

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Maurício Augusto Aquino de Castro**

**AVALIAÇÃO DE UM MODELO EXPERIMENTAL  
PARA ESTUDOS RADIOGRÁFICOS EM  
ENDODONTIA**

**Taubaté – SP**  
**2007**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Maurício Augusto Aquino de Castro**

**AVALIAÇÃO DE UM MODELO EXPERIMENTAL  
PARA ESTUDOS RADIOGRÁFICOS EM  
ENDODONTIA**

Dissertação apresentada para  
obtenção do Título de Mestre pelo  
Programa de Pós-graduação do  
Departamento de Odontologia da  
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Endodontia  
Orientador: Prof. Dr. José Luiz Lage-  
Marques

**Taubaté – SP**  
**2007**

**MAURÍCIO AUGUSTO AQUINO DE CASTRO**

**AVALIAÇÃO DE UM MODELO EXPERIMENTAL PARA ESTUDOS  
RADIOGRÁFICOS EM ENDODONTIA**

Dissertação apresentada para obtenção  
do Título de Mestre pelo programa de  
Pós-graduação do Departamento de  
Odontologia da Universidade de  
Taubaté.  
Área de Concentração: Endodontia.

Data: 26/01/2007

Resultado: Aprovado com “Distinção e Louvor”

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. José Luiz Lage-Marques. Universidade de Taubaté.

Prof. Dr. João Marcelo Ferreira de Medeiros. Universidade de Taubaté.

Prof. Dr. Evandro Neves Abdo. Universidade Federal de Minas Gerais.

Dedico este trabalho à minha mãe, pelos momentos inesquecíveis. O seu incentivo amoroso foi, e será sempre, fundamental para os passos mais importantes da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS! Sempre!

À Mariana e ao bebê, motivos de tudo.

Ao meu pai, às tias, ao Marcos e à Valéria, pelo aconchego de família em todas as horas.

À querida tia Glaura, por sua amizade e por ter me ajudado tanto em momentos tão importantes.

Ao Prof. Arnaud Alves Bezerra Júnior, sem o qual essa conquista seria impossível, sendo uma pessoa a quem devo o eterno agradecimento pela amizade.

Ao Prof. Dr. José Luiz Lage Marques, por sua valorosa orientação e por estimular a mim e aos colegas a buscar a excelência, apenas com o seu exemplo.

À Profa. Dra. Sandra Márcia Habitante, pela disponibilidade e pelos ensinamentos, sempre passados de maneira proveitosa, competente e suave.

À UFMG, na pessoa do Prof. Dr. Evandro Neves Abdo, pelo incentivo, pelo acolhimento e pela viabilização do trabalho, valorizando-o enormemente.

À Cristiane Alves Ferreira, pela demonstração de sensibilidade ao compreender a importância da continuidade dos estudos para a evolução profissional.

Aos Profs. Adriene Mara Souza Lopes, Maximiliano Piero Neisser e João Marcelo Ferreira de Medeiros, pela disponibilidade para as orientações e pela amizade.

Aos funcionários da UNITAU, sempre atenciosos; em especial à Adriana Peloggia, pela prontidão em ajudar.

À Profa. Dra. Addah Regina da Silva Freire, pelo incentivo ao meu desenvolvimento acadêmico.

Ao Prof. Dr. Peter Reher, por colaborar com a viabilidade deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco Haiter Neto, pelo apoio.

À Flavinha, pelo companheirismo e logística.

Aos colegas de mestrado, pela convivência agradável e pelos incentivos, em especial aos colegas da Endo.

“Queremos saber  
o que vão fazer  
com as novas invenções...

... Pois se foi permitido ao homem  
tantas coisas conhecer,  
é melhor que todos saibam  
o que pode acontecer”

Cássia Eller

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**$\alpha$**  : nível de significância

