11 – Resultado da avaliação da filtração total

Locais de atendimento	Conforme (%)	Não conforme (%)
Consultórios e clínicas	79,5	20,5
Instituições de ensino	100,0	0,0
Unidades municipais	76,9	23,1
Avaliação geral	83,7	16,3

A Tabela 12 apresenta o resultado da avaliação de conformidade do tamanho do campo de radiação. Foram considerados em conformidade

equipamentos com tamanho de campo de no máximo 6 cm e no mínimo 4 cm com uso de sistema de alinhamento e posicionamento dos filmes.

Tabela 12 – Resultado da avaliação do tamanho de campo de radiação

Locais de atendimento	Conforme (%)	Não conforme (%)
Consultórios e clínicas	92,0	8,0
Instituições de ensino	64,3	35,7
Unidades municipais	69,2	30,8
Avaliação geral	83,7	16,3

A Tabela 13 contém o resultado da análise da tensão nominal dos equipamentos, os resultados foram classificados pela faixa de tensão nominal medida. Por meio dos resultados das avaliações de tensão foi feito o cálculo da tensão medida média, mínima, máxima e do desvio padrão.

Tabela 13 – Resultado da análise da tensão nominal dos equipamentos de raios X intraorais

Tensão nominal dos equipamentos	Tensões medidas			
	Tensão média (kVp)	Tensão mínima (kVp)	Tensão máxima (kVp)	Desvio Padrão
50 kVp	50,2	46,7	55,8	2,4
60 kVp	51,2	48,3	65,1	3,8
65 e 66 kVp	55,1	48,2	64,8	6,5
70 kVp	63,9	56,8	72,4	2,9

Em campo, observou-se que todos os equipamentos da amostra funcionam com tensão fixa. A Figura 30 apresenta a distribuição dos equipamentos intraorais em função da tensão nominal.

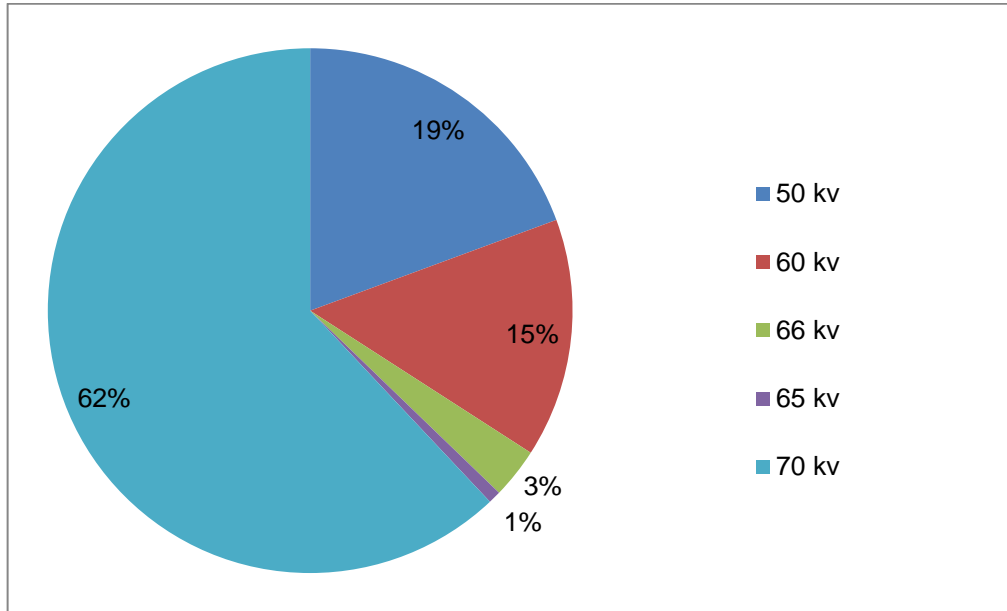


Figura 30 – Gráfico com a distribuição dos equipamentos classificados pela tensão nominal

A Figura 31 apresenta a distribuição dos equipamentos pela tensão medida, ou seja, a média das tensões medidas nos equipamentos de raios X intraorais.

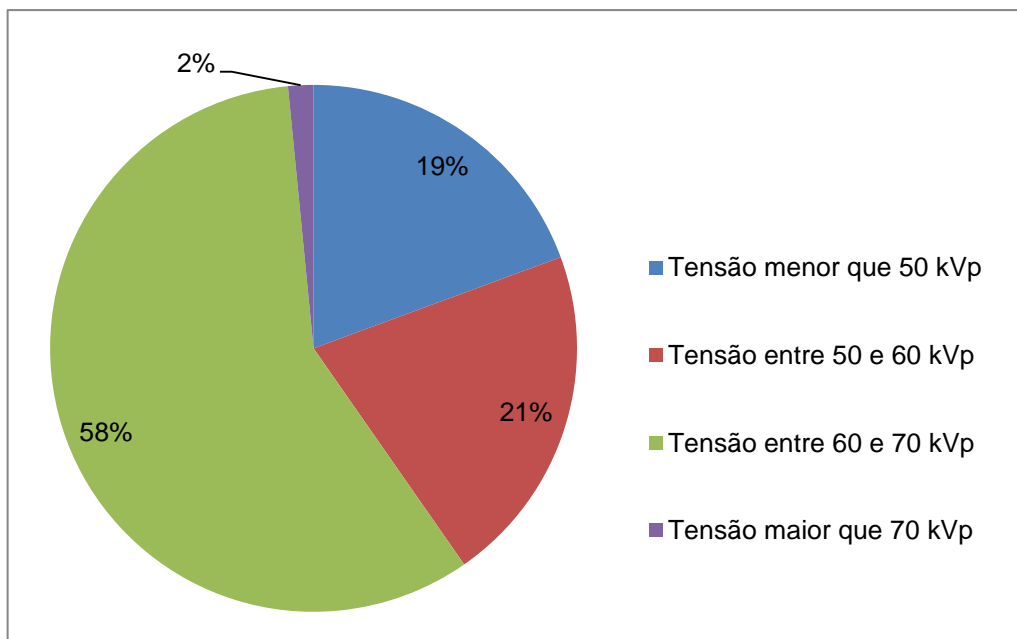


Figura 31 – Gráfico da distribuição dos equipamentos em função das tensões medidas

A Tabela 14 apresenta o resultado da avaliação da exatidão e reprodutibilidade da tensão dos equipamentos de raios X intraorais. Foram considerados como CONFORME os equipamentos de raios X que apresentaram desvio menor ou igual a $\pm 10\%$.

Tabela 14 – Resultado da avaliação da exatidão e reprodutibilidade da tensão

Locais de atendimento	Exatidão		Reprodutibilidade
	Conforme (%)	Não Conforme (%)	Conforme (%)
Consultórios e clínicas	53,4	46,6	100
Instituições de ensino	50,0	50,0	100
Unidades municipais	76,9	23,1	100
Avaliação geral	55,0	45,0	100

O resultado da avaliação da exatidão e reprodutibilidade dos tempos de exposição estão descritos na Tabela 15. Foram considerados CONFORME os equipamentos que apresentaram desvio menor ou igual a $\pm 10\%$ em relação à exatidão e reprodutibilidade em todas as faixas de tempo avaliadas.

Tabela 15 – Resultado da avaliação da exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição

Locais de atendimento	Conforme (%)	Não conforme (%)
Consultórios e clínicas	14,8	85,2
Instituições de ensino	66,7	33,3
Unidades municipais	7,7	92,3
Avaliação geral	25,2	74,8

A Tabela 16 apresenta o resultado da exatidão e reprodutibilidade das faixas de tempo de exposição medidas mais utilizadas pelos odontólogos.

Tabela 16 – Resultado da avaliação dos tempos de exposição mais utilizados

	Média (s)	Desvio Padrão	Exatidão (%)		Reprodutibilidade (%)	
			Conforme	Não Conforme	Conforme	Não Conforme
Consultórios e clínicas	0,93	0,6	67,0	33,0	96,6	3,4
Instituições de ensino	0,62	0,1	92,9	7,1	100	0,0
Unidades municipais	0,69	0,4	61,5	38,5	84,6	15,4
Avaliação geral	0,84	0,33	69,0	31,0	95,0	5,0

A Figura 32 apresenta o resultado dos intervalos de tempo considerados como não conforme. Em 73% das avaliações, as faixas de tempo de exposição não conforme se encontram no intervalo de tempos mais baixos, entre 0,1s e 0,69 s.

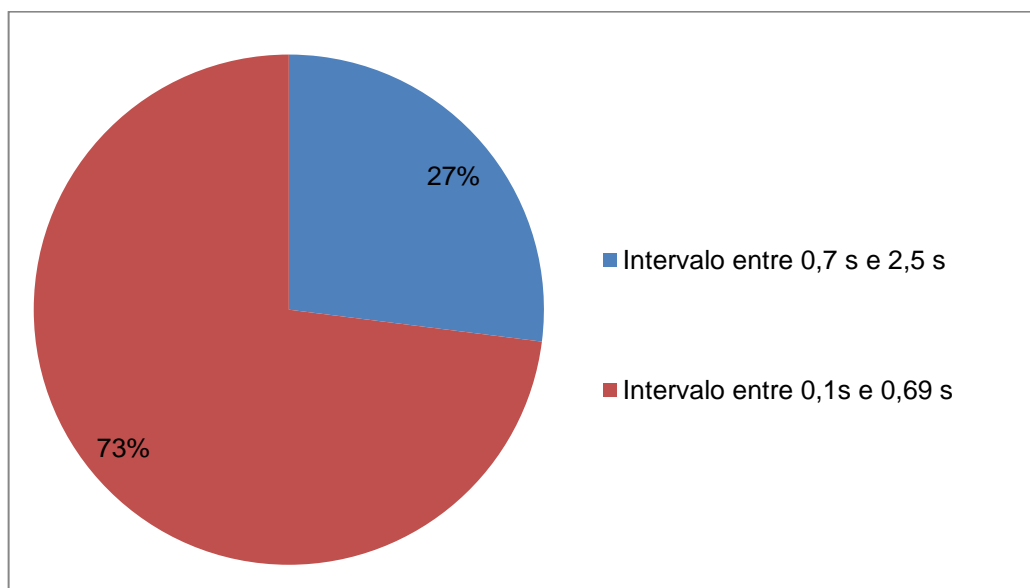


Figura 32 – Gráfico com o resultado da análise dos intervalos de tempo de exposição considerados como não conforme

A Figura 33 demonstra o resultado em porcentagem de conformidade do cálculo da exatidão das 4 faixas de tempo de exposição avaliadas em cada equipamento. Foram consideradas como CONFORME as faixas de tempo de exposição que apresentaram desvio menor ou igual a $\pm 10\%$.

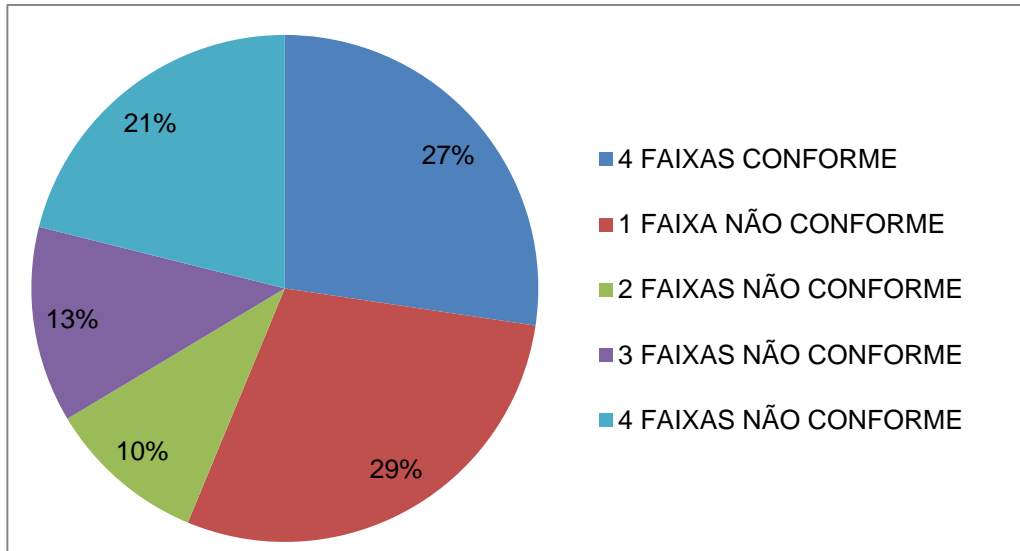


Figura 33 – Gráfico com o resultado da avaliação da exatidão do tempo de exposição

A Figura 34 apresenta o resultado das avaliações da reprodutibilidade das 4 faixas de tempo de exposição avaliadas em cada equipamento. Foram considerados como CONFORME os equipamentos que apresentaram desvio na reprodutibilidade menor ou igual a $\pm 10\%$ em todas as avaliações.

