

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
NÍVEL: MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS/RADIOLOGIA

Juliana Andréa Corrêa Travessas

**DOSIMETRIA CLÍNICA EM
EXAME PERIAPICAL UTILIZANDO
DIFERENTES COLIMADORES**

Porto Alegre
2008

Juliana Andréa Corrêa Travessas

**DOSIMETRIA CLÍNICA EM EXAME PERIAPICAL UTILIZANDO DIFERENTES
COLIMADORES**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Odontologia, nível Mestrado, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito final para a obtenção do título de Mestre em Clínicas Odontológicas, ênfase em Radiologia.

Orientadora: Prof. Dra. Vania Regina Camargo Fontanella

Co-orientadora: Prof. Dra. Cláudia Lúcia de Pinho Maurício

Porto Alegre
2008

CATALOGAÇÃO NA FONTE:

T779d Travessas, Juliana Andréa Corrêa.
Dosimetria clínica em exame periapical utilizando diferentes colimadores / Juliana Andréa Corrêa Travessas; orientação [por] Vania Regina Camargo Fontanella. – Porto Alegre, 2008.
37 f. Há gráficos e tabelas

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ Faculdade de Odontologia - Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Porto Alegre, 2008.

1. Proteção radiológica. 2. Radiografia dentária. 3. Glândula tireóide. I. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. II. Vânia Regina Camargo Fontanella. III. Título.

CDU 615.849.5

Bibliotecária Responsável: Cira Adriana Martins Ribeiro – CRB 10/1841

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para tornar possível a realização deste trabalho e especialmente:

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e à Faculdade de Odontologia que fizeram parte da minha vida desde a graduação e me ofereceram a oportunidade de desenvolver habilidades na odontologia.

À minha orientadora, Vania Fontanella, que me acolheu como mestranda e por sempre ter a resposta mais adequada e encontrar a melhor solução quando tudo estava complicado.

À minha co-orientadora, Cláudia Maurício, do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, pela hospitalidade durante minha estadia no Rio de Janeiro, por toda paciência em explicar conceitos da Física e por sua indispensável e decisiva colaboração na dosimetria.

Agradeço ao meu pai Sérgio (em memória) e à minha mãe Elinor por me mostrarem o melhor caminho a seguir e me apoiarem nas minhas decisões.

À minha irmã Graciela pelo companheirismo e dedicação na execução da dissertação com seus conhecimentos de Biblioteconomia.

À grande amiga Célia Mahl responsável pela minha caminhada na Radiologia Odontológica. Sem sua orientação eu não teria chegado até aqui.

Às professoras Susana Samuel e Carmen Fortes que me iniciaram na pesquisa científica.

Aos funcionários do Serviço de Radiologia da FO-UFRGS: João, Marli, Lovane, Lúcia e Ábeas pela ajuda.

Aos meus colegas de Mestrado e em especial à Camila Braga.

À minha colega e amiga de infância desde 2004 Renata Licks.

Ao meu amigo Diego Saldanha pela amizade e colaboração com os conhecimentos de Inglês.

Aos amigos Alessandra Cruz, Belkiss Mármora, Daniel Bertuzzi, Ana Paula Rubbo e Carlos Mahl pelo apoio e amizade.

Às gurias da Confraria pelos bons momentos de descontração que temos passado juntas.

Muito Obrigada!

RESUMO

Exames radiográficos para fins de saúde constituem a principal fonte de exposição da população à radiação ionizante artificial, devendo empregar a dose mínima necessária para que se obtenha imagem de qualidade. Colimadores retangulares têm sido propostos em substituição aos circulares para reduzir a exposição de órgãos críticos. Este estudo teve por objetivo verificar se existe diferença na dose de radiação nas regiões de cristalino e tireóide durante a realização de um exame periapical completo, em função da forma e do tamanho do colimador utilizado. Trinta pacientes foram aleatoriamente distribuídos em três grupos: 1 – colimador circular convencional com 60 mm de diâmetro; 2 – colimador retangular com 24 x 32 mm² e 3 – colimador retangular com 30 x 40 mm². As condições de exame foram padronizadas para os três grupos. A dose foi obtida por meio de dosímetros termoluminescentes de LiF:Mg.Cu.P (TLD-100H), que permaneceram, durante a execução das 14 radiografias do exame completo periapical, posicionados sobre os olhos (cristalino) direito e esquerdo e sobre a região da tireóide, abaixo do protetor plumbífero. Os resultados finais foram submetidos aos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis e Friedman, ambos complementados por seus testes de comparações múltiplas, ao nível de significância de 5%. No grupo 2 houve redução significativa na dose de radiação absorvida na região dos olhos em relação aos grupos 1 e 3. Os grupos 2 e 3 apresentaram redução significativa na dose de radiação absorvida na tireóide em relação ao grupo 1. Nos três grupos, a dose absorvida na região dos olhos é significativamente maior do que a dose absorvida pela tireóide. O uso do colimador retangular reduziu significativamente a dose absorvida na tireóide.

Palavras-chave: Proteção Radiológica. Radiografia Dentária. Glândula Tireóide. Cristalino.

ABSTRACT

X rays examinations are the main source of population's exposure to artificial ionizing radiation. Radiation dose in such examinations should be as low as possible but still ensuring a good image quality. Rectangular collimators have been proposed in substitution to the circular ones in order to minimize the radiation exposure to nearby critical organs. This study aims to compare the radiation doses in the lens of the eyes (right and left) and thyroid gland obtained using different collimators, in a complete periapical examination (14 radiographic exposures). Thirty patients have been randomly allocated to three groups: 1 – using a 60 mm diameter conventional circular collimator; 2 – using a 24 x 32 mm² rectangular collimator; and 3 – using a 30 x 40 mm² rectangular collimator. The doses were measured by LiF:Mg,Cu,P thermoluminescent dosimeters (TLD-100H) positioned over both right and left eyes and under the lead thyroid protector shield, in the thyroid gland position. Final results were submitted to Kruskal-Wallis and Friedman non-parametric statistics analysis, complemented by multiple comparison tests, with 5% significance level. Group 2 presented a significant dose reduction in the eyes region compared to groups 1 and 3. Groups 2 and 3 showed a significant dose reduction in the thyroid gland region compared to group 1.

Keywords: Radiation Protection. Radiography, Dental. Thyroid Gland. Lens, Crystalline.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
4 METODOLOGIA	18
4.1 Considerações Éticas	18
4.2 Caracterização da Amostra	18
4.3 Obtenção das Radiografias	19
4.4 Processamento radiográfico	19
4.5 Avaliação das doses de radiação	20
4.6 Análise Estatística	23
5 RESULTADOS	24
6 DISCUSSÃO	26
7 CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS	30
ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	34
APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	35
APÊNDICE B – Doses e médias por paciente (em μGy)	36

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Portaria 453 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), visto que as exposições radiológicas para fins de diagnóstico em saúde constituem a principal fonte de exposição da população à radiação ionizante artificial, as radiografias devem ser realizadas em condições otimizadas de proteção aos pacientes, profissionais e ao público em geral. As exposições de pacientes devem utilizar a dose mínima necessária para que se atinja o objetivo radiológico compatível com padrões aceitáveis de qualidade de imagem. Para isso, alguns requisitos quanto à qualidade de imagem devem ser definidos, sendo mais importante a informação fornecida pela imagem do que a sua aparência agradável aos olhos do observador (MARTIN; SUTTON; SHARP, 1999).

