

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



1290005276

TCE/UNICAMP
Si39r
FOP

**RADIAÇÕES IONIZANTES: CONTROLE E
PROTEÇÃO EM ODONTOLOGIA**

HELAINÉ TAIA SILVEIRA

PIRACICABA

1999

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

**RADIAÇÕES IONIZANTES: CONTROLE E PROTEÇÃO EM
ODONTOLOGIA**

HELAINÉ TALA SILVEIRA

*Monografia apresentada à Faculdade de
Odontologia de Piracicaba - UNICAMP,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Especialista em Radiologia.*

Orientador: Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo

111

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
BIBLIOTECA**

PIRACICABA

1999

*Dedico este trabalho ao meu esposo,
Weder C. Nascimento, a quem devo pelo
empenho, incentivo e dedicação na minha
formação.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, presente em todos os momentos, me ajudando a superar os desafios.

Aos meus filhos e ao meu esposo pelo amor que nos mantém unidos.

A todos os familiares, pela ajuda e pelo incentivo que me foram prestados, para que pudesse dedicar-me aos estudos e concluir mais esta etapa de minha formação profissional.

Aos professores Frab Norberto Bóscolo, Agenor Montebelo Filho, Francisco Haiter Neto, Solange Maria de Almeida e Mário Roberto Visioli, pela atenção e carinho que sempre tiveram conosco na clínica e pelo enriquecimento científico que muito contribuiu para o meu aperfeiçoamento profissional.

Ao amigo e Prof. Sérgio Barbosa Maia Andrade, agradeço o apoio, a amizade e a contribuição ao meu desenvolvimento científico.

A todos os colegas do Curso de Especialização, pelo companheirismo, amizade e pela boa convivência. Desejo à todos sucesso na nova fase que está para iniciar em suas vidas.

Aos amigos Elcio e Ana Emília do Curso de Pós-Graduação de Mestrado, agradeço a colaboração.

Ao Valdeck, pela boa vontade, amizade e eficiência com que nos acompanhou no dia-a-dia da clínica.

Meus agradecimentos a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste curso e conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo, quero mostrar minha admiração por seu profundo conhecimento do assunto e agradecer pela amizade, atenção e apoio, fundamentais à realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS	13
3.1 - Física das Radiações (Conceitos Básicos).....	13
3.2 - Grandezas e Unidades de Medidas das Radiações	21
3.3 - Limitação de Doses Individuais.....	25
3.3 - Radiobiologia.....	27
4. DISCUSSÃO	35
a) Proteção ao Paciente.....	35
1 - Prescrição e Critérios na Seleção de Radiografias	35
2 - Seleção do Equipamento	36
2.1 - Colimação.....	36
2.2 - Filtração.....	38
2.3 - Localizadores.....	40
2.4 - Quilovoltagem (kVp) e Miliamperagem (mA).....	40
2.5 - Marcadores de Tempo.....	41
3 - Acessórios.....	42
3.1 - Posicionadores	42
3.2 - Filmes e Placas Intensificadoras.....	43
3.3 - Avental de Chumbo e Protetor de Tireóide.....	44

4 - Processamento do Filme.....	46
5 - Interpretação Radiográfica	47
b) Proteção para o Profissional, Equipe e Áreas Adjacentes.....	47
1 - Posicionamento	47
2 - Monitoração.....	48
3 - Barreiras de Proteção	49
4 - Sinalização.....	49
5 - Levantamento Radiométrico	50
c) Programa de Garantia de Qualidade.....	51
5. CONCLUSÃO.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

1. INTRODUÇÃO

A descoberta dos raios X pelo Físico e Prof. Wilhelm Conrad Röntgen em 1895 e a evolução do uso das radiações ionizantes na Medicina e Odontologia é, sem dúvida, uma das maiores contribuições recebidas pela humanidade. Contudo, a possibilidade do uso da radiação X de provocar efeitos deletérios nos organismos vivos foi verificada quase que imediatamente após a sua descoberta e, desde então, os cientistas perceberam a necessidade de estabelecer técnicas de medidas da radiação e normas de proteção contra os efeitos danosos.

Ainda hoje, não se conhece um limiar abaixo do qual uma dose de radiação seja inócua, sendo assim, é suposição básica de que cada dose de radiação por menor que seja, produza algum dano biológico potencial. Em vista disso, esforços para identificar o equilíbrio entre riscos e benefícios têm resultado no estabelecimento de padrões de proteção radiológica.

Com o objetivo de estabelecer recomendações sobre a utilização correta das radiações ionizantes foi fundada, em 1928, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), órgão independente de qualquer governo que reúne a comunidade científica de diversos países, cuja principal função é a de fornecer guias gerais para o uso da radiação e estabelecer limites máximos permissíveis de radiação. No Brasil, o órgão responsável pela legislação e normatização do uso da radiação bem como a elaboração de Resoluções e Portarias que regulamentam a utilização de aparelhos de raios X é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A mais recente Portaria⁴ é a de nº 453, de 01 de junho de 1998, que aprova o regulamento técnico que estabelece

as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico Médico e Odontológico. Uma das exigências dessa Portaria⁴ é a implantação de um programa de controle e garantia de qualidade, a fim de obter imagens radiográficas de boa qualidade diagnóstica com o menor risco radiológico para o paciente.

Através da revisão da literatura, este trabalho tem por objetivo contribuir com a proteção radiológica, demonstrando aos leitores os avanços obtidos nessa área e o conhecimento sobre os recursos disponíveis para a redução da exposição recebida pelos pacientes e conseqüentemente pelos profissionais envolvidos na rotina de consultórios e clínicas radiológicas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Os efeitos deletérios provocados pelo uso excessivo da radiação X, nos organismos vivos, foram observados logo após a sua descoberta por Röntgen, em 1895. Os pioneiros na radiação X se submeteram a exposições perigosas e muitas vezes foram vítimas dessas experiências. Um deles foi o próprio Röntgen que veio a falecer em 10 de fevereiro de 1923, vítima de um tumor maligno no duodeno, como relata FREITAS⁷ (1994), provavelmente devido a grande quantidade de radiação recebida nessa região, quando dos seus estudos com os raios X.

O Dr. Edmund Kells, considerado o mártir da Radiologia Odontológica, trabalhou com inúmeras pesquisas clínicas com a aplicação dos raios X e também foi vítima dos efeitos biológicos da radiação. Ele sofreu inúmeras queimaduras e teve amputada várias falanges e a mão, acontecimentos que o levaram ao suicídio (FREITAS⁷, 1994). Diante desses fatos, os cientistas perceberam a necessidade de estabelecer técnicas de medidas da radiação e meios de proteção contra os efeitos danosos provocados pela radiação X.

Para se chegar ao estado atual do conhecimento, uma longa trajetória teve que ser percorrida, com o auxílio de constantes melhoramentos a fim de adaptar a descoberta de Röntgen às exigências de nossa especialidade. A primeira manifestação internacional sobre radioproteção só foi ocorrer em 1928, durante o Segundo Congresso Internacional de Radiologia, realizado em Estocolmo, quando foi formada a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), como relata OKUNO²⁷, 1988.

Dentre os vários trabalhos publicados desde então, selecionamos a seguir, aqueles de maior interesse ao nosso estudo.

WHINKLER⁴¹ (1968) realizou um estudo de laboratório para determinar a redução na exposição a radiação que pudesse ser alcançada através da utilização de um feixe retangular. Deste experimento, o autor concluiu que houve considerável redução da radiação através do uso de colimador retangular e sugeriu a necessidade de avaliação adicional a fim de determinar a possibilidade de sua adoção clínica.

A filtração seletiva de fótons de alta e baixa energia foi realizada por RICHARDS²⁹ et al., em 1970. Segundo os autores, considerações teóricas indicam que fótons entre 37,5-40 KeV de variação são mais adequados para radiografia dental. Radiografias realizadas com feixes monoenergéticos confirmaram as conclusões teóricas. Eles observaram ainda que o uso do elemento *samarium* como um filtro de radiação possibilita reduzir bastante a exposição dos pacientes em radiografias dentais. Estas reduções são possíveis de acordo com os autores, porque o *samarium* transmite a porção central do espectro de raios X, produzindo uma imagem de qualidade, enquanto atenua largamente os extremos não produtivos desse espectro.

WEISSMAN & LONGHURST⁴⁰ (1971), após avaliação clínica da utilização de um dispositivo de colimação retangular e comparação com outras técnicas em termos de facilidade de instrução, execução pelos estudantes, riscos de radiação X e qualidade das radiografias, concluíram que a mesma era viável, fácil de ensinar e executar, além de produzir radiografias satisfatórias. Estes resultados levaram os autores a recomendar essa técnica para o profissional de odontologia em sua prática clínica.

Em seu trabalho, JERMAN¹⁶ et al. (1973), compararam a radiação que um paciente absorve em um exame periapical completo (14 radiografias periapicais) mais duas inteproximais em relação a um exame panorâmico mais duas interproximais. Os resultados mostraram que os pacientes receberam uma quantidade significativamente menor de radiação com o exame panorâmico. A quantidade de radiação foi aproximadamente 82% menor no exame panorâmico do que no exame periapical

completo.

ROCHA³⁰ et al. (1977) realizaram um estudo comparativo entre o emprego do avental de borracha plumbífera e o aparador semicircular de chumbo na proteção ao paciente em Radiologia Odontológica. Os autores após medirem a dose de exposição em cada técnica, concluíram que o meio de proteção eleito para a região gonadal durante radiografias dentárias era o avental de borracha plumbífera.

WHITCHER⁴² et al. (1979) demonstraram em seu trabalho a preocupação com a proteção a tireóide através da utilização do colar de chumbo. Pelo uso deste tipo de proteção, os autores observaram uma redução considerável da dose de radiação à glândula tireóide.

VALACHOVIC & LURIE³⁹ (1980), considerando a indução de câncer como o principal risco da radiação ao paciente pediátrico, sugeriram a observação de critérios para a indicação de radiografias em crianças e adolescentes. E ainda, para reduzir a dose ao paciente, os autores consideraram importante a utilização de filmes mais rápidos, avental de chumbo, protetor da tireóide e redução no tamanho do feixe incidente.

GELSKEY & BAKER¹¹ (1981) empreenderam um estudo para determinar qual a melhor espessura de *samarium* requerida para determinar o tempo de exposição e compará-la ao filtro de alumínio de 2,5 mm. As conclusões derivadas deste estudo indicam que a incorporação de 0,16 mm de *samarium* para filtrar o feixe de raios X reduzia a exposição em 40%, quando comparada a 2,5 mm de espessura do alumínio.

SILHA³³ (1981), em uma revisão sobre os filmes radiográficos, considerou o filme Ektaspeed do grupo E, como duas vezes mais rápido, que o filme Ultraspeed do grupo D, que era tido até aquele momento como o mais rápido.

Em novo artigo, SILHA³² (1981), com o objetivo de reduzir a dose de radiação no paciente reforçou a utilização do colar de chumbo, avental de chumbo, filtração, colimação retangular, redução do número de repetições, manipulação cuidadosa do filme e uso de filmes mais rápidos.

No ano seguinte KAUGARS & FATOUROS¹⁹ (1982), após comparação clínica de radiografias cefalométricas e póstero-anteriores de crânio, usando placa intensificadora convencional e placa intensificadora de terras raras, puderam observar que a redução da exposição ao paciente era de 17% a 55% quando do uso de placas intensificadas de terras-raras. Após 130 avaliações clínicas em que se manteve a qualidade diagnóstica e de posse dos resultados obtidos acima, os autores concluíram que a placa intensificadora de terras-raras poderia ser um meio eficaz de proteção ao paciente.

LOCHT²⁵ et al. (1982) compararam as doses recebidas por pacientes na faixa etária de 9 a 10 anos, em radiografias panorâmicas ou 4 periapicais. Ele encontrou que a radiação recebida pelos pacientes através do exame panorâmico era maior que a recebida com as 4 periapicais. O autor indicou, a utilização de 4 radiografias periapicais em substituição à panorâmica em crianças que não apresentassem evidência clínica de problemas ortodônticos.

No estudo de FRYKHOLM⁹ (1983), comparando as características do filme Ektaspeed em relação ao filme Ultraspeed quanto à velocidade, contraste, resolução, fog e sensibilidade à luz de segurança, observou-se que a exposição podia ser reduzida a 58% da dose necessária pela utilização do filme Ektaspeed. O contraste e a resolução foram iguais para ambos e o fog apresentava-se insignificativamente maior no Ektaspeed. Diante desse resultado, o autor considerou que o filme Ektaspeed tinha boa qualidade e recomendou a sua utilização.

GOMES & GOMES¹⁴ (1983), considerando os perigos acarretados pelo uso imprudente dos raios X, sugeriram em seu trabalho meios de proteção para neutralizar ou minimizar os riscos da radiação. De acordo com os autores, aquele que irá trabalhar com os raios X, deverá conhecer as várias técnicas radiológicas, dominar os procedimentos da câmara escura e condições de interpretação a fim de evitar repetições que aumentariam a exposição do paciente a radiação.

LERVIK & COWLEY^{22,23} (1983), realizaram uma revisão sobre pesquisa radiográfica dental em crianças. Em seus estudos, a ênfase foi direcionada na validade

e objetividade dos critérios utilizados para detectar anormalidades, das frequências relatadas e na evidência que sustenta a proposição de que o tratamento precoce leva a melhora no prognóstico. Após a revisão, os autores concluíram que a validade da pesquisa radiográfica em algumas doenças e anomalias dentais ainda não foi firmemente estabelecida. Além disso, observaram que em crianças é difícil de se obter radiografias com qualidade, e por isso um possível efeito prejudicial não pode ser excluído. Acrescentaram que mais pesquisa deveria ser empreendida para determinar o efeito clínico dos diferentes métodos de pesquisa radiográfica, do tratamento precoce ou prevenção em crianças, antes que qualquer procedimento fixo seja estabelecido.

O filme Ektaspeed foi ainda comparado ao Ultraspeed por KAFFE¹⁸ et al. (1984) em respeito à velocidade e qualidade (base de velamento extra, nitidez, resolução e contraste). Pelos resultados, pode se observar que o tempo de exposição foi reduzido em cerca de 50%, não houve perda de contraste e resolução, e a produção de velamento e base não é mais alta na radiografia resultante do que naquela obtida, com o filme Ultraspeed. Portanto, de acordo com os autores, o filme Ektaspeed é altamente recomendado para os exames radiográficos de rotina.

LIEFDE²⁴ (1984), considerando o aumento da radiosensibilidade no período embrionário e fetal, devido ao elevado índice de proliferação e diferenciação celular, afirmou que o exame radiográfico durante a gravidez só deveria ser solicitado em caso de real necessidade. Salientou ainda que, apesar do pequeno risco da radiologia odontológica, se fazia necessário a proteção com avental de chumbo.