**cm** : centímetro

**FORP-USP**: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**GMC**: Geraldo Maia Campos

**KVp**: Kilovoltagem-pico

**mAs**: miliampére por segundo

**mm**: milímetro

**n** : amostra

**Rx**: Raio-X

**s**: segundo

**FO-UFMG**: Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais

**UFMG**: Universidade Federal de Minas Gerais

**USP**: Universidade de São Paulo



## RESUMO

Diversos procedimentos endodônticos dependem da utilização das radiografias periapicais. O exame convencional ainda é o método de eleição para a prática clínica, a despeito dos avanços trazidos com os sistemas digitais e com os localizadores eletrônicos. Ocorre, porém, que nos estudos científicos não se verifica adequada padronização quanto aos modelos de estudo utilizados. Ao mensurar e comparar a densidade óptica das imagens do canal e dentina radicular de radiografias periapicais de um modelo experimental e de indivíduos vivos, este trabalho se propôs avaliar a viabilidade da utilização deste modelo em estudos endodônticos radiográficos. Após coleta de dados avaliada cientificamente pela utilização do aparelho fotodensitômetro (MRA<sup>®</sup>), e análise estatística (Testes de Kolmogorov-Smirnof, Levene com correção de Bonferroni, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney e de correlação de Pearson), observou-se que os resultados obtidos não evidenciaram diferenças estatisticamente significativas entre as radiografias do modelo e dos pacientes. Diante disso, conclui-se que o modelo experimental é adequado para a utilização em experimentos endodôntico-radiográficos.

Palavras-chave: Odontometria. Radiografia periapical. Densidade óptica. Modelo de estudo.

## **ABSTRACT**

Several endodontic procedures depend of dental radiographs. The conventional radiograph is the usual method to clinical practice, even the advances proportionate by digital systems and electronic apex locators. However, the endodontic studies don't display standardized radiographic models. Analyzing the optical density of the images from an experimental model and patients, based on digital photodensitometer (MRA<sup>®</sup>), this study evaluated the viability of this model in endodontic studies. The Kolmogorov-Smirnof, Levene, Bonferroni's correction, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney and Pearson's correlation tests don't display statistical differences between images from patients and the model. Thus concluded that is adequate to use in radiographic-endodontic studies.

Key-words: Root canal length. Dental radiograph. Optical density. Study model.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	11
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	13
2.1 MODELOS EXPERIMENTAIS	14
2.2 DENSIDADE ÓPTICA	24
<b>3 PROPOSIÇÃO</b>	32
<b>4 METODOLOGIA</b>	33
4.1 RADIOGRAFIAS DOS PACIENTES	34
<b>4.1.1 Critério de inclusão de pacientes</b>	35
<b>4.1.2 Critério de exclusão de pacientes</b>	35
4.2 RADIOGRAFIAS DO MODELO	36
4.3 LEITURA DAS DENSIDADES ÓPTICAS	37
4.4 GRUPOS EXPERIMENTAIS	39
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
<b>5 RESULTADOS</b>	43
<b>6 DISCUSSÃO</b>	48
<b>7 CONCLUSÕES</b>	54
<b>REFERÊNCIAS</b>	55
<b>ANEXOS</b>	59

## 1 INTRODUÇÃO

É consagrado que a avaliação de imagens radiográficas é essencial para o correto diagnóstico, tratamento e preservação de casos em qualquer especialidade odontológica.

Para a Endodontia, em particular, a precisão necessária para a execução da odontometria, seleção de cones e avaliação de resultado evidenciam seu maior interesse no desenvolvimento das técnicas radiográficas.

Há tempos, novas tecnologias são avaliadas quanto à capacidade de executar os procedimentos endodônticos dependentes de imagens. Como resultado, há o desenvolvimento dos localizadores eletrônicos de forame apical e o aprimoramento dos sistemas de radiografias digitais, os quais abriram novas perspectivas com relação ao desenvolvimento da técnica endodôntica.

Porém, uma observação mais aprofundada permite constatar que existe uma importante demanda metodológica. Embora seja necessário simular as condições reais apresentadas na rotina clínica do endodontista, como o uso de limas de fino calibre e a avaliação de canais de difícil visualização, também é essencial a adoção de critérios científicos para a escolha dos modelos de estudo, particularmente no caso de estudos *in vitro*.

A revisão de literatura a seguir, ao comentar os trabalhos científicos levantados, com preocupação exclusivamente científica, procura evidenciar que não há uma certificação de que as radiografias obtidas de modelos de estudo utilizados apresentem características similares às obtidas de pacientes. Do mesmo modo, não há uma padronização na adoção de um determinado modelo, utilizando amostras diversificadas, sem que suas similaridades sejam atestadas à realidade clínica.