A preocupação com a redução da dose de radiação em exames radiológicos tornou-se uma constante desde que se teve conhecimento dos efeitos deletérios resultantes da exposição aos raios X. Muitos estudos foram desenvolvidos e normas foram criadas com a intenção de reduzir a dose absorvida, principalmente em estruturas mais sensíveis à radiação como gônadas, glândulas salivares, tireóide e cristalino. A redução torna-se ainda mais importante quando essa estrutura anatômica não está diretamente envolvida na investigação diagnóstica, mas acaba sendo atingida pelo feixe primário ou pela radiação secundária em função de sua proximidade com a área de interesse. Como nem sempre é possível o afastamento entre as estruturas, buscam-se alternativas para manter determinadas regiões fora do campo irradiado. Entre elas está a colimação do feixe, que visa limitar ao máximo a área irradiada, sem que haja prejuízo no resultado final da imagem.

Em odontologia, a radiografia periapical é um dos exames complementares de diagnóstico mais utilizados pelo cirurgião-dentista e, de acordo com Whaites (2003), é indicada para observar as condições do periápice e do periodonto, a morfologia radicular em exodontia e endodontia, presença e localização de dentes não irrompidos, avaliação pós traumática dos dentes e do osso alveolar e controle pós-operatório de implantes, cistos e outras lesões. Pode ser obtida por meio da técnica do paralelismo ou da bissetriz. A primeira exige a utilização de dispositivos posicionadores para o filme e orientação do feixe de raios X. A segunda pode ser realizada com ou sem dispositivos posicionadores.

A Portaria 453 (BRASIL, 1998) determina a adoção de procedimentos de trabalho que visem à redução da dose no paciente e que os exames radiográficos só devem ser realizados quando considerados necessários, após exame clínico e avaliação das necessidades de saúde geral e dentária, assim como após a averiguação da existência de exames prévios que possam dispensar um novo exame. O tempo de exposição deve ser o menor possível, consistente com a obtenção de imagem de boa qualidade e associado à utilização de filmes radiográficos mais sensíveis, fornecendo níveis adequados de contraste e detalhe. As repetições podem ser evitadas por meio do emprego de técnica correta de exposição e processamento. Na execução da técnica deve-se utilizar, preferencialmente, dispositivos posicionadores para o filme e orientação do feixe, mantendo a extremidade do localizador o mais próximo possível da pele do paciente para garantir tamanho de campo mínimo. Além disso, não se pode dispensar o uso de vestimenta de proteção individual plumbífera para a proteção da tireóide, tronco e gônadas do paciente durante as exposições.

A proximidade da cavidade bucal com áreas nobres e suscetíveis à radiação X, como o cristalino e a glândula tireóide, é uma boa justificativa para reduzir a dose de radiação em exames radiográficos odontológicos. Como opção para a redução da dose nesses órgãos críticos pode-se restringir o tamanho da área irradiada durante a realização de radiografias intrabucais a um diâmetro de campo não superior a 6 cm na extremidade de saída do cilindro localizador, por meio de colimadores. Segundo Watanabe, Pardini e Arita (2000), o método mais efetivo de redução da dose de radiação é manter a área irradiada com o menor tamanho possível, compatível com o objeto radiografado e o filme radiográfico selecionado.

Os colimadores de chumbo limitam a área do feixe de radiação e localizam-se na abertura do cabeçote por onde passam os raios X (primários) ou na extremidade do cilindro revestido por chumbo (secundários). O colimador, circular ou retangular, determina a forma e o tamanho do feixe que sai do tubo de raios X e atinge a pele do paciente. O colimador retangular produz um feixe um pouco maior do que um filme intraoral número 2 (3,2 x 4,1 cm²) (MILES; VAN DIS; RAZMUS, 1992; MAURIELLO; OVERMAN; PLATIN, 1995; LANGLAND; LANGLAIS, 2002).

Além de reduzir significativamente a exposição do paciente à radiação, o uso de colimadores retangulares melhora a qualidade da imagem por diminuir o véu por espalhamento, resultando em uma imagem radiográfica com melhor resolução e contraste. A colimação retangular pode ser obtida por meio de colimadores acoplados à extremidade do cilindro que estão disponíveis no mercado em dimensões variadas. A utilização de dispositivos posicionadores de filme torna-se indispensável na opção por colimadores retangulares para que se evitem repetições desnecessárias, já que o diâmetro do campo irradiado é bastante reduzido (LANGLAND; LANGLAIS, 2002).

Contudo, não foram encontradas pesquisas de dose de radiação em exame completo periapical realizado em paciente que comparassem a efetividade destes colimadores disponíveis em nosso meio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As radiações ionizantes acarretam efeitos biológicos, os quais podem ser determinísticos ou estocásticos, somáticos ou genéticos. Os efeitos determinísticos aparecerão após a exposição a uma determinada dose de radiação, sendo o grau do dano proporcional à dose recebida. Existe um limiar de dose para estes efeitos ocorrerem. Um exemplo de efeito determinístico é o aparecimento de catarata (opacificação do cristalino). Os efeitos estocásticos são aqueles que podem se desenvolver com qualquer dose de exposição à radiação. A probabilidade de ocorrência destes efeitos é proporcional à dose. Nesse caso, não existe dose limiar e o grau de dano independe da dose. Um exemplo de efeito estocástico é o câncer de tireóide (PASSLER; VISSER, 2001; WHAITES, 2003).

A dose absorvida é a medida da quantidade de energia depositada pelo feixe de radiação em um elemento de material de massa m , dividida por m . Sua unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é o joule por quilo (J/Kg), que recebe o nome especial de gray (Gy). A dose absorvida para raios X é igual ao kerma, na presença de equilíbrio eletrônico. O kerma no ar na superfície de entrada ($K_{a,e}$) é o kerma no ar no eixo do feixe de raios X no ponto onde ele entra no paciente, incluindo a contribuição da radiação de retroespalhamento. Sua unidade SI também é o gray. A dose na superfície de entrada (ESD) é a dose absorvida no mesmo ponto e nas mesmas condições do kerma no ar na superfície de entrada. Para equilíbrio eletrônico, as duas grandezas têm o mesmo valor (LNMRI, 2002).

A região da cabeça e pescoço, comparada ao tronco, é muito menos sensível às radiações e seus principais órgãos de risco são: a glândula tireóide, as glândulas salivares e o cristalino (PASSLER; VISSER, 2001). Segundo o National Research Council (1990), as mulheres são três vezes mais suscetíveis a câncer de tireóide (resultante ou não de radiação) que os homens. Além disso, o risco de câncer de tireóide por radiação é maior em crianças expostas antes dos cinco anos de idade. Quanto ao cristalino, pode-se induzir catarata com doses de 2 Gy em uma única exposição ou mais de 5 Gy quando a dose é recebida em múltiplas exposições durante algumas semanas.

De acordo com White (1992), a dose de radiação nas gônadas em radiografias dentárias é tão pequena que o risco de efeitos hereditários torna-se insignificante quando comparado ao risco somático.