Um estudo foi realizado por GELSKEY & BACKER¹² (1984), no qual os autores analisaram o custo/benefício em Radiologia Odontológica aplicando o princípio ALARA (*"as low as reasonably achievable"* - tão baixo quanto razoavelmente exequível). Para obedecer esse princípio, recomendaram a indicação precisa do exame, perfeição na realização da técnica e operação do equipamento e a utilização do colimador retangular.

STEPHENS³⁷ et al. (1985) publicaram um artigo sobre proteção à radiação

ênfatizando a indicaçãõ adequada do exame radiogrãfico e sugeriram critãrios de seleçãõ para pacientes sintomãticos e assintomãticos. Para pacientes assintomãticos e sem histãria pertinente, os autores afirmaram ser desnecessãrio o uso de radiografias para exame.

No estudo de KAFFE¹⁷ et al. (1986), um dispositivo em forma de uma placa de chumbo, em meia lua (referido como protetor de chumbo cervical) foi comparado com o avental de chumbo convencional com respeito à eficiãncia na proteçãõ contra radiaçãõ em um exame periapical de boca toda (14 radiografias periapicais e 2 interproximais). Os resultados mostraram que esta placa submentoniana usada isoladamente, era tãõ efetiva quanto a combinaçãõ de avental de chumbo e protetor de tireãide. Portanto, de acordo com os autores, a utilizaçãõ desta placa submentoniana é recomendada como meio de proteçãõ durante a obtençãõ de radiografias intrabucais.

D'AMBROSIO⁵ et al. (1986) experimentaram cinco diferentes combinaçãões filme/placa intensificadora. As radiografias foram avaliadas quanto a qualidade diagnãstica por 20 radiologistas. Os resultados demonstraram que a seleçãõ adequada de filme/placa intensificadora podia reduzir significativamente a exposiçãõ do paciente sem comprometer a qualidade diagnãstica.

Em sua obra, ÁLVARES & TAVANO¹ (1987) abordaram as medidas de proteçãõ ao paciente, operador e áreas prãximas e afirmaram que, quando os artificios e manobras de proteçãõ sãõ usadas corretamente, pode-se diminuir atã 20 vezes a quantidade de raios X que atinge o paciente.

Fazendo revisãõ sobre os meios de proteçãõ contra radiaçãõ, SMITH³⁵ (1987) afirmou que o exame radiogrãfico deveria ter uma indicaçãõ precisa e condenou a realizaçãõ de radiografias de rotina em pacientes assintomãticos.

TAYLOR³⁸ et al. (1988) fizeram uma revisãõ da literatura e recomendaram que, para manter a qualidade diagnãstica em radiografias para ortodontia, reduzindo a exposiçãõ do paciente, era preciso:

- Usar critãrios na indicaçãõ do tipo e na quantidade de radiografias;

- Usar uma alta kilovoltagem;
- Colimar o feixe de raios X;
- Proteger o paciente das exposições;
- Usar técnica do paralelismo, de preferência com colimação retangular.

No trabalho de KIRCOS²⁰ et al. (1989) foram analisadas radiografias produzidas utilizando o filme Ektaspeed e vários tipos de filtros de terras raras. Após análise dos resultados, os autores concluíram que estes filtros reduziam a dose de radiação ao paciente mantendo a qualidade de diagnóstico da radiografia. Isto foi observado em mais de 71% dos casos.

GARCEZ FILHO¹⁰ et al. (1990) realizaram uma pesquisa com 70 cirurgiões-dentistas da cidade de Aracaju com a finalidade de observar os meios de proteção e utilização dos aparelhos de raios X nos consultórios odontológicos. Após a análise dos resultados, os autores concluíram que havia necessidade de maior divulgação e conscientização dos profissionais com relação às recomendações sobre radioproteção.

MARQUES JR.²⁶ et al. (1991) publicaram um artigo no qual uma série de materiais foram avaliados quanto a sua eficiência como barreira de proteção a radiação X. Os autores observaram que, apesar do chumbo e concreto (10cm) serem considerados como materiais ideais para proteção radiológica, outros materiais utilizados na construção civil, como tijolo maciço ou furado (acrescidos ou não de reboco e/ou azulejo, bem como o concreto (5cm), também era materiais eficientes quanto à absorção de radiação X e podiam ser considerados como bons protetores quando utilizado um aparelho de raios X odontológico (50 kVp e 7 mA).

Em seu trabalho de revisão, WHITE⁴³ (1992) procurou relacionar conceitos ligados a radiologia dental em combinação com a dosimetria para estimar o risco de radiação da radiografia dental. O autor concluiu que, embora o risco da radiografia dental seja pequeno em relação a outros riscos que nós facilmente assumimos durante nossa vida diária (desde dirigir, fumar ou comer alimentos gordurosos), isto não é suporte para assumir que o risco é zero. Embora a radiação pareça ser pouco carcinogênica segundo o autor, a prudência sugere que os profissionais sejam

cautelosos devido ao grande número de pessoas expostas em radiografia dental.

Segundo OLIVEIRA & MOTA²⁸ (1993), a ICRP, através de recomendações publicadas nos anos de 1959, 1964, 1966 e 1977 projetou o sistema de proteção radiológica aplicado em todos os países. Em 1990 foram divulgados as últimas recomendações, com modificações nas grandezas dosimétricas básicas, nos limites de dose e nas estimativas de risco associado ao uso das radiações ionizantes.

SILVA³⁴ (1993), em seu trabalho de tese, se propôs a revisar a literatura sobre os recursos comumente usados para radioproteção em Odontologia. Após seu estudo e discussão da literatura, a autora ressaltou diversos aspectos importantes da radioproteção, como: indicação correta do exame radiográfico, calibração dos aparelhos, filtros constituídos de elementos de terras raras, uso de colimação retangular, filmes rápidos, uso rotineiro do avental de chumbo acrescido de colarinho para proteção a tireóide, condições adequadas para interpretação radiográfica, atualização e conscientização profissional sobre a necessidade de proteção em Radiologia Odontológica.

GOAZ & WHITE¹³ (1993) publicaram em sua obra um guia de procedimentos de manutenção e controle de qualidade recomendado pelo NCRP (1990). De acordo com a literatura por eles consultada deve-se estabelecer um programa de controle de qualidade para assegurar imagens radiográficas de alta qualidade com exposição mínima aos pacientes e pessoal de trabalho.

Em sua obra, FREITAS⁷ (1994), escreveu sobre a higiene e proteção contra as radiações ionizantes. O autor recomendou entre outras medidas que a filtração total nos aparelhos de raios X odontológicos, até 70 kVp, devem ter o equivalente a 2,25mm de alumínio. Para o autor, o uso de aventais plumbíferos principalmente em crianças, gestantes e pacientes em faixa etária de maior atividade concepcional é um procedimento obrigatório e deverá ter no mínimo 0,25mm de chumbo na sua constituição.

SOUZA³⁶ et al. (1994) realizaram um estudo com o propósito de determinar a proporção ideal do mineral barita em argamassa de revestimento e a espessura

necessária e equivalente à espessura de chumbo para barrar ou absorver raios X de aproximadamente 30 KeV de energia efetiva, para blindagens em clínicas odontológicas. Após os resultados obtidos, os autores concluíram que para a energia proposta de 30 KeV, a melhor mistura encontrada foi de 60% de barita com 53,7% de sulfato de bário, 20% de areia fina e 20% de cimento CPE 32 e que cada 5,6mm da mistura da argamassa estudada teria uma proteção eqüivalente a 1 milímetro de chumbo.

Em seu artigo, HIRSCHMANN¹⁵ (1995) discutiu alguns critérios de proteção em Radiologia Odontológica. O autor considerou que não há obrigatoriedade para o uso rotineiro do avental de chumbo alegando que estes aventais, de acordo com a literatura por ele consultada, não oferecem proteção contra a radiação espalhada internamente no corpo e que ainda, no caso da radiografia panorâmica, poderiam prejudicar a imagem final por interferência física.

RUSHTON & HORNER³¹ (1995) realizaram um estudo com o propósito de avaliar o impacto de duas medidas de controle de qualidade sobre a radiografia na prática odontológica geral. A qualidade radiográfica periapical foi avaliada antes e depois da introdução do porta-filmes e das medidas de controle de qualidade do processamento. Os resultados deste estudo demonstraram melhoras significativas na qualidade diagnóstica das radiografias observadas, sustentando os guias atuais de medidas de controle de qualidade. De acordo com os autores, o uso de porta-filmes e a introdução de medidas de controle de qualidade do processamento deveriam ser ensinados aos estudantes, profissionais e assistentes como rotina nos programas de graduação e de educação continuada.

LANGLAND & LANGLAIS²¹ (1997) relacionaram os diversos fatores básicos que afetam a saúde radiológica e abordaram as medidas utilizadas na proteção do paciente, operadores e áreas próximas. Eles salientaram também a necessidade de se ter um programa de controle de qualidade, alegando que no caso de qualquer radiografia sem padrão, a causa poderia ser detectada rapidamente e corrigida, prevenindo futuras repetições.

Em publicação interna da área de Radiologia da FOP-UNICAMP, dirigida aos cursos de pós-graduação em Radiologia Odontológica, BOSCOLO³ et al. (1997), elaboraram um programa de garantia de qualidade abrangendo todos os aspectos da operação radiográfica. De acordo com o autor, a implantação deste programa apresenta como vantagens: a boa qualidade da imagem, baixíssimo número de radiografias rejeitadas, uma maior proteção do paciente, profissional e pessoal auxiliar e um menor custo operacional para o serviço radiológico.

Em 1º de junho de 1998, no Brasil, entrou em vigor a Portaria⁴ da Secretaria da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde de nº 453 que aprovou o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico. Um dos pontos importantes deste Regulamento é a exigência da implantação de um programa de garantia de qualidade para que o prestador de serviço de radiodiagnóstico demonstre a sociedade o seu compromisso com a qualidade e segurança, previstos nos códigos de ética profissional e na legislação sanitária, em consonância com as normas e recomendações internacionais que dispõem sobre a matéria.

DANIEL⁶ (1999), em seu trabalho de tese sobre análise da aplicação de controle de qualidade em equipamentos de raios X odontológicos e procedimentos e contribuições para otimização, abordou várias medidas de proteção contra a radiação X para o paciente, profissional e equipe e áreas adjacentes. O autor concluiu entre outros achados que com apenas algumas simples modificações e ajustes no equipamento de raios X, pode se obter resultados que contribuem significativamente na proteção radiológica.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Visando desenvolver uma base racional para o entendimento do assunto, iremos revisar alguns conceitos de Física das Radiações, Grandezas e Unidades de Medidas das Radiações, Limitação de Doses Individuais e Radiobiologia.

3.1 - Física das Radiações (Conceitos Básicos)

a) Ionização

Um átomo está eletricamente neutro, quando o número de elétrons é igual ao número de prótons. Na possibilidade de um átomo perder um elétron, ele torna-se um íon positivo, e o elétron livre torna-se um íon negativo. O processo de converter átomos em íons é denominado de “ionização”. Ionização também ocorre pela adição de um elétron a um átomo eletricamente neutro, resultando em um íon negativo.^{7,13}

b) Radiação

Radiação é a emissão e transmissão de energia através do espaço e da matéria. Existem dois grupos principais: 1 - radiações corpusculares e 2 - radiações eletromagnéticas.

1 - Radiações Corpusculares são provenientes de desintegrações nucleares, naturais (radioatividade natural) ou provocadas por meios artificiais (radioisótopos). Estas minúsculas partículas ao movimentarem-se em alta velocidade, adquirem energia cinética que será liberada ao entrar em contato com outro corpo. Radiações alfa (α), radiações beta (β) e raios catódicos são exemplos de radiações corpusculares. Este tipo

de radiação caracteriza-se por possuir massa e carga elétrica.^{7,21}

As partículas alfa (α) são emitidas espontaneamente de núcleos atômicos em busca de uma maior estabilidade energética. Estas partículas lembram o núcleo do Hélio (dois prótons e dois nêutrons) e devido à sua dupla carga e massa pesada tem alto poder de ionizar a matéria em sua trajetória. As partículas alfa possuem, entretanto, um pequeno poder de penetração, conseguindo apenas atingir a superfície da pele humana ou seja, o alcance, que é a distância percorrida por uma partícula em um dado meio até parar, no caso da partícula alfa, é muito pequeno. Sendo assim, elas são facilmente barradas até por uma fina folha de papel. Contudo, a ingestão ou a inalação de radionuclídeos emissores de partículas alfa pode trazer sérias conseqüências ao ser humano, pelo fato destas partículas produzirem uma alta densidade de ionização, ou seja, sua deposição de energia por unidade de comprimento é muito grande.^{7,27}

A radiação beta (β) e os raios catódicos são feixes de elétrons, sendo a radiação beta obtida por distúrbio nuclear e os raios catódicos originários de tubos submetidos a altas tensões. As partículas beta são de pequena massa atômica e são mais penetrantes do que as partículas alfa, entretanto, produzem uma densidade de ionização menor.^{7,13}

2 - Radiações Eletromagnéticas - são radiações em forma de ondas eletromagnéticas, não possuindo massa. Estas ondas eletromagnéticas são constituídas de campos elétricos e magnéticos oscilantes que se propagam no vácuo com velocidade constante, igual a da luz, ou seja, 300.000 quilômetros por segundo. São exemplos de radiações eletromagnéticas: ondas de rádio, de radar, de TV, microondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, raios X e raios gama. As radiações eletromagnéticas possuem diferentes comprimentos de ondas (indo de quilômetros (ondas elétricas) a pequenos comprimentos de ondas avaliada em Angstrom (\AA), como a radiação X. Quanto menor o comprimento de onda, maior a frequência e maior o poder de penetração através da matéria. As radiações de menor comprimento de onda têm o poder de ionização, sendo ditas ionizantes (radiação X, gama), o que não ocorre com as de maior comprimento de onda. A radiação X

utilizada em radiodiagnóstico varia de 0,1 a 1 Å. ^{7,21,27}

c) Irradiação Externa ou Exposição Externa

Refere-se a exposição a fontes de radiação externas ao corpo, tais como raios X, ou outro tipo de radiação produzida por máquinas e fontes radiotivas. ^{27,28}

d) Irradiação Interna

É um tipo de irradiação resultante da entrada de material radioativo no corpo humano, através de ingestão, ferimentos ou por absorção direta pela pele. ^{27,28}

e) Produção dos Raios X

Para que ocorra a produção de radiação é necessário a conversão de algum tipo de energia no tipo de energia conhecida como radiação. Assim os raios X são produzidos pela energia de conversão, quando elétrons são acelerados por uma diferença de potencial suficiente (alta voltagem) e se chocam contra um anteparo, perdem sua energia cinética, a qual é transformada em energia térmica (99%) e em energia eletromagnética (raios X) (1%). ^{7,21}

Quando um elétron de alta energia perde energia, um fóton de raios X é produzido. Por isso, o primeiro requisito para a reprodução dos raios X é um gerador de elétrons. Estes elétrons deverão ser acelerados, ganhar energia cinética, o que é realizado pela diferença de potencial (tensão) aplicada aos dois pólos de um tubo de raios X. ⁷

A energia do elétron, que é acelerado pela tensão (V), é dada pela fórmula:

$$E = eV$$

e = carga fundamental de elétron cujo valor no sistema MKS é = $1,6 \times 10^{-19}$ C ou $4,8 \times 10^{-10}$ Stat Coulomb.