Procurando encontrar um modelo de estudo apropriado para as pesquisas radiográficas, este projeto propôs a avaliação comparativa de radiografias convencionais obtidas de um modelo experimental com radiografias convencionais obtidas de indivíduos vivos, analisando as suas densidades ópticas através de fotodensitometria.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Na análise metodológica dos trabalhos radiográficos da Endodontia, percebem-se discrepâncias que refletem algumas dificuldades encontradas pelos pesquisadores.

Alguns trabalhos *in vitro* citados adiante, que analisam radiografias tomadas de dentes isolados, peças anatômicas dissecadas ou modelos experimentais diversos, não apresentam evidências científicas de que as amostras utilizadas possuam características capazes de reproduzir a realidade dada ao exame radiográfico de pacientes.

Como a presença dos tecidos vivos produz atenuações no feixe de radiação que alteram peculiarmente as imagens radiográficas, a análise de amostras incapazes de simular estas condições pode limitar a validade dos resultados destas pesquisas.

Também não há um consenso sobre a padronização da utilização de um determinado modelo de estudo, impossibilitando uma comparação de resultados afins.

Considerando que os estudos científicos guiam a conduta clínica dos profissionais, para a Endodontia essa discrepância é especialmente danosa, principalmente quando se considera a precisão necessária para a correta realização de seus procedimentos.

Deste modo, dividindo este capítulo em dois blocos, um tratando de modelos experimentais e outro de densidade óptica, este trabalho pretende valorizar o estudo da problemática do assunto e o critério de avaliação empregado na sua metodologia.

## 2.1 MODELOS EXPERIMENTAIS

Como um exemplo da tentativa de simular-se a situação clínica em estudos radiográficos, pode-se citar o artigo publicado por Gröndahl, Gröndal e Olving (1983), em que compararam filmes D e E para a detecção de lesões ósseas periapicais. Os autores lançaram mão de um modelo de estudo composto por uma hemi-mandíbula humana seca, seccionada longitudinalmente por um corte que passava sobre as cúspides dentárias. Após fixarem o modelo em um suporte, com auxílio de material plástico, eles criaram as lesões ósseas efetuando pequenos desgastes no osso alveolar exposto com a utilização de brocas. As radiografias analisadas foram tomadas antes e após a criação das lesões e avaliadas subjetivamente por avaliadores. Os resultados não apontaram diferenças estatisticamente significativas na performance dos dois filmes, considerando-se valores percentuais de falsos positivos e verdadeiros positivos.

Em outro estudo, Okano et al. (1983), utilizaram um modelo que visava reproduzir *in vitro* a atenuação da radiação exercida pelos tecidos moles. Neste trabalho, os autores avaliaram o nível de exposição efetiva sobre diferentes filmes convencionais e a performance diagnóstica de avaliadores sobre radiografias endodônticas. Os exames foram tomados de seções de corte da região anterior de mandíbulas e maxilas secas. A atenuação foi simulada pela interposição de uma placa composta por um material denominado Mix-D, de efeito supostamente equivalente ao dos tecidos moles. Foram realizadas exposições em diferentes tempos de exposição, com padronização da geometria das tomadas pela utilização de um dispositivo que assegurava igual projeção e distância foco/filme para todas as radiografias. Os resultados demonstraram que em uma faixa de exposição próxima à

da condição clínica simulada, não houve diminuição na performance diagnóstica dos avaliadores.

Utilizando seções de corte de uma mandíbula humana seca que incluíam molares inferiores, Lee e Messer (1986), avaliaram a aparência radiográfica de lesões periapicais de origem endodôntica, preparadas artificialmente em osso alveolar. Buscando repetir no modelo as características dessas lesões, os pesquisadores executaram cuidadosa remoção dos dentes e o afastamento da lâmina cortical lingual em cada peça, procurando preservar o máximo da estrutura óssea e, conseqüentemente, evitar interferências na mimetização das peculiaridades clínicas das lesões. As lesões foram então criadas com a utilização de brocas esféricas de alta rotação, seguindo-se com o reposicionamento das corticais e dos dentes. As radiografias tomadas antes e após a manobra de criação das lesões foram analisadas por observadores, sendo que as alterações foram detectadas em oitenta por cento dos casos.