As medições de dose só podem ser efetuadas quando houver segurança de que não irão causar nenhum prejuízo ao paciente nem tenham influência negativa sobre a qualidade diagnóstica da radiografia. Para a determinação de exposições e doses de radiação são necessários aparelhos de medição especiais que podem ser câmaras de ionização, detectores de Geiger-Müller, eletroscópio (ou caneta tipo dosímetro), detectores fotográficos (filmes), detectores semicondutores ou dosímetros termoluminescentes (TLDs). Os TLDs são indicados no registro de exposições de pacientes à radiação, pois são muito pequenos e apresentam boa resposta em uma ampla faixa de dose. Exemplos de materiais usados como TLD são: fluoreto de lítio (LiF), sulfato de cálcio (CaSO_4), fluoreto de cálcio (CaF_2) (PASSLER; VISSER, 2001; BIRAL, 2002).

De acordo com Maurício (2001), a termoluminescência é a emissão luminescente proveniente de um material previamente irradiado, quando este é aquecido. Assim, o material termoluminescente, ao ser atingido por radiação ionizante, apresenta a capacidade de armazenar uma parte desta energia incidente, devido ao deslocamento de elétrons para posições da rede cristalina de maior energia, denominadas armadilhas, que são estáveis na temperatura ambiente. Este estado é chamado estado meta-estável. Aquecendo-se este material irradiado, os elétrons se movimentam, saindo de suas armadilhas e retornam ao seu estado inicial de equilíbrio termodinâmico, emitindo uma parte da energia armazenada em forma de luz. O fenômeno da termoluminescência pode ser usado para fins dosimétricos, pois a intensidade de emissão luminosa de um material termoluminescente é proporcional à quantidade de irradiação recebida.

Faulkner, Broadhead e Harrison (1999) realizaram uma revisão sobre métodos de dosimetria em pacientes em exames de diagnóstico radiológico. Segundo os autores, a relação risco/benefício pode ser melhorada aumentando o benefício e reduzindo o risco pela redução na dose. Em dosimetria clínica, é comum o uso de TLDs na pele do paciente durante a exposição para o levantamento da dose. A dose absorvida pelo dosímetro é utilizada para determinar a dose em regiões específicas. De acordo com os autores, tendo em vista que as

exposições com finalidade de diagnóstico são a maior contribuição para a dose de radiação artificial na população, é importante que haja um esforço para a sua redução.

A dose efetiva é a grandeza de radioproteção definida pela soma ponderada das doses equivalentes em todos os tecidos e órgãos do corpo e representa o mesmo risco de uma exposição uniforme de corpo inteiro. Sua unidade SI é também o J/Kg que, para diferenciar, recebe o nome especial de sievert (Sv) (LNMRI, 2002; WHAITES, 2003). A dose efetiva em um exame completo periapical realizado com filme de sensibilidade D e colimador circular foi estimada por White (1992) em 84 μ Sv. Porém, o uso de filme de sensibilidade E e colimador retangular pode reduzi-la consideravelmente, diminuindo o risco. Stenström *et al.* (1987) determinaram a dose equivalente efetiva em radiografias periapicais utilizando colimadores de formato circular (55 mm de diâmetro) e retangular (35 x 44 mm²). Com colimador circular a dose equivalente efetiva foi de 0,23 mSv e com retangular o valor de dose foi de 0,14 mSv. Esses valores referem-se a 20 radiografias com filmes de sensibilidade D realizadas em aparelho de 65 kV e distância foco-pele de 20 cm. O cálculo foi feito a partir de médias de doses absorvidas em órgãos e tecidos de especial importância (gônadas, tórax, medula óssea, pulmão, tireóide, osso, glândulas salivares, cérebro, tecido linfóide e mucosas), baseando-se em dados obtidos em estudos anteriores.

Stenström *et al.* (1986 a) avaliaram a influência do tamanho e da forma dos colimadores utilizados na Suécia na dose absorvida na pele e alguns órgãos de interesse na região da cabeça e pescoço utilizando um *phantom* e pacientes em exames completos periapicais com filme de sensibilidade D. As medidas de doses foram obtidas com TLDs de LiF. No *phantom* foram realizados cinco exames com 20 filmes para cada tipo de colimador. Cinco pacientes foram submetidos a exame com 20 filmes e distância foco-pele de 35 cm. Em dois pacientes foi utilizado colimador retangular e em três, colimador circular. No *phantom*, a dose na superfície de entrada máxima foi reduzida em 20-25% com a substituição do colimador circular pelo retangular. A dose média no cristalino, com a técnica do paralelismo e colimador retangular, foi de 0,2 mGy. A redução de dose na tireóide, com o colimador retangular, foi de 70% para cilindro curto e 50% para cilindro longo. O uso de protetor de tireóide e colimador retangular reduz a dose à metade, já com colimador circular curto, a redução é de 90%. Em paciente submetido a 20 exposições, a dose máxima na tireóide, com protetor, foi de 0,10 mGy com colimador circular e de 0,08 mGy com colimador retangular.

Stenström *et al.* (1986 b) determinaram a dose absorvida por um *phantom* em exames completos periapicais e radiografias interproximais com colimadores retangular e circular e aparelho de raios X de 65 kV, utilizando filme de sensibilidade D. O colimador retangular determinou redução da dose em 61% no exame periapical completo e em 69% no exame interproximal.

Bóscolo *et al.* (1991) avaliaram as doses de radiação que atingem bilateralmente o cristalino, a pele e o filme durante a execução de radiografias oclusais totais de maxila e da mandíbula e periapical pela técnica da bisettriz, utilizando TLDs de $^7\text{LiF:Mg,Ti}$ (TLD-700). Na técnica oclusal superior, 42,52% da dose incidente na pele chegou ao cristalino. As radiografias periapicais foram realizadas somente do lado direito e na região de incisivos. A face do paciente na região de incidência do feixe central de raios X e o filme receberam os maiores índices de radiação. O cristalino direito recebeu dose significativamente maior de radiação que o esquerdo. O cristalino direito recebeu a maior dose de radiação quando foram realizadas as técnicas para as regiões de caninos e pré-molares superiores e a técnica oclusal superior. Quanto ao cristalino esquerdo, este recebeu a mesma dose de radiação que o direito durante a técnica oclusal superior. Entre as técnicas periapicais, a que resultou em maior dose de radiação no cristalino esquerdo foi a de incisivos superiores. O valor de dose mais baixo para o cristalino esquerdo foi com a radiografia de molares inferiores do lado direito.

Rehnmark-Larson *et al.* (1982) investigaram as doses de radiação absorvidas na pele, glândulas salivares, tireóide e gônadas no exame radiográfico dos terceiros molares, utilizando câmara de ionização e dosímetros termoluminescentes. Foram realizadas três projeções radiográficas intrabucais diferentes na maxila e quatro na mandíbula de um *phantom*, além de uma incidência extrabucal lateral de mandíbula. As incidências intrabucais foram realizadas com filmes de sensibilidade D e E, com colimadores circular e retangular. A maior dose recebida pela tireóide foi de 35 μGy na incidência disto-oblíqua na mandíbula, com colimador circular e filme de sensibilidade D. O colimador retangular reduziu as doses em aproximadamente 50%. O protetor de tireóide reduziu a dose de radiação entre 12 e 46%.