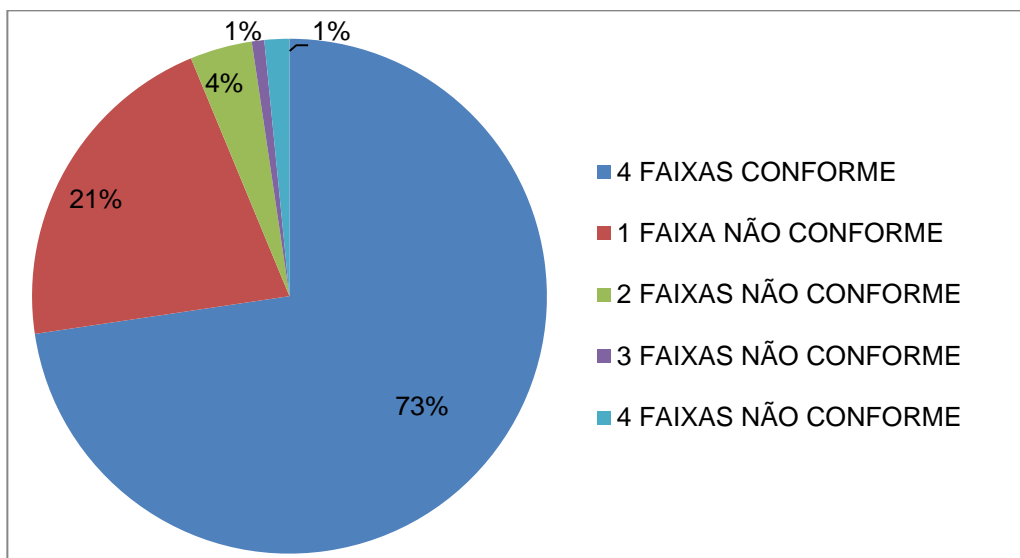


Figura 34 – Gráfico com o resultado da avaliação da reprodutibilidade do tempo de exposição

A Tabela 17 apresenta o resultado da avaliação do tipo de cilindro localizador e da distância foco-pele (DFP) dos equipamentos. Foram considerados CONFORME os cilindros com extremidade aberta e com DFP mínima de 18 cm para equipamentos com tensão até 60 kVp, no mínimo 20 cm para tensão entre 60 e 70 kVp, no mínimo 24 cm para equipamentos com tensão superior a 70 kVp.

Tabela 17 – Resultado da avaliação da distância foco saída do localizador e do tipo de localizador

Locais de atendimento	Conforme (%)	Não conforme (%)
Consultórios e clínicas	93,3	6,7
Instituições de ensino	100	0,0
Unidades municipais	100	0,0
Avaliação geral	93,1	6,9

O resultado da verificação da medida do comprimento dos cabos disparadores dos equipamentos de raios X intraorais está demonstrado na Tabela 18. Foram considerados como CONFORME os cabos disparadores com comprimento mínimo de 2 metros.

Tabela 18 – Resultado da avaliação do comprimento dos cabos disparadores

Locais de atendimento	Conforme (%)	Não conforme (%)
Consultórios e clínicas	95,5	4,5
Instituições de ensino	100	0,0
Unidades municipais	100	0,0
Avaliação geral	96,9	3,1

A Tabela 19 demonstra o resultado em porcentagem da avaliação do tipo de disparador de raios X dos equipamentos intraorais. Foram considerados como CONFORME equipamentos com sistema disparador de raios X tipo manual e *dead man*.

Tabela 19 – Resultado da avaliação dos disparadores de raios X

Locais de atendimento	Conforme (%)	Não conforme (%)
Consultórios e clínicas	56,2	43,8
Instituições de ensino	92,9	7,1
Unidades municipais	69,2	30,8
Avaliação geral	66,9	33,1

A Tabela 20 apresenta o resultado em porcentagem da avaliação do tipo de dispositivo de seleção e controle do tempo de exposição (temporizador). Foram considerados como CONFORME os equipamentos que possuem temporizadores com sistemas eletrônicos.

Tabela 20 – Resultado da avaliação do temporizador

Locais de atendimento	Conforme (%)	Não conforme (%)
Consultórios e clínicas	94,4	5,6
Instituições de ensino	100,0	0,0
Unidades municipais	100,0	0,0
Avaliação geral	96,2	3,8

A Figura 35 demonstra o resultado da verificação da posição dos odontólogos durante a realização dos exames radiográficos.

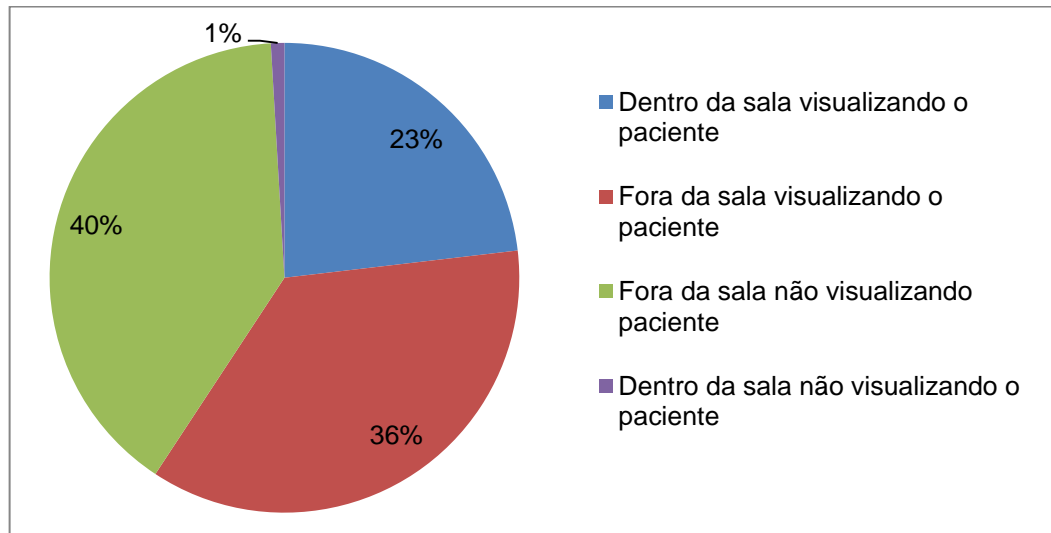


Figura 35 - Posição dos odontólogos durante os exames radiográficos

Foi verificado por meio do cálculo da carga de trabalho que 84,6% dos locais de atendimento podem ser dispensados do uso de monitoramento através de dosímetro, por trabalharem com carga de trabalho inferior a 4 mA.min/semana. Entretanto 15,4% dos odontólogos devem utilizar dosímetros individuais devido à carga de trabalho em seus consultórios ser superior ou igual a 4 mA.min/semana. A Tabela 21 contém o resultado da avaliação da carga de trabalho (W) das instalações odontológicas.

Tabela 21 – Resultado da avaliação da carga de trabalho (W)

Locais de atendimento	W < 4 mA.min/sem	W ≥ 4 mA.min/sem	W >30 mA.min/sem
Consultórios e clínicas	86,4%	13,6%	0,0%
Instituições de ensino	100%	0,0%	0,0%
Unidades municipais	38,5%	61,5%	0,0%
Avaliação geral	84,6%	15,4%	0,0%

A Figura 36 apresenta o resultado das respostas ao questionário sobre radioproteção nas instalações odontológicas.

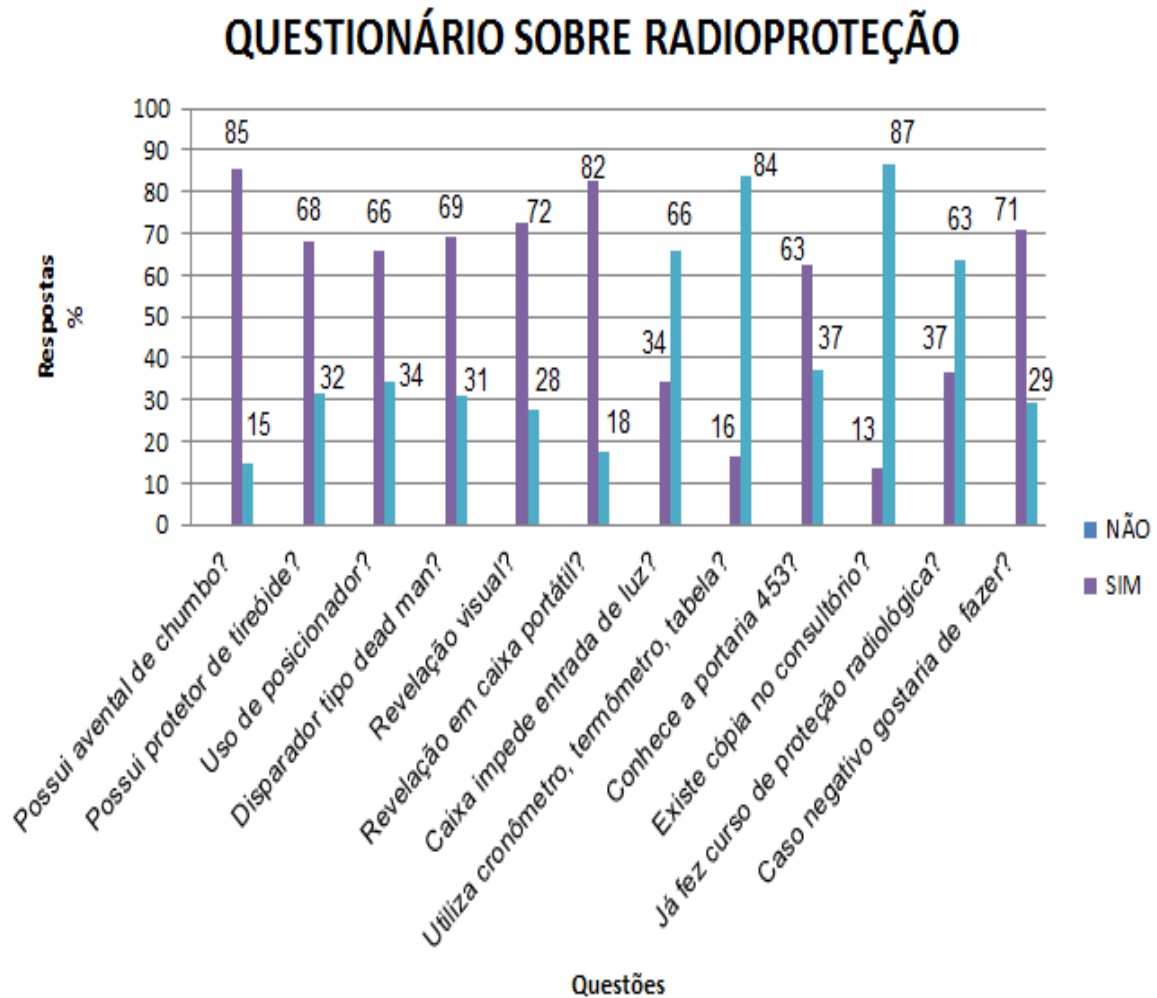


Figura 36 – Resultado do questionário sobre radioproteção
 Fonte: Adaptado de IRD/CNEN.

A análise estatística dos dados calculada por meio do programa estatístico Minitab, demonstrou que a distribuição da amostra das doses de entrada na pele medidas não possui distribuição normal ou homogeneidade de variância. Devido a esse resultado foi aplicado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, que resultou em um p-valor igual a 0,000. O p-valor menor que 0,05 foi considerado evidência suficiente contra a hipótese de igualdade entre todos os seguimentos quanto à dose média. Portanto, existe diferença significativa entre as doses de entrada na pele utilizadas para aquisição das imagens nos diferentes tipos de locais de atendimento.

Do total da amostra, 10% dos equipamentos intraorais foram considerados CONFORME em todas as avaliações. Por meio do cálculo do intervalo de confiança da análise estatística da conformidade dos equipamentos estima-se com 95% de confiança que em Curitiba a porcentagem de equipamentos em conformidade está no intervalo entre 5,4% e 16,5%.

5 DISCUSSÃO

Por meio desta pesquisa foi possível identificar que a marca de equipamentos de raios X intraorais mais utilizada é a Dabi Atlante com 43,8%, seguida por Gnatus com 22,3% da amostra. Resultados semelhantes foram encontrados por Daniel (1999), Mezdari (2000) e Andrade *et al.* (2012), que em suas pesquisas identificaram a marca Dabi Atlante como mais representativa, variando entre 40% e 50% do total das amostras, seguida pela marca Gnatus. Resultado diferente do encontrado por Silva (2010) que em sua pesquisa realizada em Portugal identificou que a marca que mais se destaca é a Trophy com 45% da amostra, enquanto a marca Dabi Atlante representou 2% da amostra da sua pesquisa. Foi verificado apenas um equipamento antigo da marca Trophy na amostra de Curitiba – PR. O mesmo foi considerado como não conforme em relação à filtração, sistema disparador, tipo de temporizador, comprimento do cabo disparador, DEP, tempo de exposição e tensão.

O número médio de exposições mensais realizadas em todos os locais de atendimento estudados foi 91. Entretanto, como identificado na Tabela 6 por meio do resultado dos valores mínimos e máximos, a variação dos valores foi significativa, tanto em relação ao número de exames realizados quanto em relação às doses medidas. O local que realizou mais exames da amostra obteve em média 800 radiografias por mês enquanto alguns locais realizaram apenas uma radiografia no mesmo período. Para os cálculos da média e desvio padrão foram ignoradas as medidas máximas e mínimas. Calculando o 3º quartil foi possível identificar que em 75% das instalações são realizadas menos de 120 radiografias por mês.

A avaliação dos equipamentos de raios X em relação às características e desempenho medidos durante os testes de controle de qualidade demonstraram que apenas 10% dos equipamentos da amostra atendem a todos os parâmetros exigidos pela Portaria nº 453/1998 MS. Nenhum dos equipamentos com tensão nominal de 50 kVp foi considerado conforme em todas as avaliações. Dos equipamentos considerados como conforme, 85% funcionavam com tensão nominal de 70 kVp e 15% com tensão nominal entre 60 e 66 kVp. Os equipamentos de instituições de ensino, isoladamente, foram considerados conforme em 21,4% das avaliações, esse resultado é muito baixo, porém, nas clínicas, consultórios e unidades municipais o índice foi ainda mais baixo, respectivamente 6,7% e 7,7%. De acordo com a análise estatística, os equipamentos da cidade de Curitiba – PR que alcançam todos os índices de conformidade representam 5,4% a 16,5% do total. Navarro (2009) ao avaliar a tensão de equipamentos intraorais constatou que os equipamentos com tensão nominal de 50 kVp apresentaram os piores resultados em comparação com equipamentos de 60 e 70 kVp. De acordo com Santos (2010) a falta de informação dos odontólogos em relação às normas de radioproteção resulta em negligência no uso e na manutenção dos equipamentos radiológicos.