Shearer, Horner e Wilson (1990), em análise comparativa de radiografias convencionais com um sistema digital de imagens para a capacidade de visualização de canais radiculares, avaliaram dentes extraídos e montados em um bloco de metil-metacrilato (um centímetro cúbico). Este dispositivo foi elaborado com o intuito de promover a atenuação da radiação de modo equivalente ao dos tecidos moles. Para a visualização radiográfica dos canais radiculares, foi limitada uma área de análise determinada entre o limite amelo-cementário e o ápice radiográfico. Não foi detectada diferença estatisticamente significativa do comprimento dos canais entre as imagens convencionais e digitais.

Procurando meios para a realização da análise objetiva e subjetiva da qualidade da imagem de dois filmes velocidade E, Kaffe (1990) utilizou um modelo



de estudo radiográfico designado como 501A. Segundo o autor, este modelo foi avaliado por garantia de qualidade fornecida por uma entidade privada, sendo composto por uma seção de maxila com dentes restaurados, uma escala de alumínio e três malhas de arame com orifícios de diferentes diâmetros. Parte deste conjunto era sobreposto por material plástico previamente à execução das tomadas radiográficas. A referida garantia não foi referendada por nenhuma publicação científica citada nas referências bibliográficas deste artigo. Embora os resultados apontem que ambos os filmes sejam adequados para o uso clínico, a análise apontou a utilização do filme convencional Dentus M4, exposto a 70 KVp e processado automaticamente com a utilização do químico Periomat como a combinação com melhores resultados.

Percebendo que o controle dos fatores geométricos ligados à formação de imagens é uma preocupação constante nas metodologias de estudos endodôntico/radiográficos, Sidney, Batista e De Melo (1991), preconizaram uma plataforma de tomadas radiográficas para estudos endodônticos que fixava a distância do objeto ao filme/sensor quando da avaliação do preparo dos canais radiculares.

Considerando que em situações clínicas a visibilidade radiográfica de limas endodônticas é influenciada pela presença dos tecidos moles e duros circundantes, Sanderink et al. (1994), avaliaram a qualidade de imagens de dois sistemas digitais para a determinação do comprimento de canais, comparando-as com imagens de radiografias convencionais. Para simular a condição clínica, foi utilizado um crânio humano seco envolto por acrílico como modelo de estudo. As raízes analisadas foram as mais estreitas das regiões de pré-molares e molares, permitindo-se a superposição de reparos anatômicos. Sem avaliarem os recursos de manipulação de

imagens disponíveis de cada sistema, os autores concluíram que quando em uso de limas mais finas, os sistemas digitais apresentaram imagens inferiores às imagens convencionais.

Em avaliação de um sistema digital indireto para a tomada de medidas endodônticas, Borg e Gröndal (1996), analisaram subjetivamente amostras radiográficas de mandíbulas humanas secas dentadas, expostas em diferentes tempos de exposição. Controlando-se o posicionamento dos espécimes, efetuou-se a simulação da presença dos tecidos moles pela utilização de um anteparo entre a fonte de radiação e as peças anatômicas. Este era composto por um tubo de polimetil-metacrilato contendo água, com paredes medindo dois centímetros de espessura. Embora os resultados não tenham apontado nenhuma diferença estatisticamente significativa em diferentes mensurações endodônticas, a análise intra-observadores considerou que as maiores diferenças de avaliação ocorriam na análise das radiografias expostas em menores tempos de exposição; apesar de que estes valores tenham ficado dentro da faixa de desvio-padrão. Deste modo, o sistema digital avaliado foi considerado capaz de prover radiografias endodônticas confiáveis.

Buscando melhorias na visualização radiográfica do sistema de canais radiculares, Shearer, Wasti e Wilson (1996), propuseram a introdução de um contraste radiopaco hidrossolúvel no interior dos canais, previamente à realização das tomadas iniciais do tratamento. Para avaliarem a aparência radiográfica resultante da aplicação desta solução, os autores injetaram-na em molares humanos recém extraídos e envolveram os dentes em blocos de cera de cinco milímetros de espessura, para simular a atenuação da radiação promovida pelos tecidos moles. A análise, realizada por avaliadores, foi devidamente calibrada por teste estatístico

específico (Kappa) e evidenciou que tal manobra pode promover um valioso auxílio na visualização dos canais.