Stenström *et al.* (1983) testaram cinco tipos de aventais de chumbo e protetores de tireóide, utilizando dois aparelhos de raios X com colimadores circular e retangular, filmes de sensibilidade E e as técnicas do paralelismo e bisettriz em um *phantom*. A dose absorvida foi medida por meio de câmara de ionização posicionada na região da tireóide durante o exame

completo (20 exposições) e a cada radiografia. De acordo com o estudo, a dose na tireóide aumentou muito com o uso de colimador circular com mais de 50 mm e com o uso da técnica da bissetriz. A proteção da tireóide não é significativamente diferente quando se utiliza colar de tireóide, protetor horizontal ou avental com protetor de tireóide. A dose obtida na tireóide, com colimador retangular, sem proteção, foi de 0,11 mGy e com proteção, de 0,08 mGy. Com colimador circular as doses foram 0,31 mGy e 0,16 mGy, respectivamente.

Falk *et al.* (1999) compararam colimadores circulares (53 mm de diâmetro) e retangular (35 x 45 mm²) com um colimador retangular de tamanho menor (26 x 39 mm²). O efeito direto da redução do tamanho do campo irradiado é na redução da dose, o que é particularmente relevante no caso de radiografias infantis. O uso de posicionador resulta na redução do número de repetições e em melhor acurácia geométrica.

Em um estudo de dosimetria termoluminescente com pacientes, comparando aparelhos de raios X com diâmetro de colimações diferentes (5 cm e 7 cm), Pereira Junior (2006) observou que o uso do posicionador na técnica da bissetriz é de grande relevância para que o paciente não absorva uma dose de radiação que não venha contribuir para o exame, visto que a associação do posicionador com um aparelho de menor diâmetro de campo reduziu cerca de 75% a dose recebida nas regiões da tireóide e cristalino no exame periapical completo.

Velders, Aken e Stelt (1991) estimaram a dose absorvida em um *phantom* em radiografias interproximais obtidas com colimadores circulares e retangulares em aparelhos de raios X com 50, 65, 75 e 90 kV, variando a distância foco-pele e utilizando TLDs de LiF:Mg,Ti (TLD-100). Os autores observaram que a dose absorvida era significativamente mais baixa quando a área irradiada era menor e a distância foco pele, maior.

Lecomber *et al.* (2000) estimaram o risco relacionado à radiação em doze programas de imagem no Orthophos[®] medindo a dose absorvida em um *phantom* com TLDs. A dose efetiva foi calculada excluindo as glândulas salivares. Em onze dos doze programas de imagem, as glândulas salivares foram os sítios que receberam as maiores doses de radiação. Os autores salientam que este é um aspecto importante, pois o valor da dose efetiva depende da inclusão ou não das glândulas salivares no cálculo.

Ekestubbe *et al.* (2004), compararam as doses absorvida e efetiva em cortes tomográficos do aparelho Scanora[®] (66 kV) com radiografia periapical (60 kV e filme de sensibilidade E) utilizando um *phantom* e TLDs de LiF nas regiões da hipófise, cristalino, parótida, glândula submandibular, tireóide e pele. A região dos terceiros molares superiores e inferiores foi examinada com radiografias periapicais, cortes tomográficos e radiografia panorâmica. Na técnica periapical, a distância foco pele foi de 20 cm com colimador retangular (42 x 32 mm²) e os tempos de exposição foram de 0,63 s para molar inferior e 1,0 s para molar superior. A dose absorvida média no cristalino para a radiografia periapical de molar superior foi de 0,10 mGy no lado direito e 0,01 mGy no lado esquerdo. Para região de molar inferior, a dose absorvida no cristalino ficou abaixo do limite de detecção do sistema de medição. A tireóide mostrou valores de dose absorvida de 0,02 mGy na radiografia periapical de molares superiores e 0,05 mGy na de molares inferiores. As doses efetivas para cortes tomográficos variaram de 0,01 a 0,03 mSv.

Araújo *et al.* (2006) utilizaram um colimador para reduzir a área irradiada durante a realização de radiografias cefalométricas de perfil em um *phantom* e observaram que o colimador foi significativamente efetivo na redução das doses absorvidas nas áreas selecionadas: 86% no cérebro, 65% na hipófise, 21% na glândula submandibular, 65% na parótida, 53% no cristalino, 92% na tireóide e 7% na pele.

Ludlow, Davies-Ludlow e White (2008) calcularam a dose equivalente efetiva em um phantom utilizando as recomendações da ICRP de 1990 e 2007. Nas recomendações de 2007 as estimativas de radiosensibilidade dos tecidos de risco foram alteradas. Seguindo as novas recomendações, observaram aumento de 32% a 422% nas doses obtidas em exames radiográficos odontológicos. Os autores sugerem que os clínicos podem reduzir a dose nos pacientes por meio da utilização de receptores digitais de imagem, filmes de sensibilidade F, colimadores retangulares e adotando critérios de seleção e indicação de exames adequados.

No estudo de Horton *et al.* (1983), 181 estudantes de Odontologia realizaram 3800 radiografias periapicais. Cada estudante expôs 21 filmes em seis crânios secos, usando de um lado um colimador retangular com 3,5 x 4,5 cm² (Rinn Corporation) e do outro um circular com diâmetro de 7 cm (General Electric). Para a obtenção das radiografias foram utilizados posicionadores da marca XCP (Rinn Corporation, Elgin, Illinois, EUA). Foram encontradas 156 diafragmações (4,1% dos casos), sendo que destas apenas quatro foram com o uso de

colimador circular. Contudo, do total de radiografias diafragmadas, a repetição foi recomendada em todas as radiografias com colimador circular e em 29 (18,9%) das obtidas com colimador retangular. Os autores acreditam que uma maior familiaridade e uso de colimadores retangulares e o uso apropriado de instrumentos posicionadores resultaria em redução nas diafragmações.

Utilizando um questionário, Svenson e Peterson (1995) constataram que 36% dos dentistas suecos utilizavam colimador retangular. A seleção do filme e o processamento radiográfico nem sempre estavam de acordo com as recomendações do Instituto Nacional Sueco de Proteção a Radiação (SSI) e que atitudes deveriam ser tomadas para melhorar as condições de segurança em relação à radiação.

Para investigar o uso clínico de filmes de sensibilidade E e colimador retangular, Svenson, Söderfeldt e Gröndahl (1996) enviaram 2000 questionários para dentistas suecos selecionados de forma randomizada, dos quais 1386 (69,3%) retornaram. As respostas mostraram que 47,2% dos dentistas utilizam filme de sensibilidade E, 29% utilizam colimador retangular, e apenas 15,3% utilizam ambos. O estudo constatou que dentistas que participaram de cursos de atualização ou trabalhavam em saúde pública demonstraram uma maior probabilidade de adotar métodos de redução na dose de radiação.

Jacobs *et al.* (2004) distribuíram 700 questionários para dentistas belgas para avaliar a atitude em relação a cuidados com a qualidade radiográfica e proteção contra radiação. Dos 71% que responderam, 34% utilizavam receptores de imagem digital e 4% ainda utilizavam filme de sensibilidade D. Sessenta por cento dos dentistas nunca usaram posicionadores e apenas 6% utilizavam colimador retangular.

Tendo em vista que o uso de colimadores retangulares não está, ainda, difundido em nosso meio, que o levantamento completo periapical, por mostrar todas as regiões dentárias, é um exame bastante requisitado na prática odontológica e que a dose de radiação deve ser sempre a menor possível sem perda na qualidade diagnóstica, faz-se necessária a quantificação da dose quando se substitui colimadores circulares por retangulares.

3 PROPOSIÇÃO

Verificar se existe diferença nas doses de radiação nas regiões de cristalino bilateral e da glândula tireóide durante a realização de um exame periapical completo pela técnica da bisettriz com posicionador, em função do formato e do tamanho do colimador.