Embora 90% dos equipamentos não atendam totalmente as recomendações de radioproteção, não houve reflexo na mesma proporção em relação à medida da DEP, que foi considerada como conforme em 84,5% das avaliações. Esse resultado pode ser decorrência de fatores que não interferem diretamente na avaliação da DEP por meio de simulação, como o tipo de disparador de raios X, tamanho do cabo disparador e o alto índice de não conformidade dos tempos de exposição nas faixas mais baixas. A medida da dose de entrada na pele tem o objetivo de verificar se a exposição dos pacientes está dentro dos níveis de referência estipulados para exames intraorais. É importante ressaltar que nas instituições de ensino não houve resposta de não conformidade da DEP. Esse melhor resultado em instituições de ensino mostra-se coerente devido ao melhor desempenho dos equipamentos em relação às avaliações da filtração total, exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição, comprimento do localizador e tempo médio de exposição menor em comparação com as outras instalações. O valor de referência da DEP no Brasil é de 3,5 mGy, enquanto que no Protocolo Espanhol e no Guia Europeu é recomendado que a exposição do paciente seja inferior a 4,0 mGy. Segundo Yacovenco (2001) a DEP recomendada para obter-se a imagem radiográfica de um dente molar superior

encontra-se entre 1,2 e 2,3 mGy. O autor considera que doses abaixo de 1 mGy não tem capacidade de formar imagens com qualidade diagnóstica. O processamento inadequado das radiografias, equipamentos de raios X em más condições e a falta de treinamento são fatores que levam os odontólogos a expor os pacientes a doses acima do índice de referência (YACOVENCO, 2001). O trabalho realizado por Almeida (2005) no Estado do Rio de Janeiro no início da década de 90, antes da publicação da Portaria nº 453, demonstra que as doses de entrada na pele usadas estavam acima do necessário para a realização dos exames em 90% dos casos. Segundo Almeida (2005), ao avaliar 481 equipamentos intraorais por meio de *Kits* postais, após a publicação da Portaria nº 453/98, as doses de entrada na pele reduziram, o índice de DEP's dentro do nível de referência foi 67% e a média ponderada de dose reduziu 25%. Um dos principais fatores para a redução da DEP foi o aumento do comprimento do cilindro localizador e conseqüentemente o aumento da distância foco-detector, a importância desse fator pode ser observada na Tabela 10, onde 50% das DEP's acima do recomendado foram medidas em equipamentos com localizador curto. Ficou constatado que a fiscalização é um instrumento importante para redução da exposição da população. Os resultados da pesquisa realizada por Daniel (1999) mostraram que 24,3% das exposições estavam com a dose de entrada na pele do paciente acima do nível de referência. Gurgacz (2004) relatou que 50% das doses de entrada na pele avaliadas estavam não conforme. Navarro (2009) identificou que a DEP média utilizada pelos odontólogos que participaram do seu estudo foi 1,68 mGy. O autor concluiu que os odontólogos necessitam de informação e orientação sobre parâmetros de exposição e procedimentos de radioproteção. A DEP média calculada nas avaliações realizadas em Curitiba - PR foi 2,34 mGy, um pouco superior ao valor indicado como ideal por Yacovenco (2001), porém, abaixo do valor de referência recomendado pela Portaria nº 453. Embora a proporção de doses de entrada na pele consideradas como não conforme seja a menor em comparação com outros autores (15,5%), devido à falta de manutenção, falta de conhecimento dos odontólogos e falta de fiscalização foi identificada uma situação isolada de DEP igual a 24,87 mGy. Essa alta dose foi medida em um equipamento com cone localizador menor do que o recomendado, filtração insuficiente e temporizador com defeito que permitia praticamente o dobro do tempo de exposição selecionado. Os resultados das avaliações dos equipamentos que apresentaram DEP superior ao índice de referência estabelecido

foram apresentados na Tabela 10. Analisando os dados da tabela é possível identificar que as altas DEP's medidas estão diretamente ligadas à baixa tensão, filtração inferior ao recomendado, tempo de exposição elevado, campo de radiação acima do permitido e cilindro localizador curto. Alguns equipamentos apresentaram um ou mais fatores considerados como não conforme, porém, os fatores que mais se destacaram foram os citados acima. A análise estatística das DEP's medidas demonstrou que existe diferença significativa entre as doses de entrada na pele utilizadas para aquisição das imagens nos diferentes locais de atendimento. Esse resultado sugere que não existe padronização das exposições. A menor média de doses de entrada na pele foi medida em instituições de ensino, esse resultado é importante por sugerir que os novos profissionais possivelmente usarão menores doses de radiação para aquisição das imagens.

Quanto à filtração, os resultados mostram que 16,3% dos equipamentos da amostra apresentaram filtração inferior à recomendada, ou seja, foram consideradas como não conforme. Os equipamentos instalados em instituições de ensino foram considerados conforme nesse quesito em todas as avaliações. Esse resultado pode ser considerado como positivo quando comparado às pesquisas de Yacovenco (2001) e de Andrade *et al.* (2012) que resultaram em 42,6% e 40% respectivamente de equipamentos com filtração inferior ao exigido. Melhores resultados foram encontrados por Silva (2010) em Portugal, que em sua pesquisa concluiu que todos os equipamentos de suas amostras foram considerados em conformidade quanto à filtração. A filtração correta é uma ferramenta útil na redução da DEP.

A avaliação do tamanho do campo de radiação considerou 16,3% dos equipamentos não conforme, ou seja, campo de radiação maior que 6 cm. Neste fator, os consultórios e clínicas odontológicas apresentaram melhores índices de conformidade em relação às outras instalações avaliadas. Silva (2010) em Portugal concluiu que 13% dos equipamentos possuem tamanho de campo superior a 6 cm. Melhores resultados quando comparados ao trabalho similar de Daniel (1999). O autor relatou que 45,5% dos equipamentos estavam com o tamanho de campo de exposição acima do limite aceitável. Gurgacz (2004) concluiu que 25% de sua amostra possuía tamanho de campo não conforme. Limitando o tamanho de campo de radiação é possível reduzir o volume de tecido irradiado e assim proporcionar importante redução na DEP (BONZOU MET, 2006).

Quanto aos parâmetros de exposição, todos os equipamentos intraorais avaliados possuem valores fixos de tensão e de corrente. A tensão determina a penetrabilidade, ou qualidade do feixe de raios X, quanto maior o seu valor mais penetrante será o feixe. A tensão controla o contraste radiográfico, que é a escala de tons de cinza presentes na imagem radiográfica (YACOVENCO, 2001 e TILLY, 2010). Os equipamentos com tensão nominal de 70 kVp representam 62%, seguidos por equipamentos com tensão nominal de 50 kVp com 19% da amostra. Esse resultado pode ser considerado positivo, porque representa que o parque tecnológico de Curitiba está se modernizando, devido aos equipamentos mais modernos operarem com tensão nominal de 70 kVp. Porém, a avaliação da tensão medida, ou seja, a média das tensões medidas mostra que 19% dos equipamentos da amostra operam com tensão média inferior a 50 kVp, 21% operam com tensão média entre 50 e 60 kVp, 58% operam com tensão média entre 60 e 70 kVp e 2% funcionam com tensão superior a 70 kVp. Esses números são preocupantes comprovando que os equipamentos não alcançam os índices de desempenho esperados nesse quesito. O principal fator para o baixo desempenho dos equipamentos em relação à tensão é o fato de serem autorretificados, ou seja, não possuem circuito retificador de tensão elétrica, são monofásicos com forma de onda igual à de retificação de meia onda. A portaria 453 (1998) proíbe o uso de sistema autorretificado em radiologia convencional. Segundo Tilly (2010), esses equipamentos desperdiçam 50% da energia consumida e o resultado é o baixo rendimento quanto à produção de raios X. Segundo Mezdari (2000), apenas 1,7% dos equipamentos da sua amostra apresentaram tensão medida inferior a 50 kVp. Navarro (2009) identificou que existe diferença entre o valor nominal e o valor medido de tensão dos equipamentos intraorais, sendo que os equipamentos de 50 kVp apresentaram o pior desempenho. Silva (2010) refere que apenas 6,1% dos equipamentos avaliados em Portugal operavam com tensão nominal de 50 kVp. De acordo com a avaliação da taxa de dose por segundo na Tabela 9, os equipamentos com tensão nominal de 50 kVp e 60 kVp expõe os pacientes a maiores taxas de dose por segundo. É recomendado que os equipamentos para radiologia intraoral funcionem com tensão não inferior a 60 kVp. Em 60% dos equipamentos avaliados a tensão medida foi superior a 60 kVp. Melhores resultados foram obtidos por Silva (2010) que descreve em seu estudo que 94% dos equipamentos intraorais operam com tensão entre 60 e 70 kVp. Embora os equipamentos da amostra atendam aos

parâmetros de tensão nominal mínima, a avaliação da exatidão da tensão apresentou 55% de conformidade. Os equipamentos instalados nas unidades municipais obtiveram 76,9% de equipamentos considerados conforme, consultórios e clínicas 53,4% e instituições de ensino 50%. Em relação à reprodutibilidade, o resultado foi excelente, 100% de conformidade. Nas leituras das avaliações da tensão na Tabela 13 é possível verificar que a tensão medida média dos equipamentos de 50 a 66 kVp é muito próxima de 50 kVp. A média da tensão medida dos equipamentos de 70 kVp foi 63,9 kVp. A exatidão está relacionada com o erro sistemático. Por meio de manutenção preventiva e calibração dos equipamentos é possível alcançar melhores resultados deste fator. Yacovenco (2001) identificou que apenas 12,3% dos equipamentos da amostra da sua pesquisa atenderam ao desempenho de tensão recomendado pela norma. Gurgacz (2004) ao avaliar a tensão de equipamentos intraorais identificou que apenas 37,5% dos equipamentos foram considerados como conforme.

Em todos os equipamentos avaliados o tempo é o único parâmetro de exposição que pode ser alterado pelo operador. Esse fator determina a quantidade de tempo que o equipamento emite radiação e está diretamente relacionado à dose de entrada na pele dos pacientes. A avaliação do tempo de exposição foi realizada por meio do cálculo da exatidão e da reprodutibilidade. Em relação à exatidão, apenas 27% das faixas avaliadas foram consideradas como conforme e a reprodutibilidade resultou em 73% de conformidade. Apenas 25,2% dos equipamentos apresentaram desvio considerado conforme na exatidão e reprodutibilidade em todas as faixas de tempo avaliadas. O resultado das avaliações do tempo de exposição dos equipamentos instalados em instituições de ensino foi muito superior aos outros locais avaliados, chegando a 66,7% de conformidade. O resultado geral de 74,8% de não conformidade na avaliação do tempo de exposição é similar ao encontrado por Mezadri (2000) que descreve em sua pesquisa o índice de 70% de não conformidade em relação ao tempo de exposição. Gurgacz (2004) considerou 57,2% dos equipamentos não conforme em relação à avaliação do tempo de exposição. Porém, foi identificado neste estudo que os odontólogos utilizam sempre o mesmo tempo de exposição para todas as radiografias. Avaliando a média dos tempos de exposição mais utilizados pelos odontólogos, o índice de conformidade da exatidão aumentou para 69% e o índice da reprodutibilidade aumentou para 95% dos equipamentos. Essa diferença deve-se aos odontólogos

preferirem tempos em média de 0,84 s, e os temporizadores apresentarem desvio não conforme em 73% das medidas entre os tempos de 0,1 e 0,69 s. O restante das não conformidades foram medidas entre 0,7 s e 2,5 s. A preferência dos odontólogos por tempos acima de 0,6 s é coerente com os resultados obtidos, porque nas faixas de tempo mais altas, a reprodutibilidade e a exatidão são melhores. Com isso essas faixas de tempo de exposição são confiáveis e os resultados são reprodutíveis. Porém, essa prática é prejudicial aos pacientes e aos profissionais, devido ao uso dos mesmos parâmetros de exposição para aquisição de imagens de estruturas anatômicas diferentes. Outro fator que influencia na seleção do tempo de exposição mais alto é que as radiografias não são reveladas corretamente, com a utilização de tensão mais alta é possível reduzir o tempo de processamento químico das radiografias. Yacovenco (2001) relatou que 58% dos odontólogos utilizam tempos de exposição entre 0,8 s e 1,5 s. De acordo com Gijbels *et al.* (2005) a utilização de sistema digital de processamento de imagens reduz em até 50% o tempo de exposição. Navarro (2009) identificou 0,9 s como tempo médio utilizado pelos odontólogos de Goiás. A média de tempo mais baixa foi encontrada por Neves (2010). O autor descreve 0,5 s como o tempo de exposição médio utilizado pelos odontólogos de Rio Preto – SP. Nesta pesquisa o tempo de exposição médio utilizado nos consultórios e clínicas odontológicas foi 0,93 s, superior às médias de 0,62 s e 0,69 s calculadas para instituições de ensino e unidades municipais respectivamente. A média de tempo de exposição mais baixa foi calculada com os parâmetros utilizados em instituições de ensino.

Os cilindros localizadores determinam a distância foco-pele (DFP) e são importantes na redução de dose de entrada na pele, além de evitar a exposição desnecessária da tireoide e do cristalino (BONZOMET, 2006). O comprimento dos localizadores da amostra proporcionaram distância foco saída do localizador variando entre 11 cm e 21 cm. As medidas realizadas durante as avaliações dos equipamentos resultaram em 6,9% de não conformidade, todas em equipamentos instalados em consultórios e clínicas odontológicas. Foi identificado apenas um localizador tipo cônico, que é proibido devido ao espalhamento de radiação. Oliveira *et al.* (2010) encontraram 25,8% dos cilindros localizadores com comprimento inferior ao exigido. Andrade *et al.* (2012) concluiu que 32,8% dos equipamentos apresentaram distância foco-pele não conforme a norma. Gurgacz (2004) identificou que 50% dos localizadores possuíam comprimento conforme em seu estudo. O

melhor resultado foi o de Silva (2010) em Portugal identificando que os localizadores variaram de 11 cm a 31 cm, porém apenas 2% dos localizadores mediram menos de 20 cm.