Uma pesquisa de Hintze e Wenzel (1996), sobre a perda da acurácia diagnóstica das imagens radiográficas em estudos *in vitro*, avaliou radiograficamente a presença de cáries em terceiros molares, antes e após sua extração. Com a intenção de simularem as condições clínicas quando das tomadas das radiografias *in vitro*, os autores interpuseram uma placa de acrílico de 12 mm e sílica entre as coroas e o feixe de radiação. Embora o resultado da análise não tenha mostrado diferenças estatisticamente significativas na acurácia diagnóstica de cáries por avaliadores, ao avaliarem as densidades ópticas das imagens os autores averiguaram que o grupo *in vitro* ainda apresentava imagens consideravelmente mais densas.

Meier et al. (1996), avaliando um sistema de imagens digitais diretas para a interpretação de lesões periapicais criadas artificialmente, utilizaram seções de mandíbulas e maxilas secas como modelo de estudo. Os autores moldaram previamente as coroas dos dentes em posição natural, antes de extraí-los com auxílio de fórceps. Com os alvéolos expostos, as lesões periapicais foram criadas pela aplicação gradativa de ácido perclórico a 70%. Em intervalos determinados de tempo, o ácido era removido, assim como o osso desmineralizado, e os dentes reposicionados seguindo o guia dado pela moldagem prévia. Os espaços criados no alvéolo foram preenchidos com material de moldagem para que fossem realizadas tomadas radiográficas padronizadas. Para simular a presença de tecidos moles, os pesquisadores interpuseram um bloco de Plexiglass de uma polegada de espessura (2,54 cm), entre a fonte de radiação e as peças anatômicas. Alterando as imagens digitais pela utilização das ferramentas de manipulação disponibilizadas pelo sistema

avaliado, pôde-se concluir, pela análise subjetiva de endodontistas, que ocorreu variabilidade estatística dos resultados diagnósticos inter-examinadores.

Cederberg et al. (1998a), em análise comparativa do sistema de armazenamento de fósforo com os filmes radiográficos para a determinação do comprimento de trabalho endodôntico, avaliaram amostras de exames *in vivo*. Para que se pudesse realizar a comparação dos sistemas, mensurações de avaliadores foram previamente calibradas por teste estatístico. As mensurações referiram-se ao comprimento dos canais, à medida de limas endodônticas e à diferença entre estes. Os resultados apontaram uma similaridade entre as medidas realizadas com o uso do sistema digital e do sistema convencional, ressaltando que a melhor visualização das limas mais finas ocorreu no sistema digital.

Em outro trabalho, Cederberg et al. (1998b), investigaram a influência da iluminação ambiente sobre a acurácia diagnóstica de cáries proximais em exames radiográficos intra-orais. Para a composição do modelo de estudo, foram utilizadas quatro lâminas de madeira, de três milímetros de espessura, entre o aparelho e os dentes extraídos que compunham a amostra, para promover a atenuação da radiação durante as tomadas radiográficas dos dentes. Após a criação artificial das lesões cariosas, feitas com auxílios de brocas, foi realizada a análise radiográfica das tomadas por oito dentistas, sob condições controladas de iluminação. A análise estatística da performance dos observadores levou à conclusão de que as condições de iluminação do ambiente não exercem influência sobre a habilidade dos avaliadores na detecção de cáries proximais.

Preocupados em determinar critérios de avaliação da qualidade de imagens de sistemas convencionais e digitais, Yoshiura et al. (1999), propuseram um modelo de estudo e o submeteram à análise de avaliadores. O modelo foi composto por uma

escala de Alumínio de 12 degraus, com sete cavidades de diferentes profundidades em cada degrau. Para simular a atenuação do feixe de radiação, assim como ocorre com os tecidos moles, os autores cobriram a frente e o verso do modelo com dois blocos de acrílico de dez e dois milímetros de espessura, respectivamente. Reconhecendo que não havia nenhuma correlação entre este modelo e as radiografias de pacientes, os autores afirmaram que se as imagens do objeto apresentassem faixa de variação de densidade semelhante às das condições clínicas, as projeções poderiam ser padronizadas para simular as tomadas *in vivo* em estudos comparativos de sistemas.

Retornando à recorrente preocupação com as distorções das imagens, no estudo de Burger et al. (1999), em que compararam a radiografia convencional e o sistema digital direto para a odontometria de canais curvos, foi utilizada a citada plataforma preconizada por Sidney, Batista e De Melo (1991), visando o controle dos fatores geométricos durante as tomadas radiográficas. Para a comparação, os autores radiografaram dentes humanos extraídos com curvaturas radiculares variadas, de todos os grupamentos dentários. Apenas dentes uni-radiculados foram avaliados, sendo que os multi-radiculados foram seccionados e tiveram apenas uma de suas raízes incluídas na pesquisa. A análise estatística de variância mostrou que todas as técnicas radiográficas resultaram em comprimentos de canais significativamente diferentes da realidade.