V = é a diferença de potencial (tensão) do tubo

Por ser constante a carga do elétron verificamos que o aumento da diferença de potencial acarretará um aumento da energia cinética dos elétrons. Quando a

diferença de potencial for 1 volt, teremos a unidade de energia cinética chamada elétron-volt, representada por 1 eV.^{7,13}

A diferença de potencial em um tubo de raios X é denominada de **quilovoltagem/pico (kVp)** aplicada ao tubo. É importante distinguir entre quilovoltagem/pico (kVp) e quiloelétron-volt (KeV), significando respectivamente, máxima diferença de potencial aplicada aos elétrons e máxima energia cinética dos elétrons acelerados.^{7,13}

A produção dos raios X pode acontecer através de dois processos:

- 1) Radiação Bremsstrahlung
- 2) Radiação Característica

1) Radiação Bremsstrahlung

Bremsstrahlung é um nome derivado de duas palavras alemãs: “bremsen” significando frear e “strahlung” significando radiação. Por isso a radiação Bremsstrahlung é também chamada de “radiação de freamento”, uma vez que é produzida pelo “freamento” ou desaceleração de elétrons de alta velocidade.⁷

Uma vez que elétrons acelerados se aproximam dos núcleos de átomos de tungstênio, ocorre uma interação entre a carga positiva do núcleo com a carga negativa do elétron e, como consequência ocorre um desvio da sua trajetória original. Este desvio do elétron ou deflexão é acompanhado de perda de energia cinética, a qual é transformada em radiação X.^{7,13}

O elétron projetado pode penetrar muitas camadas do material do anteparo e pode sofrer várias interações antes de ceder completamente sua energia e, conseqüentemente, atingir o estado de repouso; ocasionalmente, em uma colisão direta com o núcleo, o elétron pode perder totalmente a sua energia cinética em uma única interação.^{7,21}

Devido ao fato de ocorrerem estas duas situações, tem-se uma ampla distribuição de energia produzida, uma grande quantidade de radiação tendo baixa

energia e o restante aparecendo sob a forma de energia degradante, ou seja, o calor. Do total das interações, aproximadamente 99% de energia cinética é transformada em calor. Por isso, a produção de raios X não é muito eficiente.⁷

2) Radiação Característica

Um outro processo pelo qual raios X podem ser produzidos é quando um elétron acelerado da corrente do tubo tem energia suficiente para remover um elétron das camadas do átomo que constitui o alvo (tungstênio da área focal), conseqüentemente, ionizando este átomo. Para o átomo de tungstênio retornar ao seu equilíbrio é necessário que ele se livre deste excesso de energia. Sendo assim, quando um elétron é retirado de uma camada do átomo da área focal, fica um espaço vazio, que será preenchido por um elétron da camada mais próxima externa, permitindo que o equilíbrio seja restabelecido. Quando acontece o “salto” do elétron mais externo, tem-se a produção de um fóton de raios X, cuja energia cinética será dada pela diferença das energias de ligação entre as duas camadas envolvidas.^{7,13,21}

É importante destacar que a radiação característica é somente uma menor porção da fonte de radiação emitida por um tubo de raios X, contribuindo com aproximadamente 10 a 28% do feixe útil de raios X, com tensões de 80 a 150 kVp.⁸

f) Interação da Radiação X com a Matéria

Quando os fótons de raios X produzidos pelo aparelho de raios X odontológico chegam no paciente três possibilidades podem acontecer:

- 1 - Alguns fótons de raios X são simplesmente espalhados;
- 2 - Alguns fótons de raios X são completamente absorvidos pelo paciente; e
- 3 - Alguns fótons de raios X podem atravessar o paciente sem interagir com os átomos do tecido.

Desta forma, os fótons de raios X que são transmitidos através do paciente sem uma interação, produzem densidades (radioluscências) no filme. Os fótons que

são absorvidos são completamente removidos do feixe de raios X e produzem opacidade (brancas ou cinzas) no filme. E quando os raios X são dispersados, eles são desviados em todas as direções produzindo “fog”, na radiografia e podem comprometer completamente a imagem do filme.²¹

Em radiodiagnóstico, três mecanismos de interação devem ser considerados:

- 1 - Dissipação não Modificada, Coerente ou Thomson;
- 2 - Absorção ou Efeito Fotoelétrico;
- 3 - Dissipação Modificada ou Efeito Compton.

A possibilidade de ocorrência de um desses tipos de interação dependerá da energia do fóton de raios X e do número atômico do meio. Basicamente, deveremos considerar a relação entre a energia do fóton incidente e a energia de ligação dos elétrons nas orbitais dos átomos da estrutura absorvente.

Energia do fóton \longleftrightarrow energia da ligação do elétron.

1- Dissipação não Modificada (Efeito Thomson)

Neste processo que é também chamado de Espalhamento Coerente, a energia do fóton incidente é menor do que a energia de ligação dos elétrons da estrutura absorvente.⁷

Energia do fóton $<$ Energia de ligação dos elétrons.

No efeito Thomson, o fóton incidente interage com um elétron pertencente as camadas mais externas, vibrando-o momentaneamente e deixando de existir. Desta forma, o elétron interagido emite energia em forma de um fóton que terá a “mesma” energia e frequência do fóton incidente sendo apenas em direção diferente. Por esta razão, o termo dissipação não modificada é usado. Neste tipo de interação entre raios X e matéria não ocorre perda de energia, apenas mudança de direção do fóton incidente. Contudo, haveria uma absorção aparente, não verdadeira, devido ao espalhamento dos novos fótons. Para o diagnóstico radiológico, este tipo de interação é

de pouca importância pelos baixos níveis de energia envolvidos, produzindo em relação ao Efeito Compton pouco “véu” ou “fog”.^{7,13}

2 - Absorção Fotoelétrica ou Efeito Fotoelétrico

Este mecanismo de interação ocorre quando a energia do fóton incidente é igual ou ligeiramente superior à energia de ligação do elétron.⁷

Energia do fóton \geq energia de ligação do elétron.

Quando um fóton incidente de raios X colide com um elétron das camadas mais internas (80% na camada k), geralmente de absorventes médios, o elétron da camada k é ejetado de sua órbita. O elétron sendo removido, o fóton deixa de existir. O átomo torna-se ionizado, uma vez que perdeu um elétron. O elétron que foi ejetado passa a chamar-se fotoelétron. O fotoelétron pode caminhar a curta distância no absorvente até dissipar sua energia que é baixa. Através deste processo, toda energia do fóton incidente é depositada no absorvente. Para o profissional, isto é favorável, mas para o paciente é potencialmente nocivo, devido à exposição da radiação sobre sistemas biológicos.⁷

A vacância deixada pelo elétron ejetado é preenchida por outro elétron da camada mais externa, ocorrendo então a produção de radiação característica, também chamada de radiação secundária, a qual é emitida em todas as direções, mas absorvida pelo meio. Em Radiologia Odontológica aproximadamente 50% dos fótons absorvidos são devidos a absorção fotoelétrica, a qual ocorre em níveis de energia abaixo de 50 KeV.^{7,21}

A quantidade de raios X que são absorvidos através do mecanismo de absorção fotoelétrica depende de 4 fatores: 1 - o comprimento de onda ou energia do fóton de raios X (kVp), 2 - espessura do material, 3 - densidade (massa/unidade de volume) do material e 4 - número atômico do material. Desta forma, a frequência da absorção fotoelétrica aumenta diretamente com a terceira potência do número atômico do absorvente e decresce com o aumento da energia do fóton.²¹

3 - Dissipação Modificada ou Efeito Compton

O efeito Compton também chamado de dissipação modificada ou ainda de espalhamento incoerente acontece quando a energia do fóton incidente é superior a energia de ligação dos elétrons. Isto ocorre em faixas de energia superiores a 50 KeV.⁷

Energia do fóton > Energia de ligação do elétron.

Este processo envolve os elétrons das camadas mais externas dos átomos e elétrons fragilmente ligados de átomos de baixo número atômico (tecidos moles). Neste tipo de interação, somente parte da energia do fóton incidente é usada para remover o elétron e o restante da energia é possuída pelo fóton que continua em direção diferente. Ocorre então, uma redução de energia do fóton de raios X incidente. O elétron retirado passa a chamar-se elétron Compton (elétron de refluxo) e sofrerá interações com o meio até perder toda a sua energia. Durante a sua trajetória dentro do absorvente, o elétron Compton perde energia causando ionizações em biomoléculas e produzindo “véu” nas radiografias. Os fótons desviados (fótons dissipados) constituem um sério problema em Radiologia Diagnóstica, porque estes fótons quando desviados em ângulos estreitos, retêm quase toda sua energia original e têm uma excelente chance de alcançar o filme radiográfico, produzindo “véu” nas radiografias. Estes fótons dissipados são difíceis de remover do feixe através de filtros, por eles serem tão energéticos. Por não podermos removê-los, eles então causam véu nas radiografias. Nas energias mais altas (60 a 100 KeV), o espalhamento Compton é a interação mais comum entre os raios X e os tecidos corporais e é responsável por quase toda a radiação dispersada. Em Radiologia Odontológica, aproximadamente 62% dos fótons de raios X sofrem espalhamento Compton. Isto pode ser minimizado usando colimação retangular e tempos de exposição mais curtos proporcionados por mAs mais altas, kVps mais elevados e filmes de velocidade mais rápida.^{7,13,21}

Vale ressaltar ainda que, como no átomo a predominância de espaços vazios é maior do que os espaços ocupados pelos elétrons, um fóton pode atravessá-lo facilmente sem que nenhum choque ocorra e portanto, nenhum efeito se manifeste.

3.2 - Grandezas e Unidades de Medidas das Radiações

A energia transportada pelas radiações é geralmente medida em múltiplos do elétron-volt (eV), embora a unidade do Sistema Internacional (SI) seja o Joule (J), sendo que $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.^{27,28}

É possível relacionar a energia das radiações eletromagnéticas com comprimentos de ondas (Quadro 1 das radiações eletromagnéticas) utilizando o valor constante de 12,4 KeV, energia possuída por 1 Angstrom de comprimento de onda.⁷

Quadro 1

Tipo de Radiação	Comprimento de Onda	Energia do Fóton
Gama	0,01 Å	1240 KeV
Raios X	0,1 Å	124 KeV
Raios X	1 Å	12,4 KeV
Raios Grens	10 Å	1,24 KeV
Ultravioleta	100 Å	124 eV
	1.000 Å	12,4 eV
	10.000 Å	1,24 eV
Infravermelha	100.000 Å	0,124 eV

Obs.: Como exemplo, se tivermos um fóton cujo comprimento de onda seja 1 Å, a energia desse fóton seria de 12,4 KeV, ou seja, 12.400 elétron-volts.

Quando queremos raciocinar em termos de dose ou de efeito das radiações, é necessário conhecer as grandezas e unidades usadas para medi-las:

a) Exposição (Röntgen → Coulomb/Kg)

A exposição é uma grandeza que mede a quantidade de ionização produzida pela radiação X ou gama no ar.²⁸

A unidade de exposição inicialmente adotada foi o Röntgen (R), cuja definição simplificada seria: a quantidade de radiação capaz de provocar em um centímetro de ar, nas condições normais de pressão e temperatura, o aparecimento de

fons carregados de uma unidade eletrostática de carga, ou seja, 1 Stat - Coulomb.⁷ Contudo, houve uma recomendação a partir de 1985, para substituir essa unidade por outra no Sistema Internacional (SI), que é o Coulomb/quilograma (C/Kg), sendo que $1R = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/Kg}$.²⁷

b) Kerma (Gray (Gy))

Por definição, a grandeza exposição é aplicada apenas a fótons e é discutida a sua utilização para energias acima de 3 MeV. A grandeza equivalente, conveniente para uso nas calibrações dosimétricas e que pode ser utilizada também para nêutrons é o kerma. Apesar de ser muito usado para medidas no ar, o kerma pode ser utilizado para qualquer material. A unidade de kerma é o J/Kg e recebe o nome especial de Gray (Gy).²⁸

c) Dose Absorvida (rad → Gray (Gy))

Dose absorvida é a quantidade de energia cedida pela radiação ionizante que é absorvida por unidade de massa do tecido. Essa grandeza pode ser utilizada para qualquer tipo de radiação ionizante e para qualquer meio, ao contrário da exposição, que é utilizada somente para raios X e gama em um dado meio, o ar. A antiga unidade de dose absorvida é o rad, definida como 100 ergs de energia absorvida por grama do tecido (1 rad = 100 erg/grama). A partir de 1985, o rad foi readaptado para o Gray (Gy) representado a absorção de 1 Joule de energia por quilograma do tecido (1 Gy = 1 J/Kg). Estas unidades podem ser simplesmente convertidas usando a seguinte fórmula: 1 Gy = 100 rad ou 1 rad = 0,01 Gy = 1 cGy (cGy é a abreviação para centigray, o qual as pessoas que estão acostumadas ao rad gostam de usar, porque 1 rad = 1 cGy).^{21,27}

O tecido absorve energia da radiação X de forma diferente do ar, dependendo da densidade e da composição atômica do tecido. Pelo fato de alguns raios X passarem através do paciente e outros serem parcialmente ou completamente absorvidos pelo paciente é que dose não é igual a exposição. Dose é mais interessante para os biólogos e para os profissionais que cuidam da saúde do que exposição, porque dose absorvida descreve a quantidade de energia que é depositada nos tecidos os quais por sua vez indicam o quanto de dano biológico pode ocorrer devido a radiação. Exposição

e dose segundo LANGLAND & LANGLAIS²¹, são dois conceitos diferentes e eles não devem ser confundidos. Exposição a radiação refere-se a quantidade de radiação que saiu da unidade de raios X e alcançou o paciente. Pelo fato da radiação ter a capacidade de passar através do corpo, nem toda a energia a qual a pessoa é exposta é efetivamente absorvida pelo corpo. A quantidade de energia da radiação X efetivamente absorvida ou depositada dentro dos tecidos do corpo é chamada então de dose ou dose absorvida. A dose absorvida é tipicamente usada como uma indicação do dano potencial. Em muitos casos, o efeito da radiação aumenta com a dose absorvida. Isto é, quanto mais elevada é a dose absorvida, maior é o efeito biológico (ou maior é a probabilidade do efeito biológico, dependendo do ponto de vista em questão).²¹

d) Dose Equivalente (rem → sievert (Sv))