Os cabos disparadores dos equipamentos intraorais devem proporcionar ao operador posicionar-se no mínimo a dois metros de distância da fonte de raios X e do paciente. Apenas em 3,1% das avaliações os cabos disparadores foram considerados como não conforme por medirem menos de dois metros, todos em consultórios e clínicas odontológicas. Em dois casos foi identificado que os equipamentos não possuíam cabo disparador, sendo o disparo realizado através do sistema automático, chamado de sistema de retardo, proibido pela Portaria nº 453/98. Oliveira *et al.* (2012), identificaram 3,3% dos equipamentos da amostra da sua pesquisa com comprimento dos cabos disparadores inferior ao recomendado, o índice mais alto foi encontrado por Silva (2010), correspondente a 6% de equipamentos que não atenderam ao comprimento mínimo de dois metros.

O dispositivo de disparo de raios X dos equipamentos deve ser do tipo manual e *dead man*, ou seja, deve ser possível que o operador cancele a emissão de radiação a qualquer momento, como por exemplo, caso o paciente se movimente saindo da posição adequada. Os equipamentos mais modernos são fabricados com disparador tipo *dead man*. Na atual pesquisa foi identificado que 69% dos equipamentos avaliados possuem essa característica. Segundo Almeida (2005) 56,7% dos equipamentos avaliados em sua pesquisa possuíam disparador *dead man*. Os dispositivos de disparo da amostra de Curitiba estão em conformidade com as recomendações de radioproteção em 66,9% das avaliações, ou seja, 33,1% dos equipamentos possuem sistema automático de disparo ou não possibilitam ao operador interromper a exposição depois de iniciada. Neste quesito as instituições de ensino tiveram o melhor desempenho novamente, tendo índice de 92,9% de equipamentos considerados como conforme. O resultado geral, embora alto, foi o melhor resultado comparado com os resultados de Silva (2005), Neves *et al.* (2010), Oliveira *et al.* (2012) e Duarte *et al.* (2014). Silva (2005) constatou que 89% dos aparelhos possuíam o sistema de retardo, proibido pela norma, ou seja, apenas 11% dos equipamentos atenderam os padrões de conformidade. Neves *et al.* (2010) identificaram que 64% dos odontólogos utilizavam o sistema automático. Oliveira *et al.* (2012) encontraram em sua avaliação o índice de 35,5% de equipamentos com sistema de disparo automático. Duarte *et al.* (2014) relataram em sua pesquisa que

45% dos odontólogos da amostra utilizavam equipamentos de raios X com disparador automático, ou seja, com sistema de retardo. O uso do sistema automático é utilizado pelos odontólogos por ser um método prático que proporciona que os profissionais saiam da sala de procedimentos no momento do exame para sua proteção. Porém, essa prática é contra indicada devido ao odontólogo não observar os pacientes no momento da exposição.

Os sistemas de controle do tempo de exposição ou temporizadores encontrados são dos tipos mecânicos ou eletrônicos. Os sistemas mecânicos são proibidos devido a sua imprecisão. Recomenda-se o uso dos sistemas eletrônicos que são exatos e reproduzíveis inclusive em tempos de décimos de segundo (YACOVENCO, 2001 e MS, 1998). Foi constatado que 96,2% dos equipamentos da amostra possuem temporizadores eletrônicos, sendo o tipo recomendado pelas normas de radioproteção. Os equipamentos instalados em instituições de ensino e unidades municipais foram considerados conforme, porém os equipamentos instalados em consultórios e clínicas odontológicas apresentaram índice de não conformidade calculado de 5,6%. Este resultado foi melhor do que o encontrado por Yacovenco (2001), Andrade *et al.* (2012) e Melo *et al.* (2008). Yacovenco (2001) em seu estudo encontrou 28,6% dos equipamentos com temporizador mecânico. Andrade *et al.* (2012) identificou 64% dos equipamentos com temporizador tipo mecânico. Melo *et al.* (2008) relatou em sua pesquisa que 18,4% dos equipamentos possuíam temporizador mecânico.

No Brasil não é exigido que os profissionais usem monitorização individual em caso de carga de trabalho total inferior a 4 mA.min/semana. Apenas em 7% das instalações odontológicas da amostra é realizada monitorização individual através de dosímetros. Esse percentual se refere a algumas instituições com perfil de radiodiagnóstico odontológico. Foi verificado que em nenhum consultório ou clínica odontológica com perfil de atendimento clínico existe monitorização de doses ocupacionais, pois a fiscalização não exige e os profissionais não precisam comprovar o valor da carga de trabalho nas instalações odontológicas. Resultado similar foi encontrado por Melo *et al.* (2008) que descreveu em seu trabalho que 8,7% dos odontólogos utilizavam dosímetros. Mesquita Filho *et al.* (2012), ao avaliar consultórios odontológicos em Minas Gerais concluiu que 16,9% dos odontólogos diziam fazer uso de dosímetro. O índice mais baixo foi identificado por Silva (2010), relatando que apenas 1,8% dos odontólogos de sua pesquisa utilizavam dosímetro.

Contudo, a dose efetiva anual tem diminuído desde 1988. Essa redução na dose se deve à evolução na qualidade dos filmes, a publicação da Portaria nº 453/98 do Ministério da Saúde e a evolução da tecnologia dos equipamentos radiológicos (ALMEIDA, 2005). Por meio do cálculo da carga de trabalho foi constatado que em 15,4% dos ambientes avaliados os odontólogos devem ser monitorados por dosímetro individual, essa porcentagem representa 61,5% das unidades municipais e 13,6% dos consultórios odontológicos. Os valores das cargas de trabalho calculadas dispensam o uso de barreiras de radioproteção nas instalações avaliadas. Durante a pesquisa, as doses medidas nos dosímetros dos odontólogos que participaram da pesquisa foram consideradas como BG, ou seja, doses inferiores a 0,2 mSv. Esse resultado está ligado às baixas doses praticadas em odontologia, distância dos odontólogos da fonte de raios X e dos pacientes que atuam como espalhadores de radiação. Em 76% dos casos os profissionais posicionam-se fora da sala de exames durante a exposição dos pacientes. Do total da amostra 41% dos odontólogos responderam não observar os pacientes durante a realização dos exames, fato que vai contra as recomendações de radioproteção. Oliveira (2012) verificou que 74,2% dos profissionais se protegem da radiação posicionando-se atrás de uma parede, 25,8% se afastam o máximo possível da fonte de radiação. De acordo com Navarro (2009) 46% dos odontólogos se protegem ficando distante da fonte, 32% ficam atrás de paredes de alvenaria e 22% adotam o posicionamento atrás de biombo de proteção. A prática de sair da sala durante a realização das radiografias intraorais é recorrente, porém, aumenta o risco de exposição desnecessária dos pacientes à radiação.

Os resultados obtidos nesse estudo através do questionário podem ser comparados a estudos similares realizados por Almeida (2005), Oliveira *et al.* (2012), Duarte *et al.* (2014) e Mesquita Filho *et al.* (2012). Na presente pesquisa constatou-se que 85% das instituições avaliadas possuem avental plumbífero, 68% possuem protetor de tireoide, 66% fazem uso de posicionador e 59% observam o paciente durante a exposição à radiação. Almeida (2005) identificou o avental plumbífero em 94,6% e protetores de tireoide em 76,4% dos consultórios, 58,6% dos odontólogos usam posicionadores e 62,5% observam o paciente durante a exposição. Oliveira *et al.* (2012) relatam em sua pesquisa que 96,8% dos consultórios possuem avental plumbífero e 87,1% possuem protetor de tireoide. De acordo com Duarte *et al.*, 90% dos consultórios odontológicos possuem vestimentas de radioproteção, porém

alguns não possuem protetor de tireoide. Resultados similares aos da pesquisa de Mesquita Filho *et al.* (2012) que relatou que 90% dos consultórios odontológicos possuem avental plumbífero, porém, apenas 56% dos profissionais utilizam protetor de tireoide. O principal meio de proteção de pacientes utilizado em consultórios odontológicos é o avental plumbífero, entretanto o uso de protetores de tireoide é negligenciado. Esses resultados refletem a porcentagem dos consultórios que possuem aventais plumbífero, porém, Gomes *et al.* (2012) ao entrevistar pacientes expostos a raios X intraorais identificaram que para 61% dos pacientes sempre é oferecido avental plumbífero e apenas 24,7% dos pacientes são protegidos rotineiramente por protetor de tireoide. O trabalho realizado por Bonzoumet (2006) sobre a avaliação da exposição na região dos olhos e pescoço em exames intraorais demonstra que o uso de protetor de tireoide e posicionador no momento da exposição, proporcionam redução importante da dose de radiação que chega a região do cristalino e da tireoide.

Em Curitiba 82% dos locais avaliados utilizam câmaras portáteis de revelação manual. Em 72,6% dos casos a revelação é visual, por meio do “teste da moeda” foi comprovado que apenas 34% das caixas de revelação vedam a entrada de luz e 16,4% dos profissionais dizem utilizar cronômetro e tabela de revelação, ou seja, fazem processamento pelo método de tempo e temperatura sem possuir termômetro, equipamento necessários para essa atividade. Almeida (2005) identificou que as câmaras portáteis são utilizadas em 95,9% dos consultórios, sendo 43% dos casos de câmaras que impedem totalmente a entrada de luz e 23,7% dos odontólogos processam as imagens com o método de tempo e temperatura. Segundo Oliveira *et al.* (2012), 96,8% dos odontólogos utilizam o processamento químico das imagens pelo método visual e as câmaras de revelação foram reprovadas no teste da moeda em 48,4% das avaliações. Esses resultados demonstram que as caixas de revelação são amplamente utilizadas em odontologia e tem a característica de permitir a entrada de luz na sua grande maioria. A entrada de luz causa velamento da imagem e conseqüentemente perda da qualidade diagnóstica. Esse fator pode determinar a repetição das radiografias e conseqüentemente exposição desnecessária dos pacientes.

O sistema de radiologia digital está presente em 11% dos locais avaliados, índice menor em relação aos estudos de Gijbels *et al.* (2005) e Silva (2010). Os pesquisadores descreveram que 30% dos consultórios odontológicos na Bélgica e

50% em Portugal utilizam sistema digital. Segundo os autores, o método digital reduz o tempo de exposição em 50%. O índice baixo no Brasil deve-se ao alto custo dos equipamentos em comparação ao valor do processamento químico.

Quanto ao conhecimento da Portaria nº 453 que regulamenta o uso de equipamentos de raios X no país desde 1998, 63% dos odontólogos de Curitiba responderam que conhecem a Portaria, 13% possui o documento no seu consultório, 37% já fizeram curso de radioproteção e 71% dizem ter interesse em realizar cursos nesta área. De acordo com Almeida (2005) 92,4% dos odontólogos conhecem a Portaria nº 453/1998, 39,5% possuem uma cópia deste documento em seu consultório e 31,2% já fizeram curso de radioproteção. A pesquisa realizada por Melo *et al.* (2008) na cidade de Aracajú - SE com 103 odontólogos que operam equipamentos de raios X em seus consultórios demonstrou que 64,1% dos profissionais desconhecem as normas de radioproteção e 55% desconhecem os parâmetros de exposição dos seus equipamentos. De acordo com Barbosa *et al.* (2001) 42% dos odontólogos já receberam visitas da autoridade sanitária, 10% recebem visitas periódicas, 40% dos entrevistados nunca tiveram seus equipamentos vistoriados pela Vigilância Sanitária e 60% dos odontólogos entrevistados desconheciam o conteúdo da norma. Segundo os pesquisadores, o estudo identificou ainda que os órgãos de fiscalização não exigem todos os requisitos exigidos pela Portaria nº 453/1998 MS e que os odontólogos não conhecem as determinações da norma. Mesquita (2012) constatou que 67,4% dos odontólogos desconheciam as normas de radioproteção. De acordo com o autor, essa falta de conhecimento não tem relação com o tempo de formação universitária do profissional ou da existência de fiscalização por parte da Vigilância Sanitária. Segundo Duarte *et al.* (2014), Cunha *et al.* (2013), Oliveira *et al.* (2012), Mesquita Filho *et al.* (2012), Silva (2010), Neves *et al.* (2010), Santos *et al.* (2010), Navarro (2010), Melo *et al.* (2008), Silva (2005) e Almeida (2005), há falta de conhecimento dos odontólogos em relação à radioproteção. De acordo com Santos (2010), a falta de conhecimento das normas de radioproteção causa falta de informação aos odontólogos quanto à necessidade de realização de exames médicos periódicos dos profissionais potencialmente expostos. Além disso, os odontólogos têm conhecimento vago quanto ao funcionamento dos equipamentos radiológicos e necessidade de manutenções periódicas. A falta de informação gera falha na aplicação dos procedimentos de radioproteção e uso inadequado de equipamentos

individuais ou coletivos de proteção (SANTOS, 2010). Gurgacz *et al.* (2004), implantaram um Programa de Controle de Qualidade em consultórios odontológicos. O trabalho indicou que após palestras e treinamentos estava havendo maior conscientização e mudança de procedimentos dos odontólogos e auxiliares com relação à radioproteção nos consultórios odontológicos.