4 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como ensaio clínico randomizado em paralelo, insere-se na Linha de Pesquisa denominada “Diagnóstico das Afecções Buco-faciais” e foi desenvolvido de acordo com a descrição a seguir.

4.1 Considerações Éticas

O projeto relativo ao estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, protocolo nº 26/06 (ANEXO A).

4.2 Caracterização da Amostra

A amostra foi constituída de trinta pacientes adultos, de ambos os sexos, que procuraram o Serviço de Radiologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a realização de exames periapicais completos, entre novembro de 2007 e maio de 2008 e que consentiram em participar do estudo (APÊNDICE A).

Os estudos na área de dosimetria não forneciam informações específicas em relação à dose absorvida e os que as apresentavam mostravam muita variabilidade entre os pacientes, não sendo possível o cálculo amostral. Além disso, por serem estudos relativamente antigos, utilizavam aparelhos de raios X com quilovoltagem menor e filmes menos sensíveis que os atualmente empregados.

4.3 Obtenção das Radiografias

Os pacientes foram aleatoriamente divididos em 3 grupos:

Grupo 1: O exame radiográfico foi realizado com colimador primário circular, com diâmetro de campo de 60 mm na extremidade do cilindro.

Grupo 2: O exame radiográfico foi realizado com colimador secundário retangular da marca Dabi Atlante (Ribeirão Preto, SP, Brasil) com 24 x 32 mm².

Grupo 3: O exame radiográfico foi realizado com colimador secundário retangular da marca Rinn (Elgin, Illinois, EUA) com 30 x 40 mm².

Todos os exames radiográficos foram realizados pelo mesmo radiologista, em um aparelho de raios X periapical da marca Spectro 70 X (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil), operando em 70 kV e 8 mA. Os tempos de exposição foram padronizados de acordo com a região anatômica radiografada: 0,6 s para molares superiores, 0,5 s para molares inferiores, 0,4 s para pré-molares superiores e inferiores, caninos superiores e inferiores e incisivos superiores e 0,3 s para incisivos inferiores. Foi utilizada a técnica da bissetriz com dispositivos posicionadores para filme radiográfico periapical adulto Cone Indicator (Indusbello, Londrina, Paraná, Brasil). Durante o atendimento foram observados todos os princípios de biossegurança. O filme radiográfico periapical foi o Insight n° 2 (Kodak, São Paulo, SP, BR), considerado de sensibilidade F quando processado automaticamente, utilizado na rotina do Serviço de Radiologia. Os pacientes, independente do grupo a que pertenceram, usaram a vestimenta plumbífera indicada para o exame (avental de chumbo e protetor de tireóide com equivalência de 0,50 mm Pb).

4.4 Processamento radiográfico

O processamento dos filmes foi realizado pelo método automático em processadora Dent X 9000 (Dent X, Elmmsford, Nova Iorque, EUA). O exame foi entregue ao paciente sem qualquer prejuízo em seu resultado final, visto que os dosímetros e a utilização dos colimadores não interferiram na imagem radiográfica e os tempos de exposição foram os mesmos utilizados rotineiramente pelo Serviço de Radiologia. Após análise da qualidade das

radiografias, quando houve necessidade de repetir alguma incidência, estas foram realizadas sem dosímetros.

4.5 Avaliação das doses de radiação

Os dosímetros foram fornecidos pelo Serviço de Monitoração Individual Externa (SEMEX) do Instituto de Radioproteção e Dosimetria/CNEN. Para a verificação da dose de radiação recebida, foram utilizados, em cada exame, três conjuntos de dosímetros termoluminescentes TLD-100H de LiF:Mg,Cu,P (fluoreto de lítio dopado com magnésio, cobre e fósforo), dois foram colocados em bolsos por fora de uma máscara em tecido para a região dos olhos e um na região da tireóide, diretamente sobre a pele e abaixo do protetor plumbífero. Cada conjunto de dosímetro era composto de três cristais TLD-100H na forma de discos com 3,6 mm de diâmetro e 0,38 mm de espessura acomodados dentro de cavidades plásticas de embalagem de remédio (blister). O espaço livre na cavidade foi preenchido com espuma para evitar a movimentação dos TLDs. Cada conjunto foi lacrado com fita crepe e identificado por um número. A manipulação dos detectores foi realizada com a utilização de pinça a vácuo para evitar arranhões na superfície e a contaminação com outro tipo de material ou gordura.

Antes do início do trabalho, a sistemática de avaliação de doses com os TLDs foi testada em projetos pilotos, sem paciente. Após este estudo, os procedimentos adotados foram definidos. Foi utilizado um grupo de TLD-100H, calibrados individualmente, livre no ar, com equilíbrio eletrônico, utilizando-se o espectro padronizado da fonte de Cobalto-60 do SEMEX, rastreado ao Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, em kerma no ar.

A figura 1 mostra um exemplo de curva de calibração individual para um TLD i , relacionando sua leitura L_i , em nanocoulomb (nC), com sua exposição em kerma no ar (K_i), em mGy. A equação da reta que ajusta a curva de calibração é dada pela equação:

$$L_i = \frac{1}{fc_i} K_i - L_{0i}$$

L_i = leitura do TLD i , em nC ;

f_{c_i} = inverso do coeficiente angular da reta, em mGy/nC ;

K_i = kerma no ar a que foi submetido o TLD i , em mGy;

L_{0i} = leitura *do TLD* não irradiado, em nC;

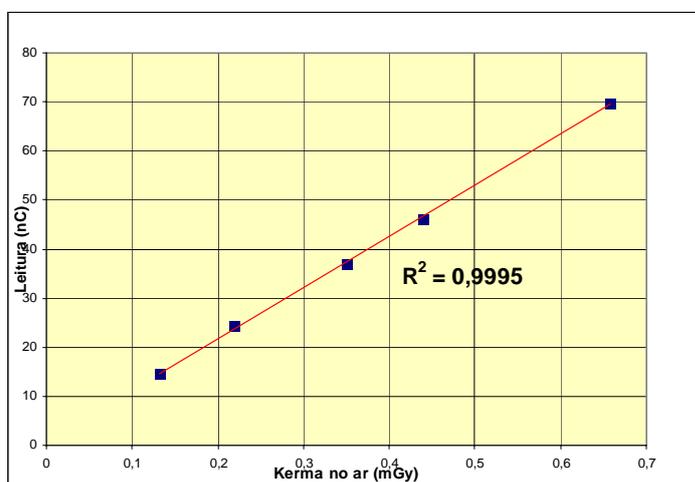


Figura 1: Exemplo de uma reta de calibração de um dos TLDs usados neste trabalho, sendo R^2 o fator de correlação do ajuste.

Foi feita também, pelo SEMEX, uma calibração em um aparelho odontológico de raios X periapical operando em 70 kV para cálculo do fator de correção devido à diferença de energia entre o espectro do aparelho e a fonte de cobalto (f_E).

Os 30 pacientes selecionados usaram a máscara com os dosímetros, ficando um conjunto sobre a região central de cada olho. O dosímetro do lado direito foi o nº 1 e o do lado esquerdo o nº 2. O dosímetro nº 3 foi afixado com fita adesiva cirúrgica do tipo *micropore* na região anterior do pescoço, na localização correspondente à tireóide, por baixo do protetor de chumbo. Os três conjuntos de dosímetros permaneceram durante a realização das quatorze incidências componentes do exame periapical completo. Além dos dosímetros utilizados nos pacientes, foram selecionados vinte TLD-100H: dez serviram como medida da radiação de fundo ou ambiental (*background - Bkg*), acompanhando os dosímetros enquanto estes não estavam em uso; e outros dez foram irradiados com uma dose conhecida, para o cálculo do fator de calibração diária do sistema de leitura (f_n).