Dose equivalente é uma grandeza que permite comparar os efeitos biológicos dos diferentes tipos de radiação ionizante, ou seja, a diferentes radiações em quantidades energéticas iguais, correspondem efeitos biológicos diferentes. Por exemplo, 50 cGy (rad) de nêutrons podem causar muito mais danos biológicos do que 50 cGy de raios X. A dose equivalente avalia as diferenças em relação aos efeitos biológicos usando um fator de qualidade (FQ) para ajustar a dose. O FQ para raios X, partículas β e raios gama é 1, para nêutrons de baixa energia é 5; e para partículas alfa, prótons e nêutrons de alta energia é 20. Para calcular a dose equivalente é usada a seguinte fórmula:^{7,21}

$$H \text{ (dose equivalente)} = D \text{ (dose absorvida)} \times \text{FQ (fator de qualidade)}$$

A antiga unidade de dose equivalente é o rem. A nova unidade é o sievert (Sv). O rem pode ser convertido para o sievert (Sv) pela seguinte fórmula:

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

A radiação X é um padrão pelo qual todas as outras radiações são mensuradas, deste modo o FQ para os raios X é 1. Sendo assim, para raios X se o paciente recebesse 10 Gy de dose absorvida, a dose equivalente (H) seria:

$$H = 10 \text{ Gy} \times 1$$

$$H = 10 \text{ Sv}$$

Entretanto, se o paciente recebesse 10 Gy de nêutrons de baixa energia, a dose equivalente (H) seria:

$$H = 10 \text{ Gy} \times 5$$

$$H = 50 \text{ Sv}$$

Isto nos faz lembrar que nêutrons de baixa energia provocam um dano biológico 5 vezes maior para a célula do que a mesma dose absorvida de raios X. Dose equivalente é de pouco interesse em Radiologia Odontológica uma vez que somente raios X com FQ igual a 1 são utilizados. Por esse motivo, dose absorvida é tão eficiente quanto dose equivalente em Odontologia. Assim, sempre que alguém usa dose (em Gy ou rad) quando se refere a raios X, deveria apenas usar dose equivalente (em Sv ou Rem), pelo fato que para raios X $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv}$ e $1 \text{ rad} = 1 \text{ rem}$. Então ninguém preocupa em distinguir entre dose absorvida e dose equivalente? Segundo LANGLAND & LANGLAIS²¹ (1997), radioterapeutas e operadores de reatores nucleares têm de estar preocupados sobre dose equivalente porque eles usam vários tipos de radiação com diferentes FQs. Com relação a Radiologia Odontológica é aceitável considerar que Röntgen, rad e rem são aproximadamente equivalentes, embora cada termo tenha um uso e uma definição específica. Por isso é que se pode assumir em Odontologia que $1 \text{ R} = 1 \text{ rad} = 1 \text{ rem}$, ou $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv}$.^{7,21}

e) Dose Efetiva

A relação entre a probabilidade de efeitos estocásticos e dose equivalente depende também do órgão ou tecido irradiado.²⁸ A dose efetiva se destina ao uso em radioproteção, incluindo a avaliação de riscos em termos gerais. Ela fornece uma base para estimar a probabilidade de efeitos estocásticos (indução de câncer e indução de mutações genéticas). Por exemplo: 1 Sv de raios X na mão direita é muito menos perigoso do que 1 Sv de raios X na mama direita. Embora ambos os volumes de tecidos envolvidos sejam praticamente os mesmos, o tecido da mama é muito mais suscetível ao câncer induzido pela radiação do que qualquer dos tecidos da mão.²¹ A

fim de simplificar, LANGLAND & LANGLAIS²¹, excluíram a matemática e optaram por resumir, ao explicar que dose efetiva é a dose equivalente com um ajuste para: (1) o volume de tecido irradiado, e (2) a radiosensibilidade do tecido irradiado. Quando se quer levar em consideração a matemática, a dose efetiva é então definida como sendo a média ponderada das doses equivalentes nos diversos órgãos.^{4,28} Os fatores de ponderação dos tecidos foram determinados de tal modo que a dose efetiva representa o mesmo detrimento de uma exposição uniforme de corpo inteiro.²⁸ A unidade de dose efetiva é o joule/quilograma, denominada sievert (Sv). Os fatores de ponderação dos tecidos (wT), de acordo com o ICRP, estão publicados na Portaria 453⁴, com os seguintes valores: para osso, superfície óssea e pele: 0,01; para bexiga, mama, fígado, esôfago, tireóide: 0,05; para medula óssea, cólon, pulmão e estômago: 0,12; e para gônadas: 0,20.

3.3 - Limitação de Doses Individuais

Os limites de doses individuais são valores de dose efetiva ou de dose equivalente, estabelecidos para exposição ocupacional e exposição do público decorrentes de práticas controladas, cujas magnitudes não devem ser excedidas.^{4,28}

De acordo com o Regulamento Técnico do Ministério da Saúde⁴ que estabelece as diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, os limites de dose:

- a) Incidem sobre o indivíduo, considerando a totalidade das exposições decorrentes de todas as práticas a que ele possa estar exposto.
- b) Não se aplicam às exposições médicas.
- c) Não devem ser considerados como uma fronteira entre “seguro” e “perigoso”.
- d) Não devem ser utilizados como objetivo nos projetos de blindagem ou para avaliação de conformidade em levantamentos radiométricos.
- e) Não são relevantes para exposições potenciais.

Exposições Ocupacionais

1.1 - As exposições ocupacionais normais de cada indivíduo, decorrentes de todas as práticas, devem ser controladas de modo que os valores limites estabelecidos não sejam excedidos. ⁴ Nas práticas abrangidas pelo Regulamento⁴, o controle deve ser realizado da seguinte forma:

1.1.1 - A dose efetiva média anual não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano.

1.1.2 - A dose equivalente anual não deve exceder 500 mSv para extremidades e 150 mSv para o cristalino.

1.2 - Para mulheres grávidas devem ser observados os seguintes requisitos adicionais, de modo a proteger o embrião ou o feto:

1.2.1 - A gravidez deve ser notificada ao titular do serviço tão logo seja constatada.

1.2.2 - As condições de trabalho devem ser revistas para garantir que a dose na superfície do abdômen não exceda 2 mSv durante todo o período restante da gravidez, tornando pouco provável que a dose adicional no embrião ou feto exceda cerca de 1 mSv neste período.

1.3 - Menores de 18 anos não podem trabalhar com raios X diagnósticos, exceto em treinamentos.

1.4 - Para estudantes com idade entre 16 e 18 anos, em estágio de treinamento profissional, as exposições devem ser controladas de modo que os seguintes valores não sejam excedidos:

1.4.1 - Dose efetiva anual de 6 mSv.

1.4.2 - Dose equivalente anual de 150 mSv para extremidades e 50 mSv para o cristalino.

1.5 - É proibida a exposição ocupacional de menores de 16 anos.

2 - Exposição do Público

2.1 - As exposições normais de indivíduos do público decorrentes de todas as práticas devem ser restringidas de modo que a dose efetiva anual não exceda 1 mSv.

3.4 - Radiobiologia

a) Interação da Radiação com as Células

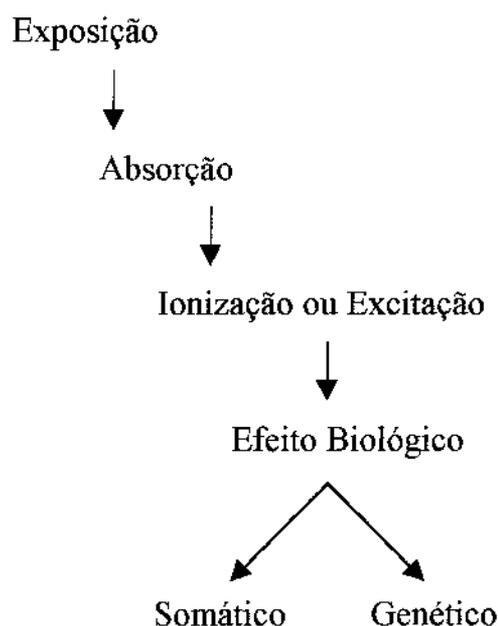
Durante a interação da radiação com a matéria ocorre uma transferência de energia, a qual resulta em excitação ou ionização de átomos, com a conseqüente alteração das moléculas, as quais eles pertencem.^{1,7,13,21} Entre os diversos danos que a radiação pode causar nas células o mais importante é o que ocorre no DNA. A molécula de DNA contém os genes que estão presentes nos cromossomos e são os responsáveis pelas informações genéticas. Eles armazenam e transportam a informação genética de uma célula para outra e de uma geração para outra, controlam a reprodução e a função diária das células. O processo ou o resultado do processo de variação da estrutura molecular dos genes ou da variação do número ou da estrutura dos cromossomos é denominado de mutação e segundo OKUNO²⁷ (1988), uma mutação causada por um agente externo é indistingüível de uma mutação espontânea.

O dano no DNA é freqüentemente reparado pela própria célula, não ficando qualquer seqüela. Contudo, se o dano não é reparado de forma eficiente, poderá acontecer a morte da célula, a incapacidade de se reproduzir ou a sua transformação em uma célula viável, porém alterada.²⁸ Quando ocorre a morte de um determinado número de células, pode resultar no colapso do tecido, o qual deixa de exercer as suas funções. Esse efeito da radiação é denominado de efeito determinístico. Pode acontecer também que uma única célula modificada se reproduza, gerando um clone de células modificadas que pode casualmente resultar em um câncer. Já uma célula modificada nas gônadas (mutação germinal) poderá transmitir a gerações futuras informações hereditárias incorretas. Esses efeitos somáticos e hereditários são denominados de efeitos estocásticos.^{21,28}

Experiências em laboratório têm demonstrado que para uma mesma quantidade de dose absorvida: (a) quanto maior a taxa de dose (dose por unidade de tempo), maior é o número de aberrações cromossômicas induzidas; (b) quanto maior o fator de qualidade da radiação incidente, maior também é o número de aberrações cromossômicas induzidas.²⁷

b) Mecanismo de Ação

O estudo da radiobiologia, ou seja, dos fenômenos decorrentes do contato das radiações com os sistemas biológicos pode ser analisado a partir de fragmentos moleculares, células e suas organelas, tecidos, órgãos e organismos. Para manifestação da radiolesão um fator é fundamental: a necessidade de absorção de energia.¹⁷ Para exemplificar, teríamos num esquema:



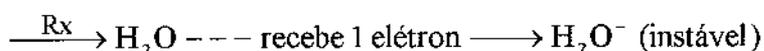
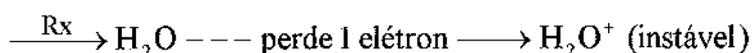
De acordo com FREITAS⁷ et al. (1994) ocorrem 3 estágios, sendo que no primeiro estágio, dito físico, o impacto dos fótons resulta em excitações ou ionizações moleculares. É um estágio efêmero (10^{-13} segundos).

Os principais, constituintes das células são: água (80%) e as macromoléculas (ácidos nucleicos e proteínas), sendo estas últimas as verdadeiras responsáveis pela estrutura e função da célula. Quando a ação da energia liberada pela radiação atinge

diretamente estas macromoléculas e as lesam, o efeito é dito direto; quando estas macromoléculas são inativadas por radicais formados pela radiação a partir da água (radiólise da água (H₂O)), o efeito é chamado indireto. Estes dois mecanismos caracterizam um segundo estágio, chamado de fisico-químico, sendo também fugaz (10⁻⁶ segundos).⁷

Para exemplificar estes estágios é demonstrada a radiólise da H₂O.

Assim, no estágio físico, teremos após ionização (ou excitação):

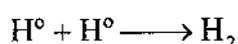
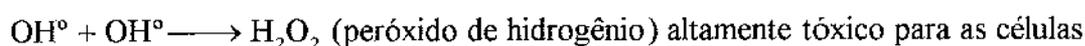


No 2º estágio denominado fisico-químico, os íons instáveis acima se transformam em moléculas estáveis, entretanto, quimicamente instáveis os chamados “radicais livres”. Dessa forma, teríamos:

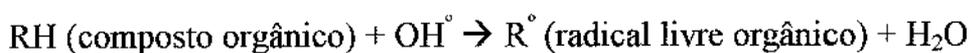
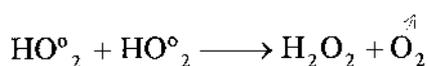
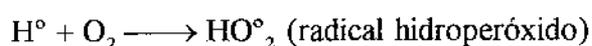
O íon instável H₂O⁺ transformado em H⁺ e OH°

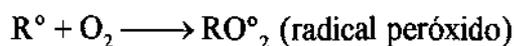
O íon instável H₂O⁻ transformado em OH⁻ e H°

Os radicais livres OH° e H° são altamente reativos. Numa fase realmente química, estes radicais poderiam reagir entre si, produzindo peróxido de hidrogênio e hidrogênio atômico:



Na presença de oxigênio (O₂), ocorreria a formação de novos radicais livres:





Estas reações são importantes, pois as células possuem aproximadamente 80% de H₂O e existe oxigênio levado pela circulação. Vale ressaltar que os radicais livres, além de reagirem entre si, e em presença de oxigênio (O₂), poderão, provocar interações com enzimas, proteínas, lipídios, carboidratos e ácidos nucleicos.⁷

Desta radioquímica, resulta um 3º estágio, chamado de estágio biológico, o qual é caracterizado por lesões bioquímicas e metabólicas, originando então, um “efeito biológico somático” (aquele dependente de alterações de células constitutivas do corpo) e/ou “efeito biológico genético” (dependente de alterações de células sexuais que se transmitem de uma geração para outra). De acordo com a literatura consultada, esta divisão é apenas de finalidade didática e por isso deve ser aceita apenas como uma tentativa para organizar os fenômenos, os quais são complexos e interligados.

c) Radiossensibilidade e Radiorresistência

Segundo FREITAS⁷ et al. (1994), quando se diz que uma célula é radiorresistente, significa que ela é menos usada pelas radiações ionizantes que outras em comparação.

Bergonie e Tribondeau, em 1906, formularam o seguinte princípio: “O efeito das radiações é maior em células menos diferenciadas e em grande atividade reprodutora”, ou seja, no que se refere a radiossensibilidade celular, ela é diretamente proporcional à atividade mitótica e inversamente proporcional ao grau de diferenciação.⁷

Outros fatores além da atividade mitótica e do grau de diferenciação celular podem modificar a radiossensibilidade celular,⁷ são eles:

1 - Metabolismo Celular: a medida que aumenta o metabolismo, aumenta a radiossensibilidade celular.