Embora seja esperado que haja controle dos requisitos básicos de radioproteção em instalações radiológicas, considerando que a Portaria nº 453 MS foi publicada em 1998, foi identificado que isso não ocorre em odontologia. Ainda que o estado do Paraná, através da SESA, demonstre a intenção de fazer o controle e fiscalização na área de radioproteção em odontologia desde 2012, até o momento as ações não foram colocadas em prática. Além da SESA no Paraná, que apresentou resoluções para fiscalização de radioproteção em consultórios odontológicos, o Conselho Federal de Odontologia (CFO) também apresentou em 2010 uma resolução para evitar o uso indiscriminado de raios X. É necessário ressaltar que essas resoluções visam colocar em prática exigências que já são decretadas pela Portaria nº 453 desde 1998. Essa situação é similar à encontrada em Portugal por Silva (2010), concluindo que as condições de radioproteção das clínicas são insuficientes e devem-se a falta de fiscalização, falta de conhecimento e de interesse dos odontólogos. Em Portugal, nenhum local avaliado pela pesquisa respeita as normas de sinalização dos ambientes. Resultado igual ao obtido em Curitiba - PR, onde a sinalização recomendada não foi observada em nenhum local.

6 CONCLUSÕES

Esta pesquisa possibilitou a avaliação das condições de radioproteção em radiologia intraoral em Curitiba - PR. Os objetivos do trabalho foram atingidos por meio do estudo dos resultados da avaliação e das características dos equipamentos de raios X, verificação da existência de EPIs, procedimentos de trabalho e verificação da exposição dos profissionais e pacientes. Os resultados encontrados foram ao encontro de pesquisas similares realizadas no Brasil e no exterior, chegando as seguintes conclusões:

- Os resultados das avaliações de desempenho indicam que os equipamentos de raios X intraorais são fabricados visando o menor custo, não alcançam os padrões de desempenho e de qualidade necessários para garantir a máxima proteção dos pacientes expostos.
- O alto índice de não conformidades dos equipamentos sugere a falta de manutenção, calibração e fiscalização.
- É possível observar que altas doses de exposição dos pacientes estão ligadas à baixa tensão, baixa filtração, altos tempos de exposição e cilindro localizador curto.
- Comparando os resultados dos equipamentos classificados pela tensão nominal foi observado que nenhum equipamento com tensão de 50 kVp foi considerado como conforme.
- A taxa de dose média por segundo mais elevada foi observada nos equipamentos de tensão mais baixa. Esse resultado indica que se deve dar preferência para os equipamentos com tensão superior a 65 kVp que expõe os pacientes a menores doses de radiação e apresentam melhores resultados nos testes de desempenho.
- Os equipamentos de instituições de ensino apresentaram melhor desempenho nas avaliações de controle de qualidade em relação aos consultórios, clínicas odontológicas e unidades municipais, na maioria das verificações.
- As doses ocupacionais praticadas em radiologia intraoral mostraram-se adequadas, porém deve ser implementado o programa de monitorização individual para os profissionais, considerando a carga de trabalho das salas de atendimentos.
- As doses de entrada na pele dos pacientes devem ser otimizadas através da adequação dos equipamentos de raios X às normas de radioproteção, redução do tempo de exposição e implementação do processamento de imagens por meio do método de tempo e temperatura.
- O avental plumbífero é o EPI mais utilizado em consultórios odontológicos. Embora seja de suma importância para a proteção do

paciente em radiologia intraoral, o uso do protetor de tireoide é negligenciado.

- Foi identificado que os odontólogos possuem pouco conhecimento e principalmente falta de interesse em relação à radioproteção. É necessária maior fiscalização e mais informação de radioproteção para os odontólogos.
- De acordo com os resultados e discussões realizadas foi possível concluir que as condições de radioproteção em odontologia intraoral são insuficientes. É notório que o principal fator para garantir a segurança dos profissionais e da população expostos à radiologia intraoral, é a implementação das exigências da Portaria nº 453 SVS/MS 1998.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Análise do índice de repetição e do padrão de qualidade das imagens obtidas em radiografias intraorais. Levantamento das características técnicas e desempenho dos equipamentos para radiologia odontológica extraoral.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, Paul. Are dental radiographs safe? **Australian Dental Journal**, v. 45, n. 3, p. 208-213, Sydney. 2000.

ALBERTAZZI, Armando; SOUZA, André R de. **Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial**. São Paulo: Manole, 2008

ALCARAZ, M. *et al.* Evolution of Diagnostic Reference Levels in Spanish Intraoral Radiology. **Radiat Prot Dosimetry**, Oxford, v. 151, n 1, p. 166-171, 2012.

ALMEIDA, Cláudio, D. Levantamento estatístico de 10 critérios estabelecidos pela Portaria nº 453 MS para os odontólogos que utilizam raios X, 4º CONGRESSO INTERNACIONAL DE RADIOPROTEÇÃO INDUSTRIAL RADIO 2005, Rio de Janeiro, 2005.

ALMEIDA, Cláudio, D. Redução das Doses de Entrada na Pele Utilizadas em Exames de Radiologia Intra-oral no Rio de Janeiro, **Rev. Bras. Odontol.**, Rio de Janeiro, v. 62, n. ¾, p. 162-165, 2005.

ANDRADE, Jordana K. M. L.; DANTAS NETA, Neusa B.; FREITAS, Sergio A. P. Análise dos aparelhos de radiologia odontológica da cidade de Teresina – PI. **Revista interdisciplinar NOVAFAPI**, Teresina, v. 5, n. 2, p. 39-43, mai/jun, 2012.

ANDRADE, Paula S. S. **Elaboração de um Procedimento para Controle de Qualidade em Sistemas de Radiodiagnóstico Odontológico**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) - IPEN/USP, São Paulo, 2007.

BARBOSA, Otilia, D.; GEWHER, Pedro M. Programa para Avaliação e Controle da Utilização de Raios X em Clínicas Odontológica, CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA, Habana, Cuba, 2001.

BARROS, Frieda S. **Utilização de resíduos de chumbo em forma de pó em compósitos poliméricos e como revestimento em superfícies metálicas para serem aplicados em instalações radiológicas**. 2009. 174 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BELINATO, W, SOUZA D. N. Influence of physical parameters on radiation protection and image quality in intra-oral radiology. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, v. 652, p. 794-797, 2011.

BONTRAGER, Kenneth L; LAMPGNANO, John P. **Tratado de Posicionamento Radiográfico e Anatomia Associada**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

BONZOMET, Sielso P.J. **Avaliação da Exposição na Região dos Olhos e do Pescoço em Pacientes Submetidos a Exame Periapical Completo**. 2006. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma NN 3.01. **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. Resolução 27. Diário Oficial da União, 2005.

BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Instituto de Radioproteção e Dosimetria. **Avaliação Postal de Consultórios Odontológicos com Raios X Intrabucal** – Procedimentos Técnicos. Rio de Janeiro, 1999. 14 p.

BRASIL, Conselho Federal de Odontologia, Resolução 102 de 2010, **Proíbe o uso indiscriminado de raios X**. Disponível em: <http://cfo.org.br/servicos-e-consultas/ato-normativo/?id=1446>. Acesso em 01/02/2014.

BRASIL, DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS – DATASUS. **Informações de Saúde**. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?idb2012/e18.def>. Acesso em 22/12/2014.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Radiodiagnóstico médico: Desempenho de equipamentos e segurança**. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Serviços Odontológicos: Prevenção e controle de Riscos**, Brasília, 2006.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro, Portaria n.º 232/2012, **VOCABULÁRIO INTERNACIONAL DE METROLOGIA – conceitos fundamentais e gerais e termos associados**. Brasília, 2012.

BRASIL, Portaria n. 453. **Diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico**. Ministério da saúde: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União. Brasília, 01 jun. 1998.

BRASIL, Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, Resolução XXXX de 2014, **Requisitos de boas práticas para instalação e funcionamento de estabelecimentos de odontologia no Estado do Paraná**. Disponível em: <http://www.sesa.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2789>. Acesso em 01/02/2014

BUSHONG, S. C. **Ciência Radiológica para Tecnólogos: Física, Biologia e Proteção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CUNHA, Andressa; MOREIRA, Aparecida da S.; SIQUEIRA, Claudeir F. de O.; RIBEIRO, Fernando da M.; PEREIRA, Jaqueline H.; SILVA, Fernanda P. Y.; SILVA, Bruno S. de F. Avaliação do conhecimento sobre radioproteção dos cirurgiões dentistas da cidade de Goiânia/GO. **Sci Invest Dent**, Anápolis, v. 16, n. 1, p. 22-28, 2013.

DANIEL, M. D. **Análise da aplicação de controle de qualidade em equipamentos de raios X odontológicos: procedimentos e contribuições para otimização**. 1999. 70 p. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada a Medicina e Biologia) – Universidade de São Paulo, 1999.

DUARTE, Ana F.; FIGUEIRÔA, Julia; FRASSINETTI, Paula. Conhecimentos e atitudes dos odontólogos sobre proteção radiológica em relação à Portaria nº 453 do Ministério da Saúde. **Ciências Biológicas e da Saúde**, Recife, v. 1, n. 3, p. 75-84, jul. 2014.

EUROPEAN COMMISSION. **European Guidelines On Radiation Protection In Dental Radiology – The Safe Use Of Radiographs In Dental Practice**, Issue N° 136. United Kingdom 2004. 120 p.

FREITAS, Aguinaldo; et al. **Radiologia Odontológica**. 6ª ed. São Paulo: Artes Médicas, 2004.

GALLAGHER, A. *et al.* Application of European Suspension Criteria to Dental Radiology: An Irish Perspective. **Radiat Prot Dosimetry**, Oxford, v. 153, n 2, p. 255-259, 2012.

GIJBELS, F; Debaveye, D; Vanderstappen, M; Jacobs, R. Digital radiographic equipment in the Belgian dental office. **Radiat Prot Dosimetry**, Oxford, v. 117, n 1-3, p. 309-312, 2005.

GOMES, Carolina K.; DUQUE, Ana C. R.; DIAS, Isabela M.; MARTINS, Maria E. M. N.; DEVITO, Karina L. Avaliação do conhecimento dos usuários da Faculdade de odontologia da UFJF quanto às medidas de radioproteção. **Odontol. Clín.-Cient**, Recife, v. 11, n. 1, p. 25-29, jan/mar. 2012.

GURGACZ, Mychelle.S.; GEWHER, Pedro M. Desenvolvimento e implementação de um programa de garantia de qualidade em consultórios odontológicos, **Revista da ABRO**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 4-8, 2004.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources**. IAEA Safety Standards Series N° 115,1996.
INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS. **Radiation Quantities and Units**. Bethesda, MD 20814.1980

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), sala de imprensa, notícias, 2010. Disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=1580>. Acesso em 10/06/2013.

MELO, Maria de F. B.; MELO, Saulo L S. Condições de radioproteção dos consultórios odontológicos. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 13, supl. 2, p. 2163-2170, dez. 2008.

MESQUITA FILHO, Marcos; CRUZ, Debora T.; ATZINGER, Augusto C. V. Conhecimento e procedimentos em radioproteção em consultórios odontológicos: uma visão bioética. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde**, Espírito Santo, v. 14, n. 2, p. 44-51, 2012.

MEZADRI, A. C.; **Verificação das condições de uso e funcionamento dos aparelhos de raios-X odontológicos, na cidade de Itajaí, Santa Catarina**. 2000. 121 f. Dissertação (Mestrado em Radiologia Odontológica) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Santa Catarina, 2000.

NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD, Department of Health. **Guidance Notes for Dental Practitioners on the Safe Use of X- Ray Equipment**, London 2001. 58 p.

NAVARRO, Raphael A. **Mapeamento das condições de funcionamento e radioproteção dos aparelhos de raios X em consultórios odontológicos nas cidades de Palmas e Gurupi, estado do Tocantins.** 2009. 79 f. Tese (Doutorado em Radiologia Odontológica) -Unicampi, Piracicaba, 2009.

NEVES, Frederico S.; VASCONCELOS, Taruska V.; BASTOS, Luana C.; GÓES, Lucas A.; FREITAS, Deborah Q. Atitudes dos cirurgiões-dentistas em relação à proteção radiológica, de acordo com a lei brasileira. **Rev Odontol Bras Central**, Goiânia, v. 19, n. 51, p. 301-305, 2010.

OLIVEIRA, Dayse H. M.; ALMEIDA, Manuella S. C. Avaliação das atitudes de Cirurgiões-Dentistas acerca dos aspectos de radioproteção de Patos – PB, IX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, Paraíba, 2012.

SANTOS, Ricardo A.; MIRANDA, Antônio C.; SILVA, Edna da C. As normas de radioproteção e o uso de equipamentos de proteção individual na concepção dos cirurgiões-odontólogos, **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 15 (Supl.2), p. 3125-3127, 2010.

SILVA, Paulo R. D.; FREITAS, Claudio F. Estudo epidemiológico da utilização dos métodos de proteção radiológica em consultórios odontológicos no município de Marília-SP, **RPG Rev Pos Grad**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 481-486, 2005.

SILVA, Cristina R. S.; **Proteção radiológica dentária intraoral no concelho de Vila do Conde.** 2010. 141 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade do Porto, 2010.

SOARES, Flávio A. P; *et al.* Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. **Radiol Bras**, v. 44, n. 2, p. 97-103, São Paulo, mar/abr. 2011.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA, SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA E SOCIEDAD ESPAÑOLA DE RADIOLOGIA MÉDICA. **Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico**, revisión 2, Madrid, 2011. 321 p.

TAMBURÚS, José R; *et al.* Processamento radiográfico - câmara escura portátil: relação entre filtro de luz e densidade de base + véu. **Rev Odontol Univ**, v. 13, n. 1, p. 93-100, São Paulo, jan./mar. 1999.

TAUHATA, Luis; et al. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. IRD/CNEN 5ª Revisão. Rio de Janeiro, 2003. 242 p. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/documentos/FundamentosCORv5.pdf>. Acesso em 27/10/2013.

TILLY Jr, João G. **Física Radiológica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Departamento de Estatística. **Estatística II** (notas de aula). Acesso em 30/10/2014. Disponível em: <https://sites.google.com/site/estcompufpr/apostila%13/>

UNSCEAR, **Report to the General Assembly with Scientific Annexes**, volume I, UNSCEAR 2008, United Nations 2010.