Após a utilização, os TLDs foram devolvidos para avaliação, segundo os procedimentos rotineiros do SEMEX. Todos os TLDs foram avaliados em uma leitora manual modelo Harshaw 3500 (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, EUA). Na leitora, os

TLDs são aquecidos, emitindo luz, que é transformada em corrente de elétrons e amplificada em um tubo fotomultiplicador. A resposta do TLD é a integral desta curva de corrente versus tempo, em nC. O profissional que realizou as leituras desconhecia a que grupo e região correspondiam os cristais lidos. As leituras de cada TLD i foram armazenados em uma planilha eletrônica e convertidas para kerma no ar na superfície de entrada, em *microgray* (μGy), usando a curva de calibração e os fatores de correção, conforme a equação:

$$[\mathbf{K}_{a,e}]_i = (\mathbf{L}_i \times \mathbf{f}_{ci} - \mathbf{M}_{\text{Bkg}}) \times \mathbf{f}_{ci} \times \mathbf{f}_n \times \mathbf{f}_E$$

\mathbf{L}_i = leitura do TLD i ;

\mathbf{M}_{Bkg} = média das doses avaliadas pelos TLDs não utilizados (Bkg);

\mathbf{f}_{ci} = coeficiente angular da curva de calibração individual do TLD i , em mGy/nC;

\mathbf{f}_n = fator de calibração diária do sistema de leitura;

\mathbf{f}_E = fator de correção de energia.

Para avaliação da exposição nos olhos e na tireóide de cada paciente, foi feita a média dos valores de kerma no ar na superfície de entrada dos TLDs de cada conjunto j . Os resultados obtidos para cada conjunto de dosímetro j ($[\mathbf{K}_{a,e}]_j$) foram calculados, usando-se a equação abaixo, tabulados e submetidos à análise estatística.

$$[\mathbf{K}_{a,e}]_j = \frac{\sum_{i=1}^3 [\mathbf{K}_{a,e}]_{i,j}}{3}$$

4.6 Análise Estatística

As doses de radiação obtidas em cada sítio anatômico foram comparadas quanto ao tipo de colimador por meio do teste não paramétrico Kruskal-Wallis, complementado pelo seu teste de comparações múltiplas, ao nível de significância de 5%. Para cada tipo de colimador, os resultados obtidos foram comparados quanto à localização anatômica por meio do teste não paramétrico Friedman, complementado pelo seu teste de comparações múltiplas, ao nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Os valores obtidos da leitura dos TLDs em cada sítio anatômico e as médias para cada grupo constam do APÊNDICE B. Houve perda de dados de um paciente do grupo 3. Desta forma, os grupos 1 e 2 ficaram constituídos por dez pacientes e o grupo 3 por nove.

Na tabela 1 observa-se a comparação da dose em cada sítio anatômico em relação ao tipo de colimador. O teste não paramétrico Kruskal-Wallis, complementado por seu teste de comparações múltiplas ($\alpha=5\%$) apontou diferença significativa na dose de radiação da região de cristalino bilateral com o uso do colimador secundário retangular de menor diâmetro. Já na região de tireóide o fator determinante da redução significativa da dose foi o formato retangular do colimador.

Tabela 1 - Dose absorvida em cada sítio anatômico em função do tipo de colimador (em μGy).

Sítio Anatômico	Grupo	Mediana (1º quartil – 3º quartil)	Rank médio
Cristalino D	1	222,6 (107,66 - 1279,75)	19,0 ^A
	2	36,39 (29,54 - 50,51)	6,5 ^B
	3	119,86 (105,74 - 888,27)	19,0 ^A
Cristalino E	1	263,27 (108,52 - 1237,59)	20,1 ^A
	2	38,1 (29,75 - 62,5)	6,45 ^B
	3	174,66 (104,88 - 924,23)	18,9 ^A
Tireóide	1	35,1 (25,68 - 56,72)	23,0 ^A
	2	15,41 (8,35 - 21,83)	11,3 ^B
	3	13,7 (10,7 - 18,41)	10,3 ^B

Letras diferentes apontam diferenças estatisticamente significativas entre os *Ranks* médios.

Na tabela 2 observa-se a comparação da dose com cada tipo de colimador em função do sítio anatômico. O teste não paramétrico Friedman, complementado por seu teste de comparações múltiplas ($\alpha=5\%$) evidenciou que, independentemente do colimador utilizado, não existem diferenças significativas na dose de radiação do cristalino em função do lado direito ou esquerdo, e que em todos os casos a dose na região da tireóide foi significativamente menor.

Tabela 2 - Dose absorvida com cada tipo de colimador nos diferentes sítios anatômicos (em μGy).

Grupo	Sítio Anatômico	Mediana (1º quartil – 3º quartil)	Rank médio
1	Olho D	222,6 (107,66 - 1279,75)	2,3 ^A
	Olho E	263,27 (108,52 - 1237,59)	2,6 ^A
	Tireóide	35,1 (25,68 - 56,72)	1,1 ^B
2	Olho D	36,39 (29,54 - 50,51)	2,3 ^A
	Olho E	38,1 (29,75 - 62,5)	2,5 ^A
	Tireóide	15,41 (8,35 - 21,83)	1,2 ^B
3	Olho D	119,86 (105,74 - 888,27)	2,3 ^A
	Olho E	174,66 (104,88 - 924,23)	2,7 ^A
	Tireóide	13,7 (10,7 - 18,41)	1,0 ^B

Letras diferentes apontam diferenças estatisticamente significativas entre os *Ranks* médios.

6 DISCUSSÃO

O uso de colimadores retangulares é muito incipiente, senão desprezível em nosso meio, visto que algumas pesquisas por meio de questionários em relação às condutas de radioproteção nem mesmo o incluem como um fator a ser considerado. Mesmo em países nos quais a radioproteção encontra-se em estágios supostamente mais avançados, este recurso não está amplamente difundido como meio de radioproteção (SVENSON; PETERSSON, 1995; SVENSON; SÖDERFELDT; GRÖNDAHL, 1995; GEIST; KATZ, 2002; JACOBS *et al.*, 2004).

O emprego de colimadores secundários retangulares é uma manobra simples e efetiva. Basta acoplá-lo à saída do cilindro localizador do aparelho. Contudo, o risco de colimação é elevado, sendo mandatário o uso de dispositivos posicionadores.

Com a utilização do colimador retangular, obtém-se uma redução no tamanho do campo, o que resulta em uma menor área irradiada, reduzindo a dose absorvida na região dos olhos e da tireóide (FALK *et al.*, 1999).

A redução no diâmetro de campo poderia ser um motivo de repetição da técnica e conseqüente aumento na dose de radiação, em função de que, por estar irradiando uma área menor, pudesse causar diafragmação no filme, resultando num aumento no número de exposições. Porém, se o objetivo diagnóstico for alcançado nem toda diafragmação é motivo de repetição e pode ser aceitável, tendo em vista o benefício na redução da dose de radiação absorvida em órgãos críticos próximos à região de interesse. Além disso, toda modificação introduzida em uma técnica deve passar por uma fase de treinamento para que o profissional se familiarize com a mudança e aperfeiçoe seu uso. Concordando com Horton *et al.* (1983), com os colimadores retangulares não poderia ser diferente, visto que também são uma modificação na técnica periapical com o objetivo de otimização na dose de radiação.