2 - Vascularização: quanto mais vasos possuir um tecido, maior será o seu

suprimento sangüíneo e, conseqüentemente haverá uma hiperoxigenação, que tornará o tecido mais sensível, por causa da presença de radicais oxidantes.

3 - Vizinhança: os tecidos que sofrem irradiação poderão introduzir células necrosadas na corrente sangüínea, sendo tóxicas, agindo assim, à distância.

Ellinger classificou as células, em ordem decrescente, de acordo com sua radiosensibilidade:

Linfócitos – eritroblastos – granulócitos – mieloblastos – células epiteliais – células endoteliais – células do tecido conjuntivo – células do tecido ósseo – células do tecido nervoso – células musculares.

O tipo de dano depende do estágio em que a célula se encontra no momento em que ela é irradiada. A sensibilidade aumenta durante os períodos de maiores atividades metabólicas e mitóticas, e estágios embrionários celulares.^{7,13,27}

d) Efeitos Determinísticos

Efeitos determinísticos são definidos como efeitos somáticos que aumentam a sua gravidade em função da dose absorvida e para os quais existe dose limiar.²¹ Acredita-se no aparecimento de efeitos determinísticos somente para doses acima de um dado valor. São exemplos: eritema, depilação (alopecia), formação de catarata e fertilidade comprometida (diminuição da contagem de espermatozóides).^{21,27}

Em geral, efeitos determinísticos requerem grandes doses para causar danos sérios a saúde quando comparadas com as doses que aumentam a possibilidade de câncer ou mutações. Estudos em células e a limitada experiência de exposições acidentais e terapêuticas permitem predizer que nenhum indivíduo morreria com doses inferiores a 1 Gy.^{21,28}

A morte de um pequeno número de células de um tecido, resultante da exposição à radiação, não acarreta geralmente nenhuma conseqüência clínica

observável. Em pessoas saudáveis, dependendo do tecido irradiado, não haverá dano para doses de até centenas ou milhares de milisieverts. Entretanto, quando a exposição é acima da dose limiar, se o tecido atingido for vital e o dano suficientemente grande, pode ocorrer a morte do indivíduo.²⁸

e) Efeitos Estocásticos

Efeitos estocásticos são aqueles em que a “probabilidade de ocorrência” aumenta com o aumento da dose absorvida e sem limiar, ou seja, a severidade no indivíduo afetado não depende da magnitude da dose absorvida. Sendo assim, qualquer dose; por menor que seja, tem uma probabilidade de induzir dano. São exemplos: efeitos hereditários (mutações genéticas) e a indução de câncer/tumor.^{21,27}

Os efeitos estocásticos podem ocorrer a partir do dano produzido em uma única célula, mesmo existindo os mecanismos de reparo e da defesa do organismo que impedem a sobrevivência do clone de células modificadas que produzem o câncer. Vale ressaltar que a severidade de um determinado câncer não é condicionada pela dose, mas sim, pelo tipo e localização da neoplasia.²⁸

e-1) Efeitos Estocásticos nos Descendentes

Quando ocorre um dano provocado pela radiação em uma célula germinativa, este dano pode ser transmitido e manifestar-se como uma desordem hereditária nos descendentes da pessoa exposta. Mesmo não se tendo confirmado nenhum efeito desse tipo em seres humanos, experiências realizadas em plantas e animais aumentam esta possibilidade. Estes efeitos hereditários incluem: más-formações, perdas de funções e até morte prematura.²⁸

FREITAS⁷ et al. (1994) de posse das informações obtidas in vitro com animais de laboratórios e plantas e extrapoladas para a espécie humana, reuniu algumas conclusões:

- 1 - As radiações ionizantes são agentes mutagênicos;
- 2 - Os efeitos genéticos induzido pelas radiações são deletérios;

3 - Os estudos sugerem não haver limiar abaixo do qual uma dose seja ineficaz como fator de alterações genéticas;

4 - As ações mutagênicas causadas pelas radiações são acumuladas e independem do ritmo da aplicação;

5 - A frequência das mutações cresce linearmente com as doses;

6 - O efeito populacional das radiações recebidas, por uma parte da população (paciente e profissional) é idêntico ao que ocorreria se o total recebido por esta parte fosse distribuído por toda população. Existe um conceito de “diluição da dose”.

Durante um exame radiográfico em odontologia as gônadas do paciente podem ser atingidas pela radiação secundária originária dos tecidos expostos. FREITAS⁸, em 1976, realizou um trabalho com dosímetros termoluminescentes e verificou que a dose para a região gonodal era de aproximadamente 0,6% da dose-pele nos adultos e 0,2% em crianças (de 6 a 10 anos) e concluiu que: a dose gonodal é dependente da distância do plano oclusal à região das gônadas, e que em crianças, a dose registrada é cerca de três vezes maior que nos adultos.

Segundo ÁLVARES & TAVANO¹ (1987), a dose que atinge as gônadas de um paciente adulto, do sexo masculino, num exame periapical de boca toda, estimado em 5R a face, é de 0,0005 R. Por outro lado, sabe-se que a exposição que um indivíduo recebe diariamente devido à radiação natural é de 0,0004 R. Observa-se portanto, que a exposição recebida nas gônadas em um exame periapical é irrisória. As dosagens recebidas pelos pacientes femininos neste tipo de exame são ainda menores devido as gônadas estarem situadas internamente. Entretanto de acordo com estes autores como não se conhece a dose mínima necessária para produzir uma mutação, devemos controlar as dose utilizadas para fins diagnósticos, deixando-as num nível o mais baixo possível, o suficiente para obter a informação diagnóstica.

A grande preocupação em Radiologia Odontológica, será a proteção principalmente quanto ao aspecto genético, pois manifestações somáticas são bem conhecidas e passíveis de serem controladas.^{1,7}

f) Efeitos da Exposição Pré-natal

Os efeitos da exposição pré-natal dependem do período da gestação do feto em que a exposição aconteceu. Segundo FREITAS⁷ et al. (1994), a irradiação do embrião quando o número de células é ainda pequeno ou seja durante a pré-implantação (1º e 2º semanas), pode ter como consequência mais provável a morte do embrião. O período que vai de 3 semanas ao final da gravidez encerra elevada probabilidade de má-formações no órgão que estiver se desenvolvendo na época da exposição. Assim, à medida que o feto se aproxima do desenvolvimento completo, órgãos anômalos podem ocasionar a morte neonatal por não exercerem suas funções. Esses efeitos são determinísticos e possuem um limiar no homem, de cerca de 0,1 Gy, estimado a partir de estudos em animais.²⁸ Nesse período, os efeitos estocásticos parecem resultar em um aumento da probabilidade de câncer pós-natal. No período fetal, poderão ocorrer alterações no sistema nervoso central, pois o neuroblasto é extremamente sensível às radiações. Os efeitos incluem desde anomalias estruturais à alterações na função neurológica, que manifestam posteriormente como incapacidade de aprendizagem ou redução no QI.^{7,13}

Com base em algumas observações, é recomendado que em mulheres férteis, os exames radiográficos só devem ser realizados até o décimo dia do início da menstruação (“regra dos 10 dias). E durante todo o período gestacional, o feto não deve acumular a dose de 1 Rem.⁷

4. DISCUSSÃO

Com o intuito de facilitar o entendimento do leitor, a discussão será apresentada separadamente, abordando itens específicos, como segue:

a) Proteção ao Paciente:

1- Prescrição e Critérios na Seleção de Radiografias

Os assuntos concernentes à proteção radiológica necessitam de julgamentos sobre a importância relativa de diferentes tipos de riscos e sobre equilíbrio entre riscos e benefícios. Por isso é importante que toda radiografia a ser realizada tenha um objetivo determinado e a decisão quanto a justificativa do exame seja baseada em uma criteriosa avaliação, a fim de que o indivíduo exposto tenha suficiente benefício de modo a compensar o detrimento que possa ser causado.

Ao comparar a radiação absorvida por um paciente em um exame periapical completo mais duas interproximais com um exame panorâmico mais duas interproximais, JERMAN¹⁶ et al. observaram uma redução de 82% da radiação absorvida neste último exame. Entretanto, LOCHT²⁵ et al. observaram que a radiação recebida por pacientes na faixa etária de 9 a 10 anos em radiografias panorâmicas era maior que a recebida por 4 periapicais. Esses autores recomendaram então a utilização de 4 periapicais em crianças que não apresentassem evidência clínica de problemas ortodônticos. Portanto, não necessitando de exame panorâmico para esses pacientes.

Considerando a necessidade de proteção, principalmente em pacientes jovens,

concordamos com as observações de LERVIK & COWLEY^{22,23} quando questionam a validade da pesquisa radiográfica em algumas doenças e anomalias, principalmente em crianças, nas quais a obtenção de radiografias com qualidade nem sempre é possível, o que prejudicaria muito a possibilidade de se observar a doença e levaria a exposições desnecessárias. STEPHENS³⁷ et al. e SMITH³⁵ também condenam a utilização do exame radiográfico de rotina em pacientes assintomáticos e sem história pertinente. E no caso de pacientes grávidas, LIEFDE²⁴ recomenda que o exame radiográfico só deverá ser solicitado em situação de real necessidade. A observação de critérios para indicação do exame radiográfico também é defendida por autores como: VALACHOVIC & LURIE³⁹; GELSKEY & BACKER¹² e TAYLOR³⁸ et al.

A indicação precisa do exame radiográfico é, sem dúvida, um dos principais meios de reduzir a exposição do paciente à radiação X. E para isto, o exame radiográfico só deveria ser indicado após um criterioso exame clínico e de acordo com a história do paciente. Vale ressaltar aqui, que um dos princípios básicos da radioproteção é o Princípio da Justificação que faz parte do sistema de proteção radiológica recomendado pelo ICRP e que integra o Regulamento Técnico do Ministério da Saúde, aprovado em junho de 1998. De acordo com esse princípio, nenhuma prática envolvendo exposições à radiação pode ser adotada a menos que ela produza benefício suficiente aos indivíduos expostos ou para a sociedade, de modo a compensar o detrimento que possa ser causado.

2 - Seleção do Equipamento

Uma vez justificada a realização do exame radiográfico, o próximo passo é a seleção do equipamento. O caminho pelo qual o exame é conduzido influenciará na exposição do paciente a radiação X. A escolha da operação do aparelho é um fator importante para se obter êxito no resultado radiográfico, reduzindo assim a exposição do paciente aos raios X, premissa esta também defendida por SILVA³⁴.

2.1 - Colimação

O princípio da colimação, segundo WHINKLER⁴¹, se refere a qualquer meio de controlar o feixe de raios X a fim de minimizar a quantidade de tecido irradiado.

Sabemos que a colimação apropriada do feixe melhora a qualidade diagnóstica da radiografia em adição ao benefício óbvio de reduzir a radiação para o paciente. A colimação é, portanto, um princípio essencial de higiene das radiações.

Após o estudo laboratorial de WHINKLER⁴¹ usando um suporte porta-filmes de metal, o qual proporcionava uma colimação retangular do feixe de raios X (de formato e tamanho aproximados do filme), em que o autor obteve uma redução apreciável na dose absorvida pelo paciente, ficou evidente a necessidade de avaliação adicional e de sua possível adoção clínica. O estudo de WEISSMAN & LONGHURST⁴⁰, confirmou as expectativas de WHINKLER⁴¹ ao demonstrar que a técnica da colimação retangular era fácil de ser ensinada e executada, produzindo radiografias com qualidade. Por todas essas vantagens já mencionadas e ainda contribuir com uma proteção adicional contra a radiação X inútil, os autores recomendaram a adoção clínica desta técnica ao profissional de odontologia. A utilização de uma área focal reduzida pela colimação retangular foi enfatizada ainda por autores como SILHA³², GELSKEY & BACKER¹², entre outros. Tendo em vista que o uso desses posicionadores facilita o emprego dessa técnica, recomendamos também o seu uso de rotina em consultórios e clínicas radiológicas.

O sistema de colimação é o grande responsável pelo diâmetro de campo. A boa colimação restringe o diâmetro de campo ao tamanho necessário para obtenção da radiografia e evita a irradiação desnecessária de tecidos moles do paciente que contribuem para o aumento de radiações secundárias. Para o desempenho das técnicas intrabucais, FREITAS et al.⁷ consideram que uma área de incidência de 7cm de diâmetro na face do paciente é mais do que suficiente. DANIEL⁶ considera que uma área de incidência de 6cm de diâmetro na extremidade de saída do localizador é o suficiente, valor este, também recomendado pelo Regulamento Técnico do Ministério da Saúde. Valores entre 4 e 5cm são permitidos segundo a legislação, apenas quando houver um sistema de alinhamento e posicionamento do filme e no caso de radiografias extra-orais é obrigatório o uso de colimadores retangulares. Para o propósito de reduzir a área de incidência na ponta do cilindro localizador, utiliza-se geralmente um disco de chumbo com 2mm de espessura e um orifício central (diafragma de chumbo) para

delimitar o diâmetro do campo de radiação (FREITAS et al⁷, DANIEL⁶). E no caso de utilizar-se a técnica do paralelismo, com distância foco-pele de 40cm, a abertura deverá ser corrigida, com conseqüente diminuição, a fim de obter 6cm de diâmetro no campo.

Sabemos que a quantidade de radiação secundária é proporcional a área exposta, logo a melhora na qualidade da radiografia resulta a partir da redução da radiação fora de foco obtida pela colimação e conseqüentemente da redução da radiação secundária disseminada a partir do paciente. Se conseguirmos reduzir essa radiação indesejável, o “véu” do filme será também reduzido, melhorando a qualidade da imagem radiográfica, além de diminuir a exposição do paciente.

2.2 - Filtração

A filtração total de um feixe de raios X, usada atualmente, consiste na filtração inerente mais a filtração adicional. Os primeiros aparelhos produzidos até o ano de 1957, segundo BONNEL² não possuíam este tipo de filtração. A filtração inerente é constituída pelo vidro do tubo de raios X, o óleo isolante e o vidro da janela. Embora alguns raios sejam absorvidos na janela, a maior parte deles possui energia muito baixa, não sendo produtivos para obtenção da imagem radiográfica, contribuindo apenas para a exposição do paciente. A filtração adicional, em geral feita por placas de alumínio ou de terras raras, é usada por sua vez para completar a filtração inerente, removendo seletivamente fótons de baixa energia do feixe de raios X. Portanto, uma filtração adequada resulta em menor exposição para o paciente, condição esta, também citada por OLIVEIRA & MOTA²⁸.