WHAITES, Eric. **Princípios de Radiologia Odontológica**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

YACOVENCO, Alejandro A. **Desenvolvimento e Implantação de um Sistema de Garantia da Qualidade em Radiologia Odontológica**. 1999. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1999.

YACOVENCO, Alejandro A. Análise dos Problemas mais Frequentes da Radiografia na Prática Odontológica, **Revista da ABRO**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 29-39, jan/jun. 2001.

ANEXO A – Instruções para irradiar o kit postal

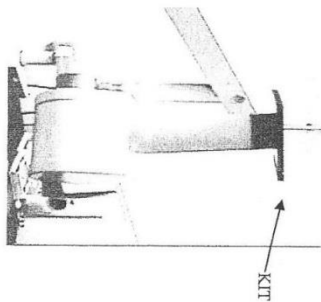
INSTRUÇÕES PARA IRRADIAÇÃO DO KIT DOSIMÉTRICO

1. Leia atentamente estas instruções antes de irradiar o KIT.
2. A irradiação do KIT deverá ser feita pelo dentista.
3. Utilize um KIT para cada aparelho de raios X.
4. Posicione o localizador do aparelho em direção ao teto da sala, em seguida coloque o KIT sobre o localizador, prendendo-o com uma fita d'atex.
5. O lado do círculo preto indicativo marcado no KIT deverá ficar encostado no localizador.
6. O centro do feixe de raios X deverá coincidir com o círculo preto do KIT. Se o localizador é do tipo côncavo, a ponta do cone deverá ficar encostada no círculo preto do KIT.
7. Selecione no aparelho de raios X o **TEMPO** que é utilizado para fazer a radiografia de um **DENTE MOLAR SUPERIOR**. Em seguida **IRRADIE** o KIT apenas **UMA VEZ**.
8. Preencha todos os dados da ficha de dados em anexo.
9. Devolva o kit e a ficha de dados ao IRD o mais breve possível.
10. A avaliação do KIT é baseada no capítulo 5 da Portaria 453 MS e será emitido um Resumo de Inspeção ou Laudo de Aprovação que será enviado ao dentista.

Para obter informações sobre o curso de proteção radiológica e controle de qualidade em radiologia oral visite a página do IRD <http://www.ird.gov.br> ou ligue para 3411.8205 (o curso é realizado no IRD todos os anos no mês de agosto).

Para solicitar cópia da Portaria 453 MS envie e-mail para claudio@ird.gov.br.

OBS: A não irradiação ou irradiação incorreta do KIT implicará na necessidade de nova solicitação do serviço e respectiva cobrança.



Para irradiar o KIT direcione o tubo para o teto. Colocando o KIT apoiado na ponta do localizador.

IRD
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA
NUCLEAR
INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E
DOSIMETRIA

INSTRUÇÕES PARA O PREENCHIMENTO
DA FICHA DE DADOS E
PARA A IRRADIAÇÃO DO KIT

ANOTE E GUARDE O SEU CÓDIGO
DE IDENTIFICAÇÃO PARA
INFORMAÇÕES E
ACOMPANHAMENTO DE PROCESSO
NO IRD

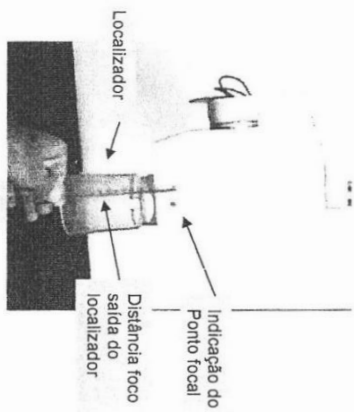
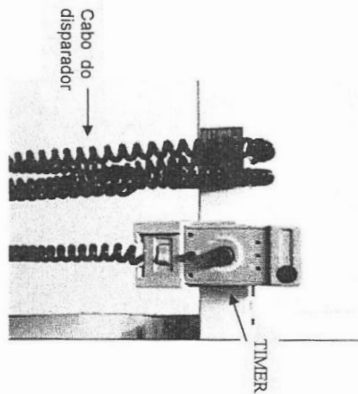
RJ _____

COPIE O NÚMERO NA FICHA DE DADOS

ANEXO A – Instruções para irradiar o kit postal

INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DA FICHA DE DADOS

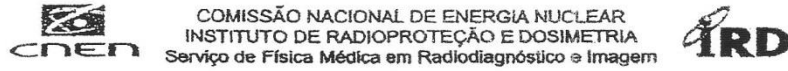
- 1. IDENTIFICAÇÃO DO APARELHO DE RAIOS X**
Identifique o aparelho de raios X, indicando o *fabricante*, *modelo* e *número de série*. Essas informações podem ser encontradas no painel de controle, no manual de instruções ou na plaqueta afixada ao aparelho.
- 2. CARACTERÍSTICAS DO FILME**
Indique o *fabricante* e *tipo* de filme utilizado em radiografias intra-orais. Caso use mais de um tipo de filme, indique o de uso mais frequente. Indique também o *número de filmes* gastos por mês (por exemplo, uma média dos últimos três meses).
- 3. CARACTERÍSTICAS DO APARELHO DE RAIOS X**
 - 3.1. Indique se o seletor de duração do tempo de exposição ("timer") é do tipo *mecânico* ou do tipo *eletrônico*. O timer do tipo *mecânico* é aquele que o ponteiro se move durante a exposição (cornum nos aparelhos antigos).
 - 3.2. Indique o(s) tipo(s) de disparador(es) do aparelho. O *disparador manual* é aquele que inicia a exposição com a pressão sobre o botão localizado na ponta do cabo do disparador. O *disparador com refardo* é aquele em que a exposição é iniciada apenas alguns segundos após a compressão do botão disparador, que normalmente está localizado no corpo do aparelho. Alguns aparelhos apresentam os dois sistemas; nesse caso, indique "ambos".
 - 3.3. Indique o *comprimento do cabo do disparador*. Essa medida deve ser feita com o cabo completamente esticado.



4. CARACTERÍSTICAS DA TÉCNICA RADIOGRÁFICA

- 4.1 Indique a técnica radiográfica que é utilizada para a radiografia de um **dente molar superior**, neste aparelho. A *quilovoltagem (KV)* e a *milliamperagem (mA)* são geralmente fixas e podem ser encontradas em uma plaqueta no aparelho ou no manual de instruções. O *tempo* é o mesmo que você utiliza para radiografar o paciente.
 - 4.4 Indique a distância entre o ponto focal do seu aparelho e a extremidade de saída do localizador. O ponto focal está localizado no cabeçote do aparelho, geralmente a cerca de 1 cm do início do localizador.
- 5. IDENTIFICAÇÃO DO DECLARANTE**
- As informações prestadas são de sua responsabilidade. Coloque seu nome, CPF e CRO, anote a data e assine a ficha. Em caso de dúvidas, entre em contato pelo telefone 3411.8134 (Claudia).
- IMPORTANTE**
- O preenchimento incompleto da ficha de dados ou a irradiação errada do KIT poderá atrasar ou inviabilizar a emissão do resumo de inspeção e/ou do laudo de aprovação.
- Devolva o KIT imediatamente após a irradiação. A não devolução do KIT no prazo máximo de 30 dias acarretará cobrança de multa prevista na ordem de serviço.**

ANEXO B – Fichas de dados para avaliação dos equipamentos



RAIOS X ODONTOLÓGICOS - APARELHOS PERIAPICAL

	<input type="checkbox"/> Avaliação de verificação; <input type="checkbox"/> Avaliação de Acompanhamento; <input type="checkbox"/> Avaliação de Controle
--	--

Nome CPF/CGC

(nome, sem abreviatura, do responsável ou razão social da empresa. O endereço abaixo deve ser do local onde está instalado o aparelho de raios x)

Endereço:

Bairro Município UF

CEP Telefone () Fax

E mail:

Aparelho(s) de raios X odontológico (periapical) instalado (s) no endereço acima:

Aparelho 01	Aparelho 02
Fabricante	Fabricante
Modelo	Modelo
Número de Série	Número de Série
Aparelho 03	Aparelho 04
Fabricante	Fabricante
Modelo	Modelo
Número de Série	Número de Série

Dentistas que operam os aparelhos acima relacionados (nome completo, sem abreviatura), número do CRO. Favor informar no espaço entre parênteses se já participou de curso de proteção radiológica. (sim) ou (não)

Nome CRO ()
 (cirurgião dentista responsável técnico)

Nome CRO ()

Nome CRO ()

Nome CRO ()

Nome CRO ()

OBS. No caso de haver mais aparelhos (periapicais) ou dentistas que operam os aparelhos, favor indicar no verso desta folha

.....
 Local e Data Assinatura do Responsável

ANEXO B – Fichas de dados para avaliação dos equipamentos



COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE radioproteção e DOSIMETRIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA MÉDICA
SERVIÇO DE FÍSICA EM radiODIAGNÓSTICO e IMAGEM



LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ANTES DE PREENCHER ESTA FICHA

FICHA DE DADOS RAIOS-X ODONTOLÓGICO - APARELHO PERIAPICAL - INSPEÇÃO POSTAL

Esta ficha deve ser preenchida e assinada pelo dentista responsável, a quem cabe toda a responsabilidade pelas informações prestadas. Em caso de dúvida no preenchimento, consulte o manual do aparelho, a assistência técnica do fabricante ou o IRD. Fichas incompletas ou preenchidas incorretamente não serão processadas, atrasando a confecção do relatório de inspeção.

1. IDENTIFICAÇÃO DO APARELHO DE RAIOS-X			
1.1. FABRICANTE:			1.2. MODELO:
<input type="checkbox"/> Siemens	<input type="checkbox"/> Dabi-Atlante	<input type="checkbox"/> Funk	<input type="checkbox"/> Trophy
<input type="checkbox"/> Gnatus	<input type="checkbox"/> Rhos	<input type="checkbox"/> Prodentol	<input type="checkbox"/> Procion
<input type="checkbox"/> Phillips	<input type="checkbox"/> Outro: _____		1.3. N° DE SÉRIE:
2. CARACTERÍSTICAS DO FILME			
2.1. FABRICANTE:	<input type="checkbox"/> Kodak	<input type="checkbox"/> Agfa	<input type="checkbox"/> Outro: _____
2.2. TIPO:	<input type="checkbox"/> Insight	<input type="checkbox"/> Dentus	<input type="checkbox"/> Outro: _____
	<input type="checkbox"/> Ektaspeed		
2.3. FILMES/MÊS: _____			
3. CARACTERÍSTICAS DO APARELHO DE RAIOS-X			
3.1. TIPO DO TIMER:		<input type="checkbox"/> Eletrônico	<input type="checkbox"/> Mecânico
3.2. TIPO DO DISPARADOR		<input type="checkbox"/> Manual	<input type="checkbox"/> Retardo <input type="checkbox"/> Ambos
3.3. COMPRIMENTO DO CABO DISPARADOR:		_____ cm	
4. CARACTERÍSTICAS DA TÉCNICA RADIOGRÁFICA (MOLAR SUPERIOR)			
4.1. kV: _____	4.2. mA: _____	4.3. Tempo: _____ s	
4.4. DISTÂNCIA FOCO-SAÍDA DO LOCALIZADOR: _____ cm			
5. IDENTIFICAÇÃO DO DECLARANTE			
5.1. NOME: _____			
5.2. CPF: _____		5.3. CRO: _____	5.4. DATA: _____
5.5. ASSINATURA: _____			
NÃO PREENCHER – PARA USO DO IRD			
DATA: _____	COD. INSTIT.: _____	COD. APAR.: _____	COD. KIT: _____
LEITURA ANTES	LEITURA DEPOIS	LOTE TLD	DIÂMETRO
_____	_____	_____	_____

ANEXO B – Fichas de dados para avaliação dos equipamentos



COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA MÉDICA
SERVIÇO DE FÍSICA MÉDICA EM RADIODIAGNÓSTICO E IMAGEM



FIGHA DE DADOS II
RAIOS-X ODONTOLÓGICO - APARELHO PERIAPICAL - INSPEÇÃO POSTAL

Dr., favor preencher o formulário abaixo marcando as respostas com X:

PERGUNTAS		SIM	NAO
1	Neste consultório há avental de chumbo para proteção do paciente?		
2	Neste consultório há protetor de tireóide para proteção do paciente?		
3	É comum utilizar dispositivo de alinhamento ou posicionador para realizar radiografias?		
4	O paciente é observado durante a realização do exame radiográfico (no momento da exposição)?		
5	O disparador de raios X manual é do tipo "dead man"? <small>Para identificar isto no aparelho, siga os seguintes passos: Posicione o tubo para o teto, selecione um tempo de 1,5 segundos no timer, aperte o disparador e imediatamente tire o dedo. Se o disparo continuar, significa que o disparador não é do tipo "dead man".</small>		
6	Os filmes são revelados visualmente?		
7	Os filmes são revelados em caixa portátil de revelação?		
8	Caso positivo, esta caixa impede totalmente a entrada de luz externa? <small>Para responder esta pergunta faça o teste da moeda. Basta colocar uma moeda sobre uma película virgem (retire do envelope) no fundo da caixa durante um minuto, em seguida revele a película. Se aparecer a imagem da moeda no filme, é porque a caixa permite a entrada de luz. Neste caso ela deverá estar sempre coberta na hora da revelação. (favor grampar o filme com resultado do teste nesta ficha de dados)</small>		
9	Para revelar os filmes é utilizado cronômetro, termômetro e tabela (tempo e temperatura)?		
10	É de seu conhecimento que existe uma norma do Ministério da Saúde que regulamenta o uso de aparelho de raios X no país?		
11	No consultório tem cópia desta norma (portaria 453 MS)?		
12	O senhor(a) já fez algum curso de proteção radiológica e controle de qualidade em radiologia oral?		
13	Caso negativo, gostaria de fazer?		
<p>Para receber informações sobre cursos ou palestras sobre radiologia oral, anote aqui seu e-mail. Faça observações ou dê opinião do trabalho realizado pelo IRD (Pode ser usado o verso da folha).</p>			

ANEXO B – Fichas de dados para avaliação dos equipamentos

Filmes são acondicionados	Geladeira	
	Temperatura ambiente	
Técnica usada em	Pediatria kV	Tempo mA
	Gestantes kV	Tempo mA
Aventais de chumbo	Dobrados	
	Acondicionados corretamente	
Como é feita a revelação	Com tabela e termômetro	
	Avaliação visual agitando o filme	
No momento da exposição o dentista	Fica dentro da sala e visualiza o paciente	
	Fica fora da sala e visualiza o paciente	
	Fica fora da sala e não visualiza o paciente	

COMENTÁRIOS

KIT N°

Tensão

Tensão indicada	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4

Tempo de exposição

Tempo indicado	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4

ANEXO C – Estimativa do número de equipamentos intraorais em Curitiba - PR



PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA
SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE
CENTRO DE SAÚDE AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL

Ofício nº 122/14 - Controle e Monitoramento Sanitário

Curitiba, 01 de abril de 2014.