A maior parte dos estudos para determinação de dose de radiação em exames radiográficos odontológicos encontrados na literatura utilizaram câmaras de ionização e/ou dosímetros termoluminescentes (ANTOKU *et al.*, 1976; REHNMARK-LARSON *et al.*, 1982; STENSTRÖM *et al.*, 1983; STENSTRÖM *et al.*, 1986 a e b; VELDERS; AKEN;

STELT, 1991; BÓSCOLO *et al.*, 1991; LECOMBER *et al.*, 2000; CÉSAR; LASCALA; MATSON, 2002; GIJBELS *et al.*, 2002; EKESTUBBE *et al.*, 2004; PEREIRA JUNIOR, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2006). Destes, alguns utilizaram TLDs 100 (LiF: Mg, Ti) (VELDERS; AKEN; STELT, 1991; CÉSAR; LASCALA; MATSON, 2002; EKESTUBBE *et al.*, 2004; PEREIRA JUNIOR, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2006). Em várias tentativas, neste estudo, foi utilizado este tipo de dosímetro em estudos piloto com *phantom*, porém surgiram dificuldades em relação à leitura da dose em função de apresentar níveis extremamente baixos nos sítios avaliados, principalmente, quando da utilização do colimador retangular da marca Dabi Atlante (grupo 2). Dessa forma, optou-se pela utilização do TLD-100H, mais sensível, permitindo o registro de valores de dose menores.

No presente estudo as doses obtidas na tireóide foram significativamente menores do que as doses obtidas na região dos olhos. Isso pode ser explicado pelo uso do protetor de tireóide já que os TLDs foram colocados na região do pescoço, sob o protetor, de forma a expressar a radiação secundária que chega reversamente à tireóide. Nesta região o uso de colimadores retangulares mostrou-se efetivo na redução da dose quando comparado ao colimador circular próprio do aparelho de raios X.

Apesar do uso do colimador Rinn não ter sido estatisticamente significativo na redução da dose absorvida na região dos olhos, é importante lembrar do princípio de proteção radiológica ALARA que refere-se ao uso da radiação com uma dose o mais baixa possível para o fim a que se destina. Levando-se esse conceito em consideração, qualquer redução numérica na dose de radiação absorvida, independente de sua significância estatística, é relevante em termos biológicos e de radioproteção. Isso se torna mais importante ainda no caso de efeitos estocásticos, que não dependem de um limiar para serem produzidos e qualquer nível de dose pode desencadear um dano.

Os resultados obtidos neste estudo estão coerentes com os observados na literatura (STENSTRÖM *et al.*, 1986 a; STENSTRÖM *et al.*, 1986 b; FALK *et al.*, 1999) mostrando que o uso de colimadores retangulares acarreta em redução na dose de radiação absorvida no cristalino e na tireóide, durante a realização do exame completo periapical em pacientes com a utilização de posicionadores.

O grupo 2 apresentou redução de 94% na dose absorvida no cristalino direito em relação ao grupo 1 e 90% quando comparado ao grupo 3. No cristalino esquerdo, essa redução foi de 91% e 88%, respectivamente.

Na tireóide, o grupo 2 apresentou redução de 68% e o grupo 3 de 70% quando comparados ao grupo 1, concordando com Stenström *et al.* (1986 a) que encontraram redução de 70% na dose da tireóide com a substituição do colimador circular pelo retangular.

No grupo 1 a dose absorvida na tireóide foi 92% menor que a dose absorvida no cristalino. No grupo 2 essa dose foi 58% menor em relação ao cristalino direito e 70% menor quando comparado ao cristalino esquerdo. No grupo 3, a diferença foi de 96% e 97%, respectivamente. A diferença na dose absorvida na tireóide foi menos acentuada no grupo 2 em função da grande redução obtida na dose absorvida no cristalino com a utilização do colimador retangular Dabi Atlante, que apresenta as menores dimensões, quando comparado ao colimador circular e ao colimador retangular Rinn.

Já que o uso dos colimadores retangulares não produziu efeito negativo na qualidade da imagem, não prejudicando o resultado diagnóstico, eles podem ser sugeridos como rotina na execução de radiografias periapicais, associados a dispositivos posicionadores de filme, reduzindo a dose desnecessariamente absorvida por órgão críticos.

7 CONCLUSÕES

O uso do colimador retangular Dabi Atlante (grupo 2) é efetivo na redução da dose de radiação absorvida na região dos olhos quando comparado aos colimadores retangular Rinn e circular.

Apesar de ter ocorrido redução na dose absorvida na região dos olhos com a utilização do colimador retangular Rinn (grupo 3), esta não foi estatisticamente significativa quando comparada à dose absorvida com o colimador circular.

O uso do colimador retangular reduziu significativamente a dose absorvida na tireóide independente do seu tamanho.

Independente do tipo de colimador utilizado, a dose absorvida na região dos olhos é significativamente maior do que a dose absorvida pela tireóide.

REFERÊNCIAS

- ANTOKU, S. *et al.* Doses to critical organs from dental radiography. **Oral Surg. Oral Méd. Oral Pathol.**, St. Louis, v. 41, n. 2, p. 251-260, Feb. 1976.
- ARAÚJO, Brunna G. V. *et al.* Otimização das doses de radiação ionizante na radiografia cefalométrica. **JBO**, v. 11, n. 65/66, p. 477-483, 2006.
- BIRAL, A. R. **Radiações ionizantes para médicos, físicos e leigos**. Florianópolis: Insular, 2002.
- BRASIL. Portaria nº 453, de 1 de junho de 1998. Disponível em: <<http://pnass.datasus.gov.br/pnass/jsp/normas.jsp>>. Acesso em: 15 mar. 2003.
- BOSCOLO, F. N. *et al.* Determinação de doses de radiação incidentes na região dos cristalinos, em pacientes adultos e edêntulos, durante a tomada de radiografias oclusais e periapicais – dosimetria termoluminescente. **Rev. Odont. USP**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 96-101, jul./dez. 1991.
- CESAR, P. R. S. M.; LASCALA, C. A.; MATSON, E. Riscos radiobiológicos produzidos pela técnica periapical do paralelismo. **Revista da APCD**, v. 56, n. 1, p. 69-72, jan./fev. 2002.
- EKESTUBBE, A. *et al.* Effective and organ doses from scanography and zonography: a comparison with periapical radiography. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Houndsmills, v. 33, n. 2, 87-92, Mar. 2004.
- FALK, A. *et al.* Effects of collimator size of a dental x-ray unit on image contrast. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Houndsmills, v.28, n. 5, p. 261-266, Sept. 1999.

FAULKNER, K.; BROADHEAD, D. A.; HARRISON, R. M. Patient dosimetry measurement methods. **Appl. Radiat. Isot.**, Oxford, v. 50, n. 1, p. 113-123, Jan. 1999.

GEIST, J. R.; KATZ, J. O. Radiation dose reduction techniques in north american dental schools. **Oral Surg. Oral Méd. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v. 93, n. 4, p. 496-505, Apr. 2002.