Os guias de filtração convencional, segundo GELSKEY & BACKER¹¹, recomendam que o alumínio seja usado para remover os fótons de raios X de baixa energia que pouco contribuem para a formação da imagem radiográfica e são absorvidas nos tecidos moles do paciente. O alumínio, entretanto, atenua pouco dos fótons de raios X de alta energia que tendem a reduzir o contraste da imagem e a aumentar a radiação dispersa. Entretanto, o objetivo do clínico de reduzir o risco radiológico através da redução da exposição para os pacientes, tem levado à

investigações clínicas e laboratoriais nos últimos anos sobre a filtração do feixe de raios X utilizando filtros de terras raras.

O espectro de energia dos raios X, largamente utilizado em radiografia dental, segundo RICHARDS²⁹ et al., se encontra na faixa de variação entre 35 a 55 Kev. Considerações teóricas indicam que fótons com energia entre 37,5 a 40 Kev são mais efetivos em radiografia dental. No trabalho de RICHARDS²⁹ et al., radiografias realizadas com feixes monoenergéticos confirmaram estas conclusões teóricas. É desejável portanto, filtrar do feixe aqueles raios X abaixo e acima destes valores ótimos e estudos mais recentes tem demonstrado que certos filtros de terras raras absorvem ambas energias, altas e baixas do espectro de raios X.

Com base na literatura por nós consultada, a filtração seletiva de fótons de alta e baixa energia, utilizando apenas fótons de energia média para expor o filme foi proposta inicialmente por RICHARDS²⁹ et al. Para este propósito eles utilizaram um filtro de *samarium* e puderam observar uma redução considerável da exposição aos pacientes em comparação com o filtro de alumínio. Isto foi possível porque o *samarium* possibilitou filtrar o feixe de raios X, transmitindo somente os fótons de energia média, atenuando assim os extremos não produtivos do espectro e produzindo uma imagem de qualidade. A incorporação de um filtro de *samarium* de 0,16mm de espessura no aparelho de raios X dental, permitiu segundo o estudo de GELSKEY & BACKER¹¹, uma redução da exposição de 40% quando comparado a um filtro de alumínio de 2,5mm de espessura. KIRCOS²⁰ et al., ao testarem vários tipos de filtros de terras raras, obtiveram um resultado com mais de 71% de redução da exposição à radiação e conseguindo manter a qualidade da imagem radiográfica. Portanto, ficou evidente que a utilização de filtros de terras raras produz uma filtração mais eficiente do feixe de raios X, reduzindo a exposição do paciente e preservando a qualidade diagnóstica das radiografias.

O Regulamento Técnico do Ministério da Saúde⁴ recomenda que em equipamentos odontológicos com tensão inferior ou igual a 70 kVp, devem possuir uma filtração total permanente não inferior ao equivalente a 1,5mm de alumínio e acima de 70 kVp, não inferior a 2,5mm de alumínio.

2.3 - Localizadores

Os cones localizadores fechados constituíam juntamente com os tecidos do paciente, as principais fontes de radiação secundária, por isso não são mais fabricados e nem aceitos pelas Resoluções e Portarias vigentes. Desta forma, os aparelhos de raios X odontológicos atuais só devem ser equipados com cilindros abertos.

A distância foco-pele determinada pelo localizador é um outro fator importante na proteção contra a radiação ionizante. De acordo com o Regulamento Técnico do Ministério da Saúde⁴, o localizador deve ser tal, que a distância foco-pele seja de no mínimo 18cm para tensão de tubo menor ou igual a 60 kVp; no mínimo de 20 cm para tensão entre 60 e 70 kVp e no mínimo 24cm para tensão maior que 70 kVp. DANIEL⁶ ressalta que durante o exame radiográfico, a extremidade do localizador deve ser colocada o mais próximo possível da pele do paciente para garantir tamanho de campo mínimo. E ainda, no caso de utilização de distâncias maiores, como no caso da técnica do paralelismo, em que a distância foco-pele é de 40 cm, é recomendado pelo autor uma adequação do sistema de colimação. A maior distância foco-pele, através da técnica do paralelismo, permite aumentar o tempo de exposição e diminuir a divergência do feixe de raios X, elevando a qualidade desse feixe e proporcionando uma maior resolução do resultado radiográfico. Um localizador longo, segundo LANGLAND & LANGLAIS²¹ é preferido porque resulta em menos divergência do feixe. Portanto, há menos volume de tecido irradiado.

2.4 - Quilovoltagem (kVp) e Miliamperagem (mA)

A quilovoltagem aplicada aos pólos do tubo irá determinar o campo elétrico que provocará a aceleração dos elétrons e conseqüentemente a penetração dos raios X. Assim, quanto maior a energia cinética dada aos elétrons, menores serão os comprimentos de onda dos fótons de raios X resultantes e maior será o poder de penetração desses fótons. A quilovoltagem, portanto, determinará a qualidade dos raios X. O aparelho de raios X deve ser operado na mais alta quilovoltagem consistente com uma boa imagem. A legislação atual recomenda o uso de aparelhos de raios X com quilovoltagem preferencialmente maior que 60 kVp, recomendação esta

também defendida por LANGLAND & LANGLAIS²¹. Esses autores argumentam que a operação de um equipamento em alta quilovoltagem produz raios X mais “utilizáveis” e menos raios X de baixa energia que são absorvidos pelo paciente, sem contribuir para a qualidade da imagem radiográfica. Vale ressaltar que a quilovoltagem é o fator energético responsável pelo contraste radiográfico, que é dependente da penetração dos raios X.

A miliamperagem é a responsável pela quantidade de elétrons que passam do cátodo para o ânodo. Dessa forma, aumentando-se a mA, aumenta-se o número de elétrons, que acelerados pelo campo elétrico fornecido pela alta-tensão chocam-se com o ânodo, aumentando conseqüentemente a quantidade de raios X formada que vai atingir o filme, tornando-o mais denso (escuro), afirmação esta que também podemos encontrar em ALVARES & TAVANO¹. Portanto, a miliamperagem é o principal fator energético responsável pela densidade radiográfica. Concordamos com SILVA³⁴ quando afirma que a combinação de miliamperagem e tempo de exposição controla a quantidade de raios X produzidos e determina a densidade da imagem radiográfica. Entretanto, segundo FREITAS⁷, a maioria dos aparelhos de raios X odontológicos é de miliamperagem fixa e o único elemento variável para regularmos a quantidade de raios X será o tempo de exposição. Lembramos ainda que uma radiografia para ser considerada tecnicamente boa, deverá apresentar um máximo de detalhe e um grau médio de densidade e contraste. Para alcançar este objetivo, devemos levar em consideração também, a constituição do objeto, pois dela dependerá a absorção dos raios X. Devemos salientar que a absorção dos raios X é função direta da composição do objeto e varia conforme o número atômico de seus constituintes, de sua espessura e de sua densidade. Devemos analisar ainda a idade do paciente e o objetivo do diagnóstico.

2.5 - Marcadores de Tempo

Atualmente os aparelhos disponíveis no mercado trazem marcadores de tempo eletrônicos que regulam o número de pulsos da corrente alternada, sendo altamente precisos, registrando tempos de décimos de segundos com grande fidelidade. Os programadores mecânicos não são precisos com exposições inferiores a um segundo e

por isso não são recomendados, fato este também compartilhado por LANGLAND & LANGLAIS²¹. A exatidão desses marcadores é muito importante para controlarmos os tempos de exposição, evitando assim exposições desnecessárias ao paciente.

De acordo com a Portaria⁴ vigente, os sistemas de controle de duração da exposição mecânicos devem ser substituídos por eletrônicos e os controladores com sistema de retardo devem ser desativados. LANGLAND & LANGLAIS²¹ recomendam que o sistema e disparo seja do tipo “dead man” que permita interromper o aparelho sem considerar o tempo de exposição programado. Estes procedimentos tem por finalidade sugerir que o profissional observe o paciente durante toda a tomada radiográfica, permitindo a interrupção da exposição a qualquer momento, caso incidentes ocorram durante a mesma.

3 - Acessórios

3.1 - Posicionadores

O uso de mantenedores de filmes para técnicas intra-orais é recomendado por LANGLAND & LANGLAIS²¹, uma vez que a utilização destes aparatos evita uma dose desnecessária aos dedos do paciente. Esses autores acrescentam ainda que o emprego desses suportes especiais para o filme permite um alinhamento mais acurado do filme com o dente e do cilindro localizador com o filme, evitando a repetição de radiografias por alinhamento inadequado e proporcionando a obtenção de uma imagem com menor grau de ampliação. FREITAS⁷ observou também que a utilização destes posicionadores na técnica do paralelismo, permitem uma maior simplicidade na execução do exame radiográfico por não haver necessidade do posicionamento correto da cabeça do paciente, além de oferecerem um exame radiográfico padronizado. Portanto, a técnica do paralelismo, utilizando os posicionadores de filmes é o meio mais indicado para a obtenção de radiografias periapicais, a fim de evitar o número de repetições por falta de alinhamento e a radiação desnecessária aos dedos do paciente, o que não impede o uso da técnica da bisettriz em casos que não permitam o uso de posicionadores.

3.2 - Filmes e Placas Intensificadoras

Em termos de proteção para o paciente, um dos mais significantes avanços foi alcançado pela evolução do filme radiográfico. Um histórico sobre essa evolução, no que se refere a velocidade dos filmes Kodak e a diminuição em termos de exposição ao paciente é relatado no trabalho de SILHA³³. O autor aborda desde a introdução do filme Regular (de emulsão simples) em 1919, até a apresentação do filme Ektaspeed do grupo E, em 1981.

Após a introdução do filme Ektaspeed, vários estudos foram feitos para comparar sua qualidade de imagem e propriedades em relação ao filme Ultraspeed. Entre eles, estão os estudos de FRYKHOLM⁹ e KAFFE¹⁸ et al. que constataram que com a utilização do filme Ektaspeed, além da redução da dose de exposição (de 42% no estudo de FRYKHOLM⁹ e 50% no estudo de KAFFE¹⁸ et al.), o contraste e a resolução eram iguais em ambos os filmes, apenas o “fog”, segundo FRYKHOLM⁹ foi insignificamente maior com o uso do Ektaspeed. Diante desses resultados, os autores consideraram que o filme Ektaspeed tinha boa qualidade e foram unânimes ao recomendarem a sua utilização para os exames radiográficos de rotina.

A tendência atual na proteção contra a exposição, tem levado a grandes esforços para reduzir a dose de radiação ionizante para o paciente. O efeito biológico para o paciente e as considerações do risco-benefício da radiografia dental tem sido descritas em várias revisões. Por isso, consideramos também que o filme Ektaspeed do grupo E, que reduz a dose de radiação para o paciente em cerca de 50% mantendo a qualidade de diagnóstico é o filme mais indicado para a utilização de rotina em clínicas e consultórios odontológicos.

Os ecrans ou placas intensificadoras são constituídos de pequenos cristais fluorescentes de platinocianeto de bário ou tungstato de cálcio. Os cristais fluorescentes são usados nas placas intensificadoras pelo fato de serem estáveis e proporcionarem uma luminescência sob a ação dos raios X, que aumenta seu efeito fotográfico, diminuindo conseqüentemente o tempo de exposição nas tomadas radiográficas (FREITAS⁷). Em radiologia dental, é desejável produzir imagens de alta

qualidade diagnóstica com quantidade mínima de radiação ionizante. Com este propósito, KAUGARS¹⁹ et al. compararam a placa intensificadora convencional com a placa intensificadora de terras raras e obtiveram uma redução da exposição do paciente de 17% a 55% com a utilização da placa intensificadora de terras raras. Maior efetividade, segundo D'AMBROSIO⁵ et al., foi observada quando as placas intensificadoras de terras raras são combinadas com filmes adequados, produzindo assim radiografias de boa qualidade com a vantagem adicional de reduzir a exposição ao paciente.

O Regulamento Técnico do Ministério da Saúde recomenda, a fim de reduzir a dose para o paciente, que o tempo de exposição deve ser o menor possível consistente com a obtenção de imagem de boa qualidade. Isto inclui o uso de receptor de imagem mais sensível que possa fornecer o nível de contraste e detalhe necessários. No caso de radiografias extra-orais, deve-se utilizar uma combinação de filme e placa intensificadora com o mesmo critério.

3.3 - Uso do Avental de Chumbo e Protetor de Tireóide

Um protetor de chumbo cervical, na forma de uma placa semicircular (posicionado sob a mandíbula e acima da glândula tireóide) foi comparado por KAFFE¹⁷ et al. com o avental de chumbo convencional com respeito à eficiência de proteção contra radiação. Os resultados mostraram que o protetor cervical reduzia consideravelmente a quantidade de radiação para os tecidos do paciente e era igualmente tão efetivo quanto a combinação de avental de chumbo e protetor de tireóide. Portanto, segundo esses autores, esse dispositivo é recomendado como uma medida de proteção durante radiografias intra-orais. Entretanto, ROCHA³⁰ et al., após compararem o avental de chumbo com um aparador semicircular de chumbo, concluíram que o avental de chumbo era o melhor protetor para as gônadas durante radiografias dentárias.

Autores como GOMES & GOMES¹⁴ e FREITAS⁷, sugerem estes dispositivos semicirculares de colocação submentoniana citados acima como uma alternativa de proteção contra a radiação X, mas não deixam de enfatizar a importância do uso dos

aventais de tecidos plumbíferos. Salientamos ainda que o uso dos aventais de chumbo é um procedimento essencial na proteção dos pacientes, principalmente em crianças, gestantes e pacientes na faixa etária de maior atividade concepcional. Estes aventais devem ter no mínimo o equivalente a 0,25mm de chumbo na sua constituição de acordo com a legislação vigente, e um comprimento que permita realmente proteger o abdômen e as gônadas. Autores como LIEFDE²⁴, ÁLVARES & TAVANO¹ e SILVA³⁴ também recomendam o uso rotineiro do avental de chumbo durante os exames radiográficos.

Contrariando os autores citados anteriormente, HIRSCHMANN¹⁵ afirmou que não havia obrigatoriamente para o uso rotineiro dos aventais de chumbo. De acordo com a literatura consultada pelo autor, estes aventais não protegem contra a radiação espalhada internamente no corpo e no caso da radiografia panorâmica podem interferir fisicamente, com o procedimento e degradar a imagem final. Entretanto, a maioria dos autores discordam das afirmações de HIRSCHMANN¹⁵.