Prezada Senhora,


Em resposta a solicitação de informações a respeito da quantidade de consultórios odontológicos e de equipamentos intra-orais em funcionamento em Curitiba declaramos que recebemos solicitação de igual teor da Secretaria da Saúde do Estado do Paraná através do Ofício nº 134/2014/CEVS/DVVSS para responder a Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Importante informar que respondemos a SESA através do Ofício 106/14, salientamos que a Resolução SMS nº 9 de 04/09/2009 relaciona as atividades de interesse à saúde, segundo a codificação da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) e os Estabelecimentos Odontológicos estão relacionados como Atividade Odontológica.

Quanto ao solicitado estão cadastrados no Sistema Municipal de Informações em Vigilância Sanitária e Saúde Ambiental (SIMIVISA) 4645 estabelecimentos com atividade odontológica sendo 3894 ativos, com estimativa de 3505 (90%) equipamentos de RX intra-orais.

Atenciosamente,


Giselle Kosiak Poitevin Pirih
Coordenadora da
Vigilância Sanitária


Luiz Armando Erthal
Diretor do Centro de
Saúde Ambiental



ILUSTRÍSSIMA SENHORA

Frieda Saicla Barros

Prof. Dra. do Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica – PPGEB
UTFPR - Campus Curitiba

Avenida Sete de Setembro, 3165 - Rebouças, Curitiba - PR, 80230-901
(41) 3310-4545

ANEXO D – Certificados de calibração dos instrumentos de medição

	<p>UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE</p> <p>Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289 • Cidade Universitária • Butantã CEP 05508-010 • São Paulo • SP • BRASIL • www.iee.usp.br CNPJ: 63.025.530/0042-82 • Inscrição Estadual: Isento</p> <p>Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0011</p>	
<p>RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 77306</p>		<p>Folha 1 de 4</p>
<p>A. Laboratório Responsável: PRODES-04 - SERVIÇO TÉCNICO DE PRODUÇÃO E DE DESEMPENHO E SEGURANÇA DE MÁQUINAS, SISTEMAS E MATERIAIS</p> <p>B. Ordem de Serviço nº: 2014615</p> <p>C. Descrição do Corpo de Prova: <i>Nº: 2 – Medidor de kVp Não Invasivo</i> <i>Marca: Electronic Control Concepts, Modelo: 815, Nº Série: 370.</i></p> <p>D. Cliente: JOÃO GILBERTO TILLY JÚNIOR ME. Endereço: Rua Nelson Ferreira da Luz, 497 sala 34 Cep: 81220130 Cidade/Estado: Curitiba PR</p> <p>E. Interessado: JOÃO GILBERTO TILLY JÚNIOR ME. Endereço: Rua Nelson Ferreira da Luz, 497 sala 34 Cep: 81220130 Cidade/Estado: Curitiba PR</p> <p>F. Objetivo: <i>Serviço nº: 2/1 - Verificação da calibração de medidores de kVp não Invasivo - gerador monofásico</i> <i>Serviço nº: 2/2 - Verificação da calibração de medidores de kVp não Invasivo - gerador trifásico</i> <i>Serviço nº: 2/3 - Verificação da calibração de medidores de kVp não Invasivo - potencial constante</i></p> <p>G. Norma ou Procedimento: <i>IEE-IT-0031 - PROCEDIMENTO DE ENSAIO PARA VERIFICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES NÃO-INVASIVOS DE TENSÃO APLICADA A TUBOS DE RAIOS X.</i></p> <p>H. Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O Corpo de Prova foi recebido em: 19/09/2014 • Ensaio realizado no período de: 29/09/2014 a 29/09/2014 • Relatório de Ensaio em arquivo eletrônico: <ul style="list-style-type: none"> - É cópia integral e fiel do original impresso e assinado que estará à disposição no IEEUSP. • Forma de apresentação: Arquivo Eletrônico (formato ADOBE® *.pdf) autenticado pelo sistema de autenticação de documentos da Universidade de São Paulo. • Forma de envio: O endereço eletrônico (link) e o código de acesso ao documento serão enviados por e-mail. • O IEE USP não emite vias impressas dos certificados de calibração e dos relatórios de ensaio em respeito à política de sustentabilidade da Universidade de São Paulo. • O IEE USP mantém uma cópia impressa assinada fisicamente em seu sistema de arquivamento em papel. 		
<p><small>* Este documento atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, e que avalia a competência do laboratório e compromete a sua idoneidade a padrões nacionais de ensaio; O conteúdo e as conclusões aqui apresentadas são de exclusiva responsabilidade do(a) autor(es) e não refletem, necessariamente, as opiniões da Universidade de São Paulo. A reprodução deste documento não pode ser parcial e depende da aprovação por escrito do laboratório. Os resultados apresentados neste documento referem-se exclusivamente ao corpo de prova submetido ao(a) ensaio(s) nas condições especificadas, não sendo extensivos a qualquer outro. O IEE USP mantém o original deste documento arquivado por um período de cinco anos, no sistema; Diversos julgamentos profissionais constantes deste documento não fazem parte do escopo de acreditação; A Cgcre/Inmetro é a agência do Acordo de Reconhecimento Mútuo de EAC.</small></p>		


IEE-MD-005 - rev 02 - MAR/2014



Assa de imprimir, pense em sua responsabilidade e compromisso com o meio ambiente

Documento emitido USP (Informações adicionais última página): 88V6-6ZCU-WHVP-WUT8


ANEXO D – Certificados de calibração dos instrumentos de medição

	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE <small>Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0011</small>																																										
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 77306	Folha 2 de 4																																										
<p>1. Descrição dos ensaios</p> <p>1.1. Equipamentos utilizados</p> <p>A TABELA 1 apresenta os equipamentos e instrumentos utilizados durante a verificação de calibração do corpo de prova.</p> <p>TABELA 1 - Equipamentos e instrumentos utilizados para a verificação da calibração do corpo de prova.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Equipamentos</th> <th>Fabricante</th> <th>Modelo</th> <th>Próxima calibração</th> <th>Certif. Calibração</th> <th>SIS-CON</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gerador de raios X (G)</td> <td>Philips</td> <td>MGC40</td> <td>nov/2014</td> <td>CC/IEE 76.227</td> <td>MT 719</td> </tr> <tr> <td>Châncel de Alta Tensão (C)</td> <td>Philips</td> <td>Interno</td> <td></td> <td></td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Osciloscópio digital</td> <td>Tektronix</td> <td>TD5 5104</td> <td>set/2015</td> <td>IEE RBC 77.190</td> <td>MT 1224</td> </tr> <tr> <td>Filtros de Alumínio</td> <td>Radical Co.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>MT 590</td> </tr> <tr> <td>Monitor de Pressão</td> <td>Oregon Scientific</td> <td>BA02B</td> <td>fev/2015</td> <td>PT RBC 136 070-101</td> <td>MT 1136</td> </tr> <tr> <td>Monitor de Temperatura</td> <td>GE Sensing</td> <td>510N1C</td> <td>dez/2014</td> <td>DIMCI 2631/2013</td> <td>MT 2148</td> </tr> </tbody> </table> <p>1.2. Legendas para as abreviações utilizadas neste documento</p> <p>VI = Valor Indicado (Indicação obtida no corpo de prova); WC = Valor Verdadeiro Convencional (indicação obtida no padrão); $N_{kV,Q}^{100\%}$ = Fator de calibração do corpo de prova para a tensão aplicada ao tubo de raios X na qualidade Q; kVp = Tensão de pico máxima (IEC 61676:2002); kVp_{mean} = Tensão de pico média (IEC 61676:2002); PPV = Potencial de Pico Prático (IEC 61676:2002); 1^o CSR = Primeira camada semi-redutora.</p> <p>1.3. Método Utilizado</p> <p>Foram realizadas três medições comparativas entre o padrão e o corpo de prova, para cada valor de referência, com a finalidade de verificar sua calibração e repetibilidade na faixa de utilização. Adicionalmente, são apresentados os fatores de calibração e suas incertezas para um fator de abrangência k=2 para um nível de confiança de aproximadamente 95%.</p> <p>O corpo de prova foi posicionado a 1m do ponto focal do tubo de raios X e submetido a um campo de radiação de dimensões lineares de pelo menos 1,5 vezes maior do que a dimensão linear correspondente ao volume sensível do detector padrão ou do corpo de prova, em geometria de feixe estreito, conforme recomendações do "Technical Report Series - no 457, Dosimetry In Diagnostic Radiology: An International Code of Practice", TRSS457, da Agência Internacional de Energia Atômica, Viena, IAEA, 2007.</p> <p>Para compor a Incerteza padrão combinada expandida do fator de calibração $N_{kV,Q}^{100\%}$, a exatidão e resolução do corpo de prova foram estimados em 1% e 0,5kVp, respectivamente.</p>		Equipamentos	Fabricante	Modelo	Próxima calibração	Certif. Calibração	SIS-CON	Gerador de raios X (G)	Philips	MGC40	nov/2014	CC/IEE 76.227	MT 719	Châncel de Alta Tensão (C)	Philips	Interno			---	Osciloscópio digital	Tektronix	TD5 5104	set/2015	IEE RBC 77.190	MT 1224	Filtros de Alumínio	Radical Co.				MT 590	Monitor de Pressão	Oregon Scientific	BA02B	fev/2015	PT RBC 136 070-101	MT 1136	Monitor de Temperatura	GE Sensing	510N1C	dez/2014	DIMCI 2631/2013	MT 2148
Equipamentos	Fabricante	Modelo	Próxima calibração	Certif. Calibração	SIS-CON																																						
Gerador de raios X (G)	Philips	MGC40	nov/2014	CC/IEE 76.227	MT 719																																						
Châncel de Alta Tensão (C)	Philips	Interno			---																																						
Osciloscópio digital	Tektronix	TD5 5104	set/2015	IEE RBC 77.190	MT 1224																																						
Filtros de Alumínio	Radical Co.				MT 590																																						
Monitor de Pressão	Oregon Scientific	BA02B	fev/2015	PT RBC 136 070-101	MT 1136																																						
Monitor de Temperatura	GE Sensing	510N1C	dez/2014	DIMCI 2631/2013	MT 2148																																						

IEE-MD-005 – rev 02 - MAR/2014

Documento emitido USP (Informações adicionais última página): 88V6-6ZCU-WHVP-WUT8

ANEXO D – Certificados de calibração dos instrumentos de medição

	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE <small>Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a ABNT NBR 150/IEC 17025, sob o número CRL 0011</small>
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 77306	Folha 3 de 4

1.4. Condições de Medição

	Mínima	Máxima
Temperatura:	(21,71 ± 0,00)°C	(22,32 ± 00,00)°C
Umidade Relativa do Ar:	(38,6 ± 0,4) %	(40,6 ± 0,4) %
Pressão atmosférica:	(93,07 ± 0,03) kPa	(93,07 ± 0,03) kPa

2. Resultados Obtidos

2.1. Fator de calibração para tensão aplicada ao tubo de raios X

A(s) TABELA(S) abaixo apresenta(m) os resultados de medição da tensão aplicada ao tubo de raios X e o fator de calibração do corpo de prova.

TABELA 2 - Resultados de medição de kV_pmean entre o Instrumento de referência e o corpo de prova e o seu fator de calibração para gerador de raios X monofásico de retificação em onda completa na faixa de energias compreendida entre 60 e 120kV.

kV ^{ref}	I _{exatida}	T _{exp}	1 ^o CSR	Filtração Adicional	VI	VC	(N ^{conv} _{kV,Q} ± U _{95%})	k	v _{eff}
[kV]	[mA]	[s]	[mmAl]	[mm]	[kV]	[kV]			
60	60,0	0,3	1,60	0,00	60,20	60,63	(1,01 ± 0,06)	2	infinito
60	60,0	0,3	1,60	0,00	60,73	60,76	(1,03 ± 0,06)	2	infinito
70*	40,0	0,3	2,10	0,00	68,07	70,89	(1,04 ± 0,06)	2	infinito
60	40,0	0,3	2,30	0,00	70,63	61,06	(1,03 ± 0,07)	2	infinito
90	40,0	0,3	2,60	0,00	69,27	91,76	(1,03 ± 0,06)	2	infinito
100	40,0	0,3	2,70	0,00	90,30	102,43	(1,04 ± 0,09)	2	infinito
120	40,0	0,3	3,20	0,00	112,37	119,16	(1,06 ± 0,11)	2	infinito

* Geralmente este valor é selecionado como qualidade de radiação de referência para feixes não atenuados em aplicações gerais de radiografia.