GIJBELS, F. *et al.* A comparison of the effective dose from scanography with periapical radiography. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Houndsmills, v. 31, n. 3, p. 159-163, May 2002.

HORTON, P. S. *et al.* A comparison of rectangular and cylindrical collimation for intraoral radiographs. **J. Dent. Educ.**, Washington, v. 47, n. 12, p. 771-773, Dec. 1983.

JACOBS, R. *et al.* Attitude of belgian dentist population towards radiation protection. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Houndsmills, v.33, n. 5, p. 334-339, Sept. 2004.

LANGLAND, O. E.; LANGLAIS, R. P. **Princípios do diagnóstico por imagem em odontologia**. São Paulo: Santos, 2002.

LECOMBER, A. R. *et al.* Optimisation of patient doses in programmable dental panoramic radiography. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Houndsmills, v.29, n. 2, p. 107-112, Mar. 2000.

LNMRI – Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes. **Grandezas e Unidades para Radiação Ionizante: recomendações e definições**. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2002.

LUDLOW, John B.; DAVIES-LUDLOW Laura E.; WHITE, Stuart C. Patient Risk Related to Common Dental Radiographic Examinations. **J Am Dent Assoc.**, v. 139, n. 9, p. 1237-1243, Sept. 2008.

MARTIN, C. J.; SUTTON, D. G.; SHARP, P. F. Balancing patient dose and image quality. **Appl. Radiat. Isot.**, Oxford, v. 50, n. 1, p. 1-19, Jan. 1999.

MAURICIO, Cláudia L. P. M. **Monitoração individual externa**. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2001.

MAURIELLO, S. M.; OVERMAN, V. P.; PLATIN, E. **Radiographic imaging for the dental team**. Philadelphia: J. B. Lippincott, 1995.

MILES, D. A.; VAN DIS, M. L.; RAZMUS, T. F. **Basic principles of oral and maxillofacial radiology**. Philadelphia: W. B. Saunders, 1992.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation**. Washington, D.C., 1990.

PASLER, F. A.; VISSER, H. **Radiologia odontológica: procedimentos ilustrados**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

PEREIRA JÚNIOR, S. B. **Avaliação da exposição na região dos olhos e do pescoço em pacientes submetidos a exame periapical completo**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.con.ufrj.br/MSc%20Dissertacoes/Sielso/Tese-MSc-Sielso.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2008.

REHNMARK-LARSSON, S. *et al.* Radiation absorbed doses at radiographic examination of third molars. **Swed. Dent. J.**, Jönköping, v. 6, n. 5, p. 189-201, 1982.

STENSTRÖM, B. *et al.* Radiation shielding in dental radiography. **Swed. Dent. J.**, Jönköping, v. 7, n. 3, p. 85-91, 1983.

STENSTRÖM, B. *et al.* Absorbed doses from intraoral radiography with special emphasis on collimator dimensions. **Swed. Dent. J.**, Jönköping, v. 10, n. 1-2, p. 59-71, 1986.

STENSTRÖM, B. *et al.* Energy imparted from intraoral radiography. **Swed. Dent. J.**, Jönköping, v. 10, n. 4, p. 125-136, 1986. (a)

_____. Effective dose equivalent from intraoral radiography. **Swed. Dent. J.**, Jönköping, v. 11, n. 1-2, p. 71-77, 1987.(b)

SVENSON, B.; PETERSON, A. Questionnaire survey on the use of dental x-ray film and equipment among general practitioners in the Swedish public dental health service. **Acta Odontol. Scand.**, Oslo, v. 53, n. 4, p. 230-235, Aug. 1995.

SVENSON, B.; SÖDERFELDT, B.; GRÖNDAHL, H. G. Attitudes of Swedish dentists to the choice of dental x-ray film and collimator for oral radiology. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Houndsmills, v. 25, n. 3, p. 157-161, June 1996.

VELDERS, X. L.; VAN AKEN, J.; VAN DER STELT, P. F. Absorbed dose to organs in the head and neck from bitewing radiography. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Houndsmills, p. 161-165, v. 20, n. 3, Aug. 1991.

WATANABE, P. C. A.; PARDINI, L. C.; ARITA, E. S. Discussão das diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. **Revista da APCD**, v. 54, n. 1, p. 64-72, jan./fev. 2000.

WHAITES, E. **Princípios de radiologia odontológica**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.

WHITE, S. C. 1992 Assessment of radiation risk from dental radiography. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Houndsmills, v.21, n. 3, p. 118-26, Aug. 1992.

ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

I – Justificativa e objetivos da pesquisa: As radiografias dentárias são bastante solicitadas pelos dentistas e é preciso reduzir ao máximo possível a dose de radiação sem perda na qualidade da radiografia.

II – Procedimentos que serão utilizados e seus propósitos. O exame periapical completo solicitado será realizado com o uso de posicionadores e colimadores retangular ou circular, os quais não trarão nenhum prejuízo ao exame. Pastilhas para medir a dose de radiação serão posicionadas na região dos olhos (em uma máscara plástica) e fixada na pele do pescoço. Tais procedimentos não afetarão em nada o resultado final do exame.

Pelo presente consentimento informado, declaro que fui esclarecido, de forma clara e detalhada, livre de qualquer forma de constrangimento e coação, dos objetivos, da justificativa, dos procedimentos a que serei submetido pelo presente Projeto de Pesquisa.

Fui igualmente informado:

- da garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento de qualquer dúvida a cerca dos procedimentos, riscos e benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa;
- de que não terei qualquer ônus financeiro ou risco adicional pela participação;
- da segurança de que não serei identificado e que se manterá o caráter confidencial das informações relacionadas com a minha privacidade;
- da liberdade de retirar meu consentimento, a qualquer momento, e deixar de participar do estudo, sem que isso traga prejuízo à continuação do meu cuidado e tratamento;
- do compromisso de proporcionar informação atualizada obtida durante o estudo.

Nome e assinatura do voluntário

Nome e assinatura da pesquisadora responsável

O presente documento, baseado no item IV das Diretrizes e Normas Regulamentadas para Pesquisa em Saúde, do Conselho Nacional de Saúde (resolução 196/96), será assinado em duas vias, de igual teor, ficando uma em poder do participante e outra do pesquisador responsável.

APÊNDICE B – Doses e médias por paciente (em μGy).

Dose e médias por sítio em cada paciente do Grupo 1

	GRUPO 1		
PACIENTE	OLHO D	OLHO E	TIREÓIDE
1	12	95	26
2	112	113	23
3	94	86	18
4	1153	125	83
5	262	1081	35
6	635	1833	35
7	182	1706	39
8	1970	842	47
9	121	190	29
10	1659	335	190
Média	620	640	52

Dose e médias por sítio em cada paciente do Grupo 2

	GRUPO 2		
PACIENTE	OLHO D	OLHO E	TIREÓIDE
1	25	23	38
2	28	31	7
3	29	35	11
4	35	44	17
5	41	40	15
6	48	23	7
7	35	190	15
8	36	35	23
9	55	70	21
10	59	59	8
Média	39	55	16

Dose e médias por sítio em cada paciente do grupo 3

	GRUPO 3		
PACIENTE	OLHO D	OLHO E	TIREÓIDE
1	821	1370	6
2	111	83	13
3	67	95	21
4	113	114	15
5	100	125	36
6	129	992	14
7	119	339	9
8	1035	174	13
9	954	856	11
Média	383	461	15