A literatura odontológica contém vários estudos relatando dados dosimétricos em diversas áreas do corpo. Mesmo que esses valores sejam pequenos em determinadas áreas e que sejam comparados à radiação de fundo (natural), é nossa responsabilidade assegurar de que nossos pacientes sejam poupados de receber até mesmo pequenas doses de radiação, que de alguma maneira, poderiam ser evitadas. De acordo com WHITE⁴³ et al., embora a radiação pareça ser um fraco carcinógeno, isto não é suporte para considerar que o risco é zero. A prudência sugere que nós sejamos cautelosos devido ao grande número de pessoas expostas à radiografia dental. LANGLAND & LANGLAIS²¹ acrescentam ainda que apesar da exposição às gonodas ser considerada desprezível, os estudos sugerem não haver limiar abaixo do qual uma dose seja ineficaz como fator de alterações genéticas. Portanto, a utilização do avental de chumbo promove uma barreira adicional a radiação X reduzindo ainda mais o risco genético e carcinogênico para os tecidos pélvicos, abdominais e torácicos.

Com relação a glândula tireóide, o uso de um protetor de chumbo é recomendado por VALACHOVIC & LURIE³⁹, SILVA³⁴, LANGLAND & LANGLAIS²¹, entre outros. A maior preocupação com a exposição a glândula tireóide, segundo VALACHOVIC & LURIE³⁹ está relacionada com a indução de câncer,

especialmente no paciente pediátrico. Vale ressaltar ainda que o uso de uma proteção para a tireóide, segundo LANGLAND & LANGLAIS²¹ reduzirá a dose de radiação para a glândula em cerca de 50%. A placa submentoniana, citada anteriormente nos trabalhos de KAFFE¹⁷ et al. e ROCHA³⁰ et al., apesar de ser um meio eficaz de proteção principalmente à tireóide tem o uso limitado segundo SILVA³⁴, pela dificuldade de ser mantida em posição pelo paciente, que muitas vezes necessita das mãos para segurar também o filme. Um outro argumento, segundo a autora, que justifica o pouco uso deste dispositivo é a interferência com as técnicas radiográficas que utilizam ângulos negativos, onde ela interfere pela posição que assume. Portanto a solução poderia estar no uso do avental de chumbo associado ao protetor de tireóide na forma de um colar de chumbo que dispensa a cooperação do paciente e não interfere com as técnicas radiográficas.

Vale ressaltar que, de acordo com a Portaria⁴ vigente, o uso de vestimenta de proteção individual durante os exames radiográficos devem ser adotados, de modo a proteger a tireóide, o tronco e as gônadas. Além disso, as salas equipadas de raios X devem dispor de um quadro, em lugar visível, com a seguinte orientação: "Paciente, exija e use corretamente vestimenta plumbífera para sua proteção, durante exame radiográfico".

4. Processamento do Filme

O processamento inadequado do filme radiográfico, segundo SILVA³⁴, é um dos principais fatores de falhas na radiografia resultante e causa comum de repetições do exame radiográfico. Portanto, é de grande importância a manutenção de um processamento cuidadoso do filme como meio de proteção ao paciente.

Quando as radiografias são processadas pelo método manual é absolutamente essencial, de acordo com LANGLAND & LANGLAIS²¹, utilizar o método tempo/temperatura, porque este é o procedimento mais adequado para assegurar a qualidade da imagem. Estes autores recomendam ainda a troca regular das soluções processadoras, as quais devem ser mexidas completamente duas vezes ao dia, mantidas cobertas quando não usadas, para prevenir a oxidação e não sujeitá-las a temperaturas excessivamente altas. Semanalmente deveria ser realizado um controle

de qualidade para assegurar um processamento ótimo e radiografias de qualidade.

No processamento automático, segundo OLIVEIRA & MOTA²⁸, o controle de qualidade é particularmente importante para evitar repetições. Estes autores recomendam uma avaliação diária usando-se tiras de películas expostas em um sensitômetro, pouco antes de serem reveladas. Assim a densidade ótica e o contraste das tiras do filme deveriam, então ser avaliadas quantitativamente. Se a densidade e/ou o contraste ultrapassarem os limites de controle, deve-se fazer a correção antes do processamento das radiografias dos pacientes.

5 - Interpretação Radiográfica

LANGLAND & LANGLAIS²¹ relacionaram as principais medidas necessárias para uma adequada interpretação radiográfica. De acordo com estes autores, as radiografias devem ser montadas em molduras opacas e observadas em um ambiente com pouca iluminação e com a utilização de negatoscópios com intensidade de luz variável. Este tipo de negatoscópio possibilita a observação de radiografias que tenham sido superexpostas (muito escuras) ou subexpostas (muito claras). Assim, muitas repetições podem ser evitadas pelo ajustamento da fonte de luz do negatoscópio. Acrescentamos ainda que para melhorar as condições de visualização de uma radiografia pode se utilizar máscaras para tapar a iluminação excedente que dificulta a sua observação. Recomendamos também a utilização de lupas para aumentar a imagem radiográfica, ressaltando assim a visualização de determinados detalhes que facilitam a análise da radiografia. Portanto, a interpretação das radiografias em condições ideais e o conhecimento prévio de uma série de fatores ligados ao paciente associados com a radiografia, permitem que o máximo de informação da imagem radiográfica possa ser obtido, a fim de evitar repetições do exame ou a execução de uma outra técnica na busca da informação desejada.

b) Proteção para Profissional, Equipe e Áreas Adjacentes

1 - Posicionamento

A posição ideal para o profissional e/ou assistente durante o exame radiográfico, como afirma DANIEL⁶, deve ser preferencialmente distante da fonte de

radiação e se possível em uma outra sala, ou cabine, que permita visualizar o paciente durante toda a tomada radiográfica. Outros procedimentos básicos, de acordo com o Regulamento Técnico do Ministério da Saúde, também são recomendados:

a) O operador ou qualquer membro da equipe não deve colocar-se na direção do feixe primário, nem segurar o cabeçote ou o localizador durante as exposições;

b) nenhum elemento da equipe deve segurar o filme durante a exposição;

c) o operador deve manter-se no mínimo a uma distância de 2m do tubo (cabeçote) e do paciente durante as exposições. A posição ideal, segundo FREITAS⁷ et al. e LANGLAND & LANGLAIS²¹ seria entre 90° e 135° relacionada com o feixe útil. Portanto, o ambiente onde se encontra instalado o equipamento deve possuir dimensões suficientes para tal, assim como o fio do marcador de tempo possuir comprimento que permita esse posicionamento. Se a carga de trabalho for superior a 30 mAmin por semana, o operador deve manter-se atrás de uma barreira protetora com uma espessura de pelo menos 0,5mm equivalentes ao chumbo;

d) Equipamentos panorâmicos ou cefalométricos devem ser operados dentro de uma cabine ou biombo fixo de proteção com visor apropriado ou sistema de televisão. O visor deve ter pelo menos, a mesma atenuação calculada para a cabine. Esta por sua vez, deve estar posicionada de modo que, durante as exposições, nenhum indivíduo possa entrar na sala sem o conhecimento do operador.

2 - Monitoração

† Todo indivíduo ocupacionalmente exposto deveria controlar a sua exposição para não atingir os valores das doses de tolerância e a melhor maneira para o operador e equipe controlar a dose de exposição é através do uso de dosímetros, fornecidos por um serviço de monitoração, que pode ser realizado por firmas especializadas e que apresentam um relatório mensal da dose de radiação recebida pelo indivíduo.⁷ Diversos sistemas de dosimetria podem ser utilizados, tais como: filmes dosimétricos, câmaras de ionização, dosímetros fotoluminescentes e dosímetros termoluminescentes. Para a dosimetria de área, o tipo mais usado é a câmara de ionização e para a dosimetria

individual, o dosímetro termoluminescente.

3 - Barreiras de Proteção

O local a ser instalado o aparelho de raios X deve também apresentar barreiras, consideradas de proteção secundária e que têm por objetivo evitar a irradiação de pessoas na vizinhança. Para uma carga de trabalho correspondente às necessidades de um consultório odontológico que utiliza aparelhos de raios X de até 70 kVp, 1mm de chumbo ou 8cm de concreto seria o necessário. O equivalente para 8cm de concreto, em alvenaria, seria 12cm de espessura, o que praticamente torna recomendável uma parede de meio tijolo. Nos últimos anos vêm sendo usada a aplicação de massa baritada, que dependendo da concentração da barita, 1cm equivaleria a 1mm de chumbo, principalmente em paredes de blocos furados, de grande uso em prédios por seu menor peso. Entretanto, um estudo sobre a barita foi realizado por SOUZA³⁶ et al. a fim de determinar qual a proporção ideal desse mineral em argamassa de revestimento e a espessura necessária e equivalente à espessura de chumbo para barrar ou absorver raios X de aproximadamente 30 KeV de energia efetiva obtidos com os seguintes fatores 93,7 kVp -15mA. Os resultados mostraram que a melhor mistura encontrada foi de 60% de barita, com 53,7% de sulfato de bário, 20% de areia fina, 20% de cimento CPE 32. O fator de conversão obtido para a mistura da argamassa estudada foi de 5,6mm da mistura para cada milímetro de chumbo. Outros materiais utilizados em construção civil como tijolo maciço ou furado, acrescidos ou não de reboco e/ou azulejo, bem como concreto (5 cm) foram considerados por MARQUES JR.²⁶ et al. como bons protetores quando utilizado um aparelho de raios X odontológico de 50 kVp/7mA. Entretanto, devemos ressaltar que os aparelhos de raios X atuais, por questão de normas, já estão sendo fabricados com 70 kVp, o que torna ultrapassados os resultados deste último estudo.

4. Sinalização

De acordo com a Legislação⁴ em vigor, as salas equipadas com aparelhos de raios X devem dispor de:

- a) Sinalização visível, contendo o símbolo internacional da radiação ionizante

(Fig. 1), acompanhado da inscrição: “Raios X, entrada restrita” ou “Raios X, entrada proibida a pessoas não autorizadas”.

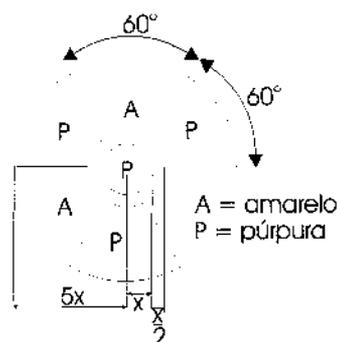


Fig. 1 - Símbolo internacional da radiação ionizante

b) Quadro com as seguintes orientações de proteção radiológica em lugar visível:

- b.1) “Não é permitida a permanência de acompanhantes na sala durante o exame radiológico, salvo quando estritamente necessário.”
- b.2) “Acompanhante, quando houver necessidade de contenção de paciente, exija e use corretamente vestimenta plumbífera para sua proteção durante exame radiológico.”

5 - Levantamento Radiométrico

O levantamento radiométrico, segundo OLIVEIRA & MOTA²⁸ tem por finalidade verificar se os níveis de dose ou exposição profissional e do público estão de acordo com os limites autorizados pela lei. Portanto, toda instalação nova, ou já existente e não previamente avaliada deve ser submetida a um levantamento radiométrico realizado ou supervisionado por um especialista qualificado e habilitado. Os resultados deste levantamento, segundo DANIEL⁶, possibilitam atestar a execução dos serviços em ambientes sem radiação ou dentro de limites aceitáveis, ou ainda, apontar a necessidade de reforços em barreiras a fim de proporcionar ao pessoal envolvido a devida segurança.

c) Programa de Garantia de Qualidade

Um programa de garantia de qualidade em Radiologia Odontológica, pode ser definido como um conjunto de procedimentos periódicos ou contínuos de monitoração do desempenho das instalações radiológicas, que visa assegurar a máxima qualidade das imagens radiográficas com o menor risco radiológico para o paciente, profissional e equipe (LANGLAND & LANGLAIS²¹, BOSCOLO³ et al., OLIVEIRA & MOTA²⁸). Tais objetivos, segundo BOSCOLO³ et al. norteiam-se por normas internacionais de radioproteção, cujos princípios são:

1. Princípio da Justificação

Nenhuma prática envolvendo exposições a radiação pode ser adotada a menos que produza benefícios suficientes aos indivíduos expostos ou à sociedade, para compensar o detrimento que possa ser causado.

2. Princípio da Otimização

Os valores da exposição à radiação na prática, o número de pessoas expostas e a probabilidade de ocorrência de exposições, devem ser tão baixos quanto razoavelmente exequíveis, considerando os fatores econômicos e sociais.

3. Princípio da Limitação de Dose e Risco Individual

A exposição à radiação de indivíduos, resultante da combinação de todas as práticas, não deve exceder aos limites de dose e deve estar sujeita à algum controle de risco.

4. Prevenção de Acidentes

No projeto e operação de equipamentos e de instalações deve-se minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes, além de desenvolver os meios e implementar as ações necessárias para minimizar a contribuição de erros humanos que levem a ocorrência de exposições acidentais.

A implantação de um programa de garantia de qualidade é uma das exigências do Regulamento Técnico do Ministério da Saúde, aprovado recentemente pela Portaria 453 de 01 de junho de 1998⁴. Foi dado um prazo de 3 anos para implantação do sistema de garantia de qualidade e respectivos assentamentos a partir da data de publicação do Regulamento. As vantagens da implantação de um PQG, segundo BOSCOLO³ et al., são: a boa qualidade da imagem radiográfica, o baixíssimo número

de radiografias rejeitadas , um menor desgaste do equipamento, uma maior proteção do paciente, profissional e equipe e, um menor custo operacional para o serviço. Para alcançar tais resultados, deve-se ajustar, segundo OLIVEIRA & MOTA²⁸, diversos parâmetros, entre os quais a quilovoltagem (kVp), a miliamperagem (mA), o tempo de exposição, filtração total, distância foco-filme, colimação, grades, seleção de filmes, combinação filme-ecran e finalmente os parâmetros de processamento do filme. Como cada um destes parâmetros contribui essencialmente para a qualidade da imagem, a alteração de um deles levará conseqüentemente a uma alteração da imagem. Na prática, para a manutenção de um padrão radiográfico, a modificação de um desses parâmetros, implicará em novo ajuste de outros.

Fazendo uma análise do controle de qualidade em equipamentos de raios X odontológicos, DANIEL⁶ pode constatar que com apenas algumas simples modificações e ajustes nos aparelhos de raios X, pode se obter resultados que contribuem significativamente na proteção radiológica. RUSHTON & HORNER³¹, com a introdução de apenas algumas medidas de controle de qualidade, confirmaram também melhoras significativas na qualidade diagnóstica das radiografias.

Um programa de garantia de qualidade segundo BOSCOLO³ et al., envolve ainda um protocolo de procedimentos na administração, que são:

1) Descrição do Plano de Garantia de Qualidade

Consiste na determinação da periodicidade com que os procedimentos propostos serão executados e na elaboração de uma planilha que contenha os resultados desses procedimentos.

2) Designação de Tarefas

Compreende a elaboração de um plano de responsabilidades aos profissionais e técnicos que compõem os serviços, no qual serão executados periodicamente os procedimentos pré-estabelecidos para cada participante.