TABELA 3 - Resultados de medição de kV_pmean entre o Instrumento de referência e o corpo de prova e o seu fator de calibração para gerador de raios X trifásico de 8 pulsos na faixa de energias compreendida entre 60 e 120kV.

kV ^{ref}	I _{exatida}	T _{exp}	1 ^o CSR	Filtração Adicional	VI	VC	(N ^{conv} _{kV,Q} ± U _{95%})	k	v _{eff}
[kV]	[mA]	[s]	[mmAl]	[mm]	[kV]	[kV]			
60	160,0	0,6	1,60	0,60	47,67	61,73	(1,09 ± 0,06)	2	infinito
60	100,0	0,6	1,60	0,60	60,40	61,66	(1,10 ± 0,06)	2	infinito
70*	60,0	0,6	2,10	0,60	64,97	71,42	(1,10 ± 0,07)	2	infinito
60	60,0	0,6	2,30	0,60	74,20	60,61	(1,09 ± 0,06)	2	infinito
90	60,0	0,6	2,60	0,60	63,90	91,30	(1,09 ± 0,09)	2	infinito
100	60,0	0,6	2,70	0,60	91,60	101,06	(1,10 ± 0,10)	2	infinito
120	60,0	0,6	3,30	0,60	109,33	120,20	(1,10 ± 0,11)	2	infinito

* Geralmente este valor é selecionado como qualidade de radiação de referência para feixes não atenuados em aplicações gerais de radiografia.

IEE-MD-005 – rev 02 - MAR/2014

Documento emitido USP (Informações adicionais última página): 88V6-6ZCU-WHVP-WUT8

ANEXO D – Certificados de calibração dos instrumentos de medição


		UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE		Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0011	
		RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 77306		Folha 4 de 4	

TABELA 4 - Resultados de medição de KV_{pmean} entre o instrumento de referência e o corpo de prova e o seu fator de calibração para gerador de raios X de potencial constante na faixa de energias compreendida entre 50 e 120kV.

KV_{ref} [kV]	I_{exodo} [mA]	T_{exp} [s]	1ª CSR [mmAl]	Filtração Adicional [mm]	V_i [kV]	V_{VC} [kV]	$(N^{med}_{KV,Q} \pm U_{95\%})$	k	V_{ref}
50	20,0	5,0	1,00	2,00	50,20	52,58	$(1,05 \pm 0,05)$	2	Infinito
60	20,0	5,0	1,00	2,00	57,10	61,14	$(1,07 \pm 0,06)$	2	Infinito
70*	20,0	5,0	2,10	2,00	65,50	70,83	$(1,08 \pm 0,07)$	2	Infinito
80	20,0	5,0	2,40	2,00	75,47	81,00	$(1,07 \pm 0,06)$	2	Infinito
90	20,0	5,0	2,75	2,00	85,00	91,16	$(1,07 \pm 0,06)$	2	Infinito
100	20,0	5,0	3,00	2,00	92,50	101,34	$(1,10 \pm 0,11)$	2	Infinito
120	20,0	5,0	3,00	2,00	108,93	121,45	$(1,11 \pm 0,13)$	2	Infinito

* Geralmente este valor é relacionado como qualidade de radiação de referência para feixes não atenuados em aplicações gerais de radiografia.

Notas:

- ✓ As qualidades padronizadas de radiação utilizadas foram determinadas de acordo com a metodologia descrita pela norma ABNT NBR IEC 60601-2-3:2005 utilizando filtros de alumínio de no mínimo 99,99% de pureza;
- ✓ As qualidades padronizadas de radiação utilizadas foram determinadas considerando como referência a primeira camada semi-redutora mínima para um potencial de 70kV na verificação de conformidade do equipamento de raios X médico com a norma ABNT NBR IEC 60601-2-3:2005;
- ✓ As incertezas relatadas estão em conformidade com o "Guia para Expressão de Incerteza de Medição", 3ª Edição - Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2003.

Leonardo S. Severo
 Físico / Executor




Dr. Marco A. G. Pereira
 Engenheiro / Signatário Autorizado

São Paulo, 30 de setembro de 2014.
 Dispensa assinatura quando disponível em meio eletrônico.


IEE-MD-005 – rev 02 - MAR/2014

Documento emitido USP (Informações adicionais última página): 88V6-6ZCU-WHVP-WUT8

ANEXO D – Certificados de calibração dos instrumentos de medição

	<p>UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE</p> <p>Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289 • Cidade Universitária • Butantã CEP 05508-010 • São Paulo • SP • BRASIL • www.iee.usp.br CNPJ: 63.025.530/0042-62 • Inscrição Estadual: Isento</p> <p>Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0011</p>	 <p>Ensaio NBR ISO/IEC 17025</p> <p>CRL 0011</p>
<p>RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 77305</p>		<p>Folha 1 de 3</p>
<p>A. Laboratório Responsável: PRODES-04 - SERVIÇO TÉCNICO DE PRODUÇÃO E DE DESEMPENHO E SEGURANÇA DE MÁQUINAS, SISTEMAS E MATERIAIS</p> <p>B. Ordem de Serviço nº: 2014515</p> <p>C. Descrição do Corpo de Prova: <i>Nº: 1 – Medidor de Tempo de Exposição Não Invasivo</i> <i>Marca: MRA, Modelo: Cronômetro digital de raios X, Nº Série: 03-126.</i></p> <p>D. Cliente: JOÃO GILBERTO TILLY JÚNIOR ME. Endereço: Rua Nelson Ferreira da Luz, 497 sala 34 Cep: 81220130 Cidade/Estado: Curitiba PR</p> <p>E. Interessado: JOÃO GILBERTO TILLY JÚNIOR ME. Endereço: Rua Nelson Ferreira da Luz, 497 sala 34 Cep: 81220130 Cidade/Estado: Curitiba PR</p> <p>F. Objetivo: <i>Serviço nº: 1/1 - Verificação da calibração de medidores de tempo de irradiação não invasivo - gerador monofásico</i> <i>Serviço nº: 1/2 - Verificação da calibração de medidores de tempo de irradiação não invasivo - gerador trifásico</i></p> <p>G. Norma e/ou Procedimento: IEE-IT-0032 - PROCEDIMENTO DE ENSAIO PARA VERIFICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES NÃO-INVASIVOS DE TEMPO DE IRRADIAÇÃO APLICADOS A TUBOS DE RAIOS X.</p> <p>H. Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O Corpo de Prova foi recebido em: 19/09/2014 • Ensaio realizado no período de: 25/09/2014 a 25/09/2014 • Relatório de Ensaio em arquivo eletrônico: <ul style="list-style-type: none"> - é cópia integral e fiel do original impresso e assinado que estará à disposição no IEE/USP. • Forma de apresentação: Arquivo Eletrônico (formato ADOBE® *.pdf) autenticado pelo sistema de autenticação de documentos da Universidade de São Paulo. • Forma de envio: O endereço eletrônico (link) e o código de acesso ao documento serão enviados por e-mail. • O IEE USP não emite vias impressas dos certificados de calibração e dos relatórios de ensaio em respeito à política de sustentabilidade da Universidade de São Paulo. • O IEE USP mantém uma cópia impressa assinada fisicamente em seu sistema de arquivamento em papel. 		
<p><small>*Este documento atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, e que avalia a competência do laboratório e conforma a sua idoneidade a padrões nacionais de medição. *O conteúdo e as conclusões aqui apresentadas são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, as opiniões da Universidade de São Paulo. *A reprodução deste documento não pode ser parcial e depende de aprovação por escrito do laboratório. *Os resultados apresentados neste documento referem-se exclusivamente ao corpo de prova submetido ao(s) ensaio(s) nas condições especificadas, não sendo extensivos a quaisquer itens. *O IEE USP mantém o original deste documento arquivado por um período de cinco anos, no mínimo. *Eventuais julgamentos profissionais constantes deste documento não fazem parte do escopo de acreditação. *A Cgcre/Inmetro é agência do Acordo de Reconhecimento Mútuo de I.LAC.</small></p> <p>IEE-MD-005 - rev 02 - MAR/2014</p> <p style="text-align: center;"> Antes de imprimir, pense em sua responsabilidade e compromisso com o meio ambiente.</p> <p style="text-align: center;">Documento emitido USP (Informações adicionais última página): MK7E-26JR-11CC-CHH8</p>		

ANEXO D – Certificados de calibração dos instrumentos de medição

 <p style="margin: 0;">UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE</p> <p style="font-size: small; margin: 0;">Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0011</p>	<p style="margin: 0;">RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 77305</p>	<p style="margin: 0;">Folha</p> <p style="margin: 0;">2 de 3</p>
---	--	--

1. Descrição dos ensaios

1.1. Equipamentos utilizados

A TABELA 1 apresenta os equipamentos e instrumentos utilizados durante a verificação de calibração do corpo de prova.

TABELA 1 - Equipamentos e Instrumentos utilizados para a verificação da calibração do corpo de prova

Equipamentos	Certif. Calibração	Data da próxima calibração	Fabricante	Modelo	SIS-CON
Gerador Monofásico (ref. de onda completa)	-	-	Siemens	Heliphos 4B	MT 580
Tubo de Raios-X (foto de funcionamento)	-	-	Siemens	1503052	
Gerador Trifásico (verificação de 6 pulsos)	-	-	IEE/USP	SRTE	MT 684
Tubo de Raios-X (foto de funcionamento)	-	-	Rbta	1243060	
Osciloscópio	RSC-130662	out/2014	Tektronix	TDG 5104	MT 1204
Filtro de Alumínio	-	-	Radcal Co.	(100 x 100) mm	MT 689
Monitor de Pressão	BPT RBC 136 070-101	fev/2015	Oregon Scientific	BA028	MT 1136
Monitor de Temperatura	DMCI 2831/2013	dez/2014	GE Sensing	S10NTC	MT 2146

1.2. Legendas para as abreviações utilizadas neste documento

VI = Valor Indicado (Indicação obtida no corpo de prova)

VVC = Valor Verdadeiro Convencional (Indicação obtida no padrão)

Erro = VI - VVC (erro de Indicação do corpo de prova)

1.3. Método Utilizado

Foram realizadas três medições comparativas entre o padrão e o corpo de prova, para cada valor de referência, com a finalidade de verificar sua calibração e reprodutibilidade na faixa de utilização. Adicionalmente, são apresentados a incerteza expandida para o VVC e o desvio padrão da média para VI.


1.4. Condições de Medição

	Mínimo	Máximo
Temperatura:	(21,28 ± 0,21)°C	(22,01 ± 0,22)°C
Umidade Relativa do Ar:	47%	46%
Pressão atmosférica:	(93,17 ± 1,49)kPa	(93,17 ± 1,49)kPa

IEE-MD-005 – rev 02 - MAR/2014

Documento emitido USP (informações adicionais última página): MK7E-26JR-1ICC-CHHS

ANEXO D – Certificados de calibração dos instrumentos de medição

	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0011	
	RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 77305	
	Folha 3 de 3	

2. Resultados Obtidos

2.1. Tempo de Irradiação

As TABELAS 2 e 3 apresentam os resultados de medição do tempo de irradiação.

TABELA 2 Resultados de medição do tempo de irradiação do padrão e do corpo de prova, e o erro entre elas, com gerador de raios X monofásico na faixa de tempo compreendida entre 80 e 1250 ms.

Faixa	Valor de referência	VVC	VI	Erro	Unidade
80 a 1250 ms	80 ms	0,087 ± 0,000; k = 2,0	0,120 ± 0,000	0,033	[s]
	100 ms	0,122 ± 0,004; k = 2,0	0,154 ± 0,000	0,031	[s]
	320 ms	0,323 ± 0,004; k = 2,0	0,351 ± 0,001	0,028	[s]
	500 ms	0,549 ± 0,007; k = 2,0	0,585 ± 0,005	0,035	[s]
	800 ms	0,858 ± 0,010; k = 2,0	0,887 ± 0,004	0,031	[s]
	1000 ms	1,085 ± 0,004; k = 2,0	1,099 ± 0,001	0,035	[s]
1250 ms	1,384 ± 0,012; k = 2,0	1,421 ± 0,010	0,037	[s]	

TABELA 3 Resultados de medição do tempo de irradiação do padrão e do corpo de prova, e o erro entre elas, com gerador de raios X trifásico na faixa de tempo compreendida entre 80 e 1250 ms.

Faixa	Valor de referência	VVC	VI	Erro	Unidade
80 a 1250 ms	80 ms	0,083 ± 0,001; k = 2,0	0,095 ± 0,000	0,013	[s]
	100 ms	0,116 ± 0,000; k = 2,0	0,129 ± 0,000	0,013	[s]
	320 ms	0,340 ± 0,001; k = 2,0	0,345 ± 0,001	0,005	[s]
	500 ms	0,523 ± 0,004; k = 2,0	0,529 ± 0,000	0,007	[s]
	800 ms	0,828 ± 0,005; k = 2,0	0,833 ± 0,002	0,006	[s]
	1000 ms	1,084 ± 0,005; k = 2,0	1,070 ± 0,003	0,008	[s]
1250 ms	1,252 ± 0,008; k = 2,0	1,264 ± 0,001	0,012	[s]	

A incerteza combinada para o padrão é baseada na incerteza padrão multiplicada pelo fator de abrangência k, fornecendo um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Notas:

- ✓ As qualidades padronizadas de radiação utilizadas foram determinadas de acordo com a metodologia descrita pela norma ABNT NBR IEC 60601-3-3:2009 utilizando filtros de alumínio de no mínimo 99,99% de pureza;
- ✓ As qualidades padronizadas de radiação utilizadas foram determinadas considerando como referência a primeira camada semi-redutora mínima para um potencial de 70kV na verificação da conformidade do equipamento de raios X médico com a norma ABNT NBR IEC 60601-3-3:2009;
- ✓ As incertezas relatadas estão em conformidade com o "Guia para Expressão de Incerteza de Medição", 2ª Edição - Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2003.

Leonardo S. Severo
 Físico / Executor

Dr. Marco A. G. Pereira
 Engenheiro / Signatário Autorizado

São Paulo, 29 de setembro de 2014.
 Dispensa assinatura quando disponível em meio eletrônico.

IEE-MD-005 – rev 02 - MAR/2014

Documento emitido USP (Informações adicionais última página): MK7E-2GJR-1ICC-CHH8