Similarmente, Martinez-Lozano, Forner-Navarro e Sánchez-Cortés (1999), avaliaram amostra de radiografias de pré-molares extraídos, sob diferentes angulações, para a determinação da acurácia diagnóstica de dentes com duas raízes. Sem preocupações quanto à simulação das condições clínicas, a amostra foi

posicionada em plataforma que padronizava as variações de angulação, sendo levadas, posteriormente, para a análise de avaliadores.

Considerando que a localização radiográfica do ápice radicular pode não coincidir com o limite anatômico dos canais, Martinez-Lozano et al. (2001), compararam radiografias convencionais, imagens digitais diretas e localizadores eletrônicos de forame apical para a habilidade em determinar o comprimento de trabalho endodôntico. A amostra analisada foi composta por imagens convencionais e digitais de dentes uni-radiculados, extraídos e posicionados em suporte que promoveu a padronização dos fatores geométricos durante as tomadas; antes e após a execução do acesso aos canais radiculares. Após a obtenção dessas imagens, foi executada a mensuração dos comprimentos de trabalho, utilizando os recursos disponíveis para cada sistema de imagem. No caso do localizador eletrônico de forame apical, as raízes foram mantidas submersas em solução salina fisiológica, assim como o clip labial. A análise estatística não apontou diferenças estatisticamente significativas entre as odontometrias pelos diferentes métodos.

Reunindo um notável grupo de pesquisadores, o trabalho de Bóscolo et al. (2001), efetuou uma comparação de diversos sistemas (três sistemas digitais, um sistema de digitalização e o sistema convencional), quanto à capacidade de fornecer imagens em condições diagnósticas. Com exceção de um dos sistemas digitais, todos os outros sistemas se mostraram capazes de produzir imagens em condições ideais para o diagnóstico. Embora não se tenha tido como meta a avaliação científica do modelo empregado, durante a discussão dos resultados os autores afirmam que na análise subjetiva de diferentes grupos de amostras, além da sensibilidade e da escala dinâmica de um filme ou sensor, depende-se também da importância do objeto da análise. Neste sentido, eles preconizam:

[...] é fundamental utilizar-se de um objeto que exija uma imagem de excelente qualidade para a sua fiel evidenciação, pois são nos registros radiográficos sutis que se tem um parâmetro mais exigente de diferenciação da qualidade de imagens dos sistemas.

A despeito dessa consideração, Mentis e Gencoglu (2002), compararam o sistema digital direto às radiografias convencionais para a odontometria de canais curvos utilizando um modelo composto por dentes extraídos, com curvatura variada e inseridos em blocos de resina acrílica. Sem descrições detalhadas, os blocos, segundo os autores, serviram apenas para simular a mandíbula e para posicionar os espécimes em plataforma em igual distância da fonte ao filme/sensor e do objeto ao filme/sensor. À partir da avaliação de dois observadores, revelou-se que ambos os métodos superestimam o comprimento dos canais radiculares, sendo que o sistema digital avaliado também promoveu um aumento na severidade de curvaturas dos canais.

Também comparando o sistema digital com o sistema convencional, Vale e Bramante (2002), compararam radiografias provenientes de três filmes diferentes às imagens de um sistema digital, aplicando-se três recursos de manipulação de imagem, com a finalidade de se observarem limas endodônticas no interior dos canais. O modelo de estudo utilizado foi composto por mandíbulas humanas secas e dentadas, posicionadas em base de resina acrílica e recobertas por cera rosa e cera utilidade, com a finalidade de simular gengivas e bochechas, respectivamente. As projeções foram padronizadas, assim como o processamento dos filmes convencionais. Os tempos de exposição foram variados de acordo com a velocidade dos filmes utilizados. Os autores concluíram que o sistema digital exibiu melhores resultados que o sistema convencional quanto a visualização das limas,

principalmente quando em uso do negativo como recurso de manipulação das imagens.