3) Programa de Monitoração e Manutenção

Compreende o trabalho executado por físicos e/ou pessoal competente e por um programa que envolva contrato de manutenção e calibragem dos equipamentos.

4) Programa de Revisão e Avaliação

Compreende a análise dos dados contidos nos dois primeiros itens, a fim de identificar as falhas no processo de garantia de qualidade da imagem radiográfica, a frequência com que essas falhas se repetem, o levantamento do número de radiografias rejeitadas e do custo operacional.

5) Treinamento do Pessoal

Compreende a elaboração de um plano de reciclagem e treinamento do pessoal participante do serviço, com o objetivo de correção dos erros cometidos e treinamento no conhecimento de novos técnicos e/ou uso de novos equipamentos.

Ao colocar em ação esse conjunto de procedimentos do programa de garantia de qualidade a causa de qualquer radiografia rejeitada pode ser rapidamente detectada pelo profissional, prevenindo futuras repetições.

5 - CONCLUSÃO

Após revisar e discutir a literatura, podemos concluir que, embora a Radiologia Odontológica tenha feito considerável progresso em reduzir a exposição do paciente ao longo dos anos, nós ainda temos muito para implementar e aperfeiçoar.

A legislação em nosso país sobre o uso dos raios X diagnósticos, embora já exista há anos, apenas recentemente é que vem sendo melhor fiscalizada pelos órgãos competentes, e assim mesmo, somente nos estados mais desenvolvidos, o que não deixa de ser um avanço. Esforços estão sendo realizados para a efetiva implantação de um sistema eficaz de vigilância sanitária de radiações ionizantes nos estados e municípios. As ações devem incluir desde os investimentos na área de recursos materiais e humanos das autoridades sanitárias até a infra-estrutura de apoio ao sistema.

Uma das exigências da legislação em vigor é a implementação de um programa de garantia e controle de qualidade o qual impõe a nós, profissionais, uma capacitação ainda maior nas diversas atividades executadas nos serviços de radiodiagnóstico. Cabe a nós aperfeiçoar os nossos conhecimentos, estudar as normas e implementá-las em benefício dos nossos pacientes, de nossa equipe e consequentemente de nós mesmos.

Ao longo do desenvolvimento do nosso trabalho pudemos observar a evolução dos diversos meios de proteção utilizados contra as radiações ionizantes. Com base na bibliografia consultada, reunimos as principais condutas para proteção do paciente,

profissional e equipe, e áreas adjacentes, e que recomendam:

1) Toda radiografia a ser realizada, deve ter um objetivo determinado, e a decisão quanto a justificativa do exame deve ser baseada no exame e história clínica do paciente, a fim de que o indivíduo exposto tenha suficiente benefício de modo a compensar o detrimento que possa ser causado.

2) A colimação do feixe de raios X deve se restringir somente para aquelas áreas necessárias ao diagnóstico. A colimação retangular nas técnicas intrabucais, apesar de pouco difundida, é a mais coerente com os padrões atuais de proteção radiológica. No caso de radiografias extrabucais é obrigatório o uso de colimação retangular.

3) Uso de quilovoltagem preferencialmente maior que 60 kVp.

4) Os sistemas de controle de duração da exposição mecânicos devem ser substituídos por eletrônicos e os controladores com sistema de retardo devem ser desativados.

5) A técnica do paralelismo, utilizando os posicionadores de filmes é o meio mais indicado para a obtenção de radiografias intrabucais, o que não impede o uso da técnica da bisetrix em casos que não permitam o uso destes posicionadores.

6) A utilização de filtros de terras raras, que produz uma filtração mais eficiente do que os filtros de alumínio convencionais, reduzindo a exposição para o paciente e preservando a qualidade diagnóstica das radiografias.

7) O filme Ektaspeed, do grupo E, é o mais indicado, por sua maior velocidade. O seu uso reduz o tempo de exposição em cerca de 50%.

8) Maior efetividade é obtida, quando as placas intensificadoras de terras raras são combinadas com filmes adequados, produzindo assim radiografias de boa qualidade com a vantagem adicional de reduzir a exposição do paciente.

9) O avental de chumbo deve ser usado rotineiramente nos exames

radiográficos extrabuciais e no caso dos exames radiográficos intrabuciais, o avental plumbífero deverá ser acrescido de colar de chumbo, para proteção a tireóide.

10) As radiografias devem ser interpretadas em condições ideais para que o máximo de informação da imagem radiográfica possa ser obtido, a fim de evitar repetições do exame ou a execução de uma outra técnica na busca da informação desejada.

11) A barita, quando utilizada em proporções ideais em argamassa de revestimento, têm demonstrado ser um material alternativo à aplicação do chumbo, com eficiência muito próxima e de baixo custo.

12) Iniciar um programa de controle de garantia de qualidade que cubra todos os aspectos da operação radiográfica. Este programa, que visa assegurar a máxima qualidade das imagens radiográficas, com o menor risco radiológico para o paciente, profissional e equipe é agora uma exigência da legislação e terá um prazo de três anos, contados a partir de 01/06/98 para ser implantado.

13) Dentre os vários procedimentos que envolve o programa de garantia de qualidade, vale ressaltar a importância do trabalho de físicos e/ou pessoal competente que devem ser contratados para manutenção e calibragem dos equipamentos a fim de mantê-los em condições ideais de uso.

14) O profissional deve atualizar seus conhecimentos em radiologia e conscientizar-se da necessidade do controle e proteção das radiações ionizantes em odontologia.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ÁLVARES, L. C., TAVANO O. *Curso de radiologia em odontologia*. São Paulo: Editora Santos, 1987. 217p.
- 2 - BONNEL, A. E. Reduce your unnecessary X-ray radiation more than 90%. *J. Okl. St. dent. Ass.* v. 49, p. 11-12, Jan. 1960. Apud SILVA, M.A.G.S. op. cit. ref. 34.
- 3 - BOSCOLO et al. *Programa de garantia de qualidade em radiologia odontológica*. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. UNICAMP [1997] 15p.
- 4 - BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria 453. *Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico*. Brasília, jun. 1998. 32p.
- 5 - D'AMBROSIO et al. Diagnostic quality versus patient exposure with five panoramic screen-film combinations. *Oral Surg.*, Sant Louis, v. 61, n. 4, p.409-411, Apr. 1986.
- 6 - DANIEL, M. D. *Análise da aplicação de controle de qualidade em equipamentos de raios X odontológicos: procedimentos e contribuições para otimização*. Tese (Mestrado em Ciências) - FFCLRP. Departamento de Física e Matemática, Universidade de São Paulo, 1999.
- 7 - FREITAS, A., ROSA, J. E., SOUZA I. F. *Radiologia odontológica*. São Paulo:

Artes Médicas, 1994. 680p.

- 8 - FREITAS L. *Determinação, por termoluminescência, de doses de radiação incidentes em órgãos críticos, em pacientes edêntulos e crianças com dentição mista.* Tese (Doutoramento em Ciências) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, 1976. 93p.
- 9 - FRYKHOLM, A. Kodak Ektaspeed - a new dental X-ray film. *Dento-max-fac. Radiol.*, v. 12, p. 47-49, 1983.
- 10 - GARCEZ FILHO, J. A., ROCHA, A. P. B., OLIVEIRA, M. L. B. Meios de proteção aos raios X. *Revta gaúcha Odont.*, Porto Alegre, v. 38, n. 3, p. 177-180, maio/jun. 1990.
- 11 - GELSKEY, D. E., BAKER, C. G. Energy-selective filtration of dental X-ray beams. *Oral Surg.*, Saint Louis, v. 52, n. 5, p.565-567, Nov. 1981.
- 12 - GELSKEY, D. E., BAKER, C. G. The ALARA concept. Population exposures from X rays in dentistry - as low as reasonably achievable? *J. Can. dent. Ass.*, Ottawa, v. 50, n. 5, p.402-403, May 1984.
- 13 - GOAZ, P. W, WHITE S. C. *ORAL RADIOLOGY: Principles and interpretation.* 3rd ed. Saint Louis: Mosby, 1998. 735p.
- 14 - GOMES, R. O., GOMES R. D. A radiologia na odontologia - efeitos biológicos e medida de proteção. *Revta bras. Odont.*, Rio de Janeiro, v. 40, n. 6, p.7-11, nov/dez. 1983.
- 15 - HIRSCHMANN P. N. Guidelines on radiology standars for primary dental care: a resumé. *J. Br. Dent.*, v. 178, n. 5, p.165-167, Mar. 1995.
- 16 - JERMAN A. C., KYNSLEY E. L., MORRIS C. R. Absorbed radiation from panoramic plus bitewing exposures vs full-mouth periapical plus bitewing exposures. *J. Amer. dent. Ass.*, Chicago, v. 86, n. 2, p. 420-423, Feb. 1973.
- 17 - KAFFE, I. et al. Efficiency of the cervical lead shield during intraoral

- radiography. *Oral Surg.*, Saint Louis, v. 62, n. 6, p.732-736, Dec. 1986.
- 18 -KAFFE, I., LITTNER, M. M., KUSPET M. E. Densitometric evaluation of intraoral X-ray films: Ektaspeed versus Ultraspeed. *Oral Surg.*, Saint Louis, v. 57, p. 338-342, Mar. 1984.
- 19 -KAUGARS, G. E., FATOUROS, P. Clinical comparison of conventional and rare earth screen-film systems for cephalometric radiographs. *Oral Surg.*, Saint Louis, v. 53, n. 3, p.322-325, Mar. 1982.
- 20 -KIRCOS, L. T., STANINEC, M., CHOU, L. Rare earth filters for intraoral radiography: exposure reduction as a function of kVp with comparisons of imagem quality. *J. Amer. dent. Ass.*, Chicago, v. 118, n. 5, p.605-609, May 1989.
- 21 -LANGLAND, O. E., LANGLAIS R. P. *Principles of dental imaging*. Baltimore: Willians & Wilkins, 1997. 467p.
- 22 -LERVIK, T., COWLEY, G. Dental radiographic screening in children - the first part. *J. Dent. Child*, Chicago, v. 50, n. 1, p. 42-47, Jan./Feb. 1983.
- 23 -LERVIK, T., COWLEY, G. Dental radiographic screening in children - the second part. *J. Dent. Child*, Chicago, v.50, n. 2, p.128-135, Mar./Apr. 1983.
- 24 -LIEFDE, B. The dental care of pregnant women. *N. Z. dent. J.*, Auckland, v. 80, n. 360, p. 41-43, Apr. 1984.
- 25 -LOCHT, S. Four-intraoral film radiographic examination on children imparting less radiation than pantomography. *Scand. J. dent. Res.*, Copenhagen, v. 90, n. 1, p.69-75, Feb. 1982
- 26 -MARQUES JR. A., FONTOURA, H. E. S., SOUTO, S. L. L. Avaliação das barreiras à radiação X. *Revta gaúcha Odont.*, Porto Alegre, v. 39, n. 4, p.273-275, jul./ago. 1991.
- 27 -OKUNO, E. *Radiação: efeitos, riscos e benefícios*. São Paulo: Harbra, 1988. 81p.

- 28 -OLIVEIRA, S. V., MOTA, H. C. *Curso básico de licenciamento e fiscalização em radiologia médica e odontológica*. Rio de Janeiro: IRD/CNEM, 1994. 106p.
- 29 -RICHARDS, M. S. et al. *Samarium filters for dental radiography*. *Oral Surg.*, Saint Louis, v. 29, n. 5, p.704-715, May, 1970.
- 30 -ROCHA, R. S., FREITAS, A., RUMEL, A. Estudo comparativo entre o emprego do avental de borracha plumbífera e o aparador semicircular de chumbo, em radiologia odontológica. *Rev. Ass. Cirurg. Dent. Campinas*, v. 31, n. 6, p.420-429, nov./dec. 1977.
- 31 -RUSHTON V. E., HORNER, K. The impact of quality control on radiography in general dental practice. *Br. dent. J.*, London, v. 179, p.254-161, Oct. 1995.
- 32 -SILHA, R. E. Methods for reducing patient exposure combined with Kodak Ektaspeed dental X-ray film. *Dent. Radiogr. Photogr.*, Rochester, v. 54, n. 4, p.80-87, 1981.
- 33 -SILHA, R. E. The new Kodak Ektoaspeed dental X-ray film. *Dent. Radiogr. Photogr.*, Rochester, v. 54, n. 2, p.32-35, 1981.
- 34 -SILVA, M. A. G. S. *Proteção do paciente e operador em radiologia odontológica*. Tese (Mestrado em Diagnóstico Bucal) - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, 1993.
- 35 -SMITH, N. J. D. Risk assessment: the philosophy underlying radiation protection. *Int. dent. J.*, Guildford, v. 37, n. 1, p.43-51, Mar. 1987.
- 36 -SOUZA, J. G. M. et al. Argamassa baritada - Teste da proporção e da espessura do revestimento, para uso como barreira de proteção para raios X de 30 KeV de energia, em clínicas odontológicas. *Revta paul. Odont.*, São Paulo, v. 1, n. 4, out./nov./dez. 1994.
- 37 -STEPHENS, R. G., KOGON, S. L., REID, J. A. Prescription radiography. A new

- concept for radiation protection in dental practice. *J. Can. dent. Ass.*, Ottawa, v. 51, n. 9, p.672-679, Sept. 1985.
- 38 -TAYLOR, T. S., ACKERMAN, R. J., HARDMAN, P. K. Exposure reduction and image quality in orthodontic radiology: a review of the literature. *Am. J. Orthod. dentofac. Orthop.*, Saint Louis, v. 93, n. 1, p.68-77, Jan. 1988.
- 39 -VALACHOVIC, R. W., LURIE, A. G. Risk-benefit considerations in pedodontic radiology. *Pediat. Dent.*, Chicago, v. 2, n. 2, p.128-146, Jun. 1980.
- 40 -WEISSMAN, D. D., LONGHURST, G. E. Clinical evaluation of a rectangular field collimating device for periapical radiography. *J. Amer. dent. Ass.*, Chicago, v. 82, n. 3, p.580-582, Mar. 1971.
- 41 -WHINKLER, K. G. Influence of rectangular collimation and intraoral shielding on radiation dose in dental radiography. *J. Amer. dent. Ass.*, Chicago, v. 77, p.95-101, July 1968.
- 42 -WHITCHER, B. A., GRATT, B. M., SICKLES, E. A. Leaded shields for thyroid dose reduction in intraoral dental radiography. *Oral Surg.*, Saint Louis, v. 48, n. 6, p.567-570, Dec. 1979.
- 43 -WHITE, S. C. Assesment of radiation risk from dental radiography. *Dento-max. fac. Radiol.*, v. 21, p.118-126, Aug. 1992.