Em um estudo *in vitro* que comparou a eficiência de radiografias convencionais e de imagens digitais para a realização de odontometrias utilizando limas de fino calibre, Pace (2002), evidenciou a intenção de simular o mais fidedignamente possível a realidade clínica. Em trabalho de dissertação, a autora utilizou um modelo de estudo composto, basicamente, por um crânio seco com dentes reimplantados em alvéolos preenchidos com osso bovino liofilizado. Buscando a dificuldade de visualização, a autora introduziu limas endodônticas de pequeno calibre nas raízes méso-vestibulares de primeiros molares superiores. Baseado em Bóscolo et al. (2001), este crânio foi revestido por sílica, com intuito de simular a presença de tecidos moles e promover a atenuação da radiação durante as tomadas radiográficas. Os resultados estatísticos não apontaram diferenças estatisticamente significativas para ambos os sistemas, quando da visualização das limas.

Para comparar o sistema convencional com os sistemas digitais quanto à eficiência em odontometrias, Lozano, Forner e Llena (2002), utilizaram setenta dentes extraídos, de todos os grupamentos dentários (incisivos, pré-molares e molares). Após estocagem dos dentes em solução fixadora, os autores os posicionaram em um aparato com função de facilitar o direcionamento do cilindro do aparelho de raio-x. A distância da fonte de radiação aos dentes foi de 5 cm e a distância dos dentes ao filme/sensor foi de 1 cm. Com auxílio de suportes posicionadores, foram realizadas duas tomadas de cada dente, com variação da angulação horizontal. As conclusões deste estudo apontaram que o sistema



convencional permanece como o sistema de escolha para a determinação do comprimento de canais.

Desenvolvido pelos pesquisadores gregos Lyroudia et al. (2002), um experimento buscou desenvolver tecnologia para visualização de imagens tridimensionais de dentes. Tal tecnologia visava o conhecimento da anatomia interna e externa de elementos dentários, além da simulação de seu acesso endodôntico pelo uso virtual de brocas. Dificuldades como a necessidade de se realizarem cortes ultra-finos de dentes extraídos, para posterior execução de radiografias seriadas e a aplicação de um software específico que reconstrói as imagens, evidenciam, segundo o autor, a necessidade do desenvolvimento de técnicas radiográficas mais precisas e avançadas, que permitam sua utilização durante a rotina clínica de atendimento aos pacientes.

Considerando que diversos fatores podem afetar a execução de mensurações endodônticas e a percepção da qualidade radiográfica, Sheaffer et al. (2003), submeteram radiografias de diferentes filmes convencionais à análise de observadores. As imagens avaliadas foram da região de pré-molares e molares superiores de cadáveres, com a presença dos tecidos moles. Para assegurar a padronização das projeções geométricas, as peças anatômicas foram posicionadas em plataforma que assegurava igual angulação e distância foco-filme de cada espécime. Igualmente para evitar distorções, secções de agulhas calibrosas foram fixadas por resina na entrada dos canais avaliados, à fim de se controlar o posicionamento das limas utilizadas. O fator de variação foi dado pela variação no tempo de exposição das diferentes tomadas. Os resultados apontaram que as radiografias sub-expostas foram ligeiramente inferiores às radiografias super-

expostas para a determinação do comprimento dos canais radiculares, independentemente da velocidade dos filmes avaliados.

Na averiguação da relação entre os sinais histológicos e radiográficos de inflamações periapicais de dentes obturados endodonticamente, Barthel, Zimmer e Trope (2004), analisaram amostra de secções de mandíbulas secas. Para análise microscópica, um operador realizou as avaliações, enquanto as radiografias foram analisadas por dois observadores experientes. O resultado das avaliações foi separado de acordo com o tipo de análise, sendo que, na análise radiográfica, os resultados foram colhidos após decisão consensual dos avaliadores. Pôde-se concluir que há relação entre os sinais histológicos e radiográficos de inflamação nos espécimes avaliados. Parece haver uma tendência de que a avaliação radiográfica determina a qualidade do selamento endodôntico, com impacto nos sinais histológicos da inflamação em dentes obturados endodonticamente.

No estudo de Folk et al. (2005), que comparava dois diferentes sistemas de radiologia digital para a detecção de lesões periapicais preparadas artificialmente, foram utilizados pré-molares inferiores de cadáveres para a avaliação. Radiografias iniciais, que averiguavam a presença prévia de lesões, indicaram o descarte das peças lesionadas. Após a dissecação das peças selecionadas, para a remoção dos tecidos moles, procedeu-se um corte méso-distal que promoveu a separação das corticais lingual e vestibular, seguindo-se com a extração dos dentes. A amostra foi novamente radiografada, após o reposicionamento das corticais e dos dentes, e somente as peças que não apresentaram alterações radiográficas provocadas pela sua manipulação foram aproveitadas. Com esse critério, dez peças foram selecionadas para o estudo, sendo trabalhadas com brocas e instrumentos discóide-cleóide para a simulação das lesões.

Akdeniz e Sogur (2005), ao compararem o sistema digital de armazenamento de fósforo com sistemas convencionais para a avaliação da qualidade das imagens de obturações endodônticas *in vitro*, preocuparam-se em promover a atenuação do feixe de radiação. Para isso, após determinarem a padronização do posicionamento das peças anatômicas e do processamento das imagens, os autores posicionaram um anteparo de Plexiglass de 1,5 cm entre a fonte e as hemi-mandíbulas analisadas. Um dos filmes convencionais avaliados apresentou melhores imagens, comparativamente aos outros métodos avaliados; porém, as imagens digitais manipuladas se mostraram superiores às imagens digitais originais e às imagens convencionais.

Em meta-análise para a determinação científica do comprimento ideal de obturações endodônticas, Schaeffer, White e Walton (2005), usaram a base de dados MEDLINE da biblioteca norte-americana de medicina para a seleção de trabalhos. A adoção de diversos critérios de inclusão resultou na avaliação de 38 pesquisas publicadas entre os anos de 1956 e 2000. Chama a atenção o fato de que um dos principais critérios de inclusão de estudos foi a utilização de radiografias periapicais de indivíduos vivos.

A republicação de um artigo (MANSON-HING, 2005), originalmente publicado em 1959, reconhece a qualidade das descrições das características radiográficas das alterações bucais decorrentes de traumas, elaboradas pelo autor. Considerando que algumas das referidas alterações ocorrem somente após o transcorrer de longos períodos de tempo, o trabalho exhibe diversas imagens radiográficas *in vivo*, ilustrando e caracterizando as conseqüências do trauma.

Buscando o melhor método para a determinação da curvatura dos canais e do ângulo de acesso em canais curvos, Günday, Sazak e Garip (2005), compararam os

métodos de Schneider, Weine e Hankins. Para a análise, os dentes foram extraídos, fixados ao filme com auxílio de cera, radiografados com padronização dos fatores geométricos das tomadas (distância e angulação), e do processamento. Após as tomadas, as imagens foram escaneadas para execução de traçados. Testes estatísticos mostraram que há diferenças significativas da mensuração da angulação usando cada método.

## 2.2 DENSIDADE ÓPTICA

Gröndahl, Gröndahl e Olving (1983), no estudo da capacidade de visualização de lesões ósseas por filmes D e E, submeteram radiografias periapicais à análise de avaliadores para a marcação de escores. A análise dos observadores foi executada após mensuração dos valores de densidade do filme (três mensurações em cada radiografia), com auxílio de densitômetro. Os resultados não apontaram diferenças estatisticamente significativas na performance dos dois filmes, ressaltando-se, na discussão do estudo, que a performance diagnóstica varia com a densidade do filme, de modo que a avaliação não poderia ser feita sem o conhecimento prévio dos valores de densidade das radiografias.

No trabalho de Okano et al. (1983), que avaliou o nível de exposição sobre três diferentes filmes convencionais e a performance diagnóstica de radiografias endodônticas *in vitro*, foi determinado que três fatores seriam utilizados como critério da análise da qualidade radiográfica: contraste, resolução e ruído. A relação desses três fatores, dada em uma única e complexa combinação, foi calculada pelo número equivalente de ruído de quanta por unidade de área, ou, abreviadamente, NEQ. Para chegarem aos valores encontrados da NEQ, foi necessário conhecer a

variação dos limites de exposições dos filmes empregados, o que só foi possível através da mensuração prévia das suas densidades ópticas. Além de relacionar-se com a qualidade radiográfica, essa mensuração permitiu que se obtivessem radiografias dentro de uma faixa controlada de exposição, que as aproximava às radiografias obtidas em procedimentos clínicos, segundo os autores. Considerando que a variação de densidade foi relativamente ampla, os autores concluíram que na faixa de densidade próxima à das condições clínicas simuladas, não houve redução na performance diagnóstica dos avaliadores.

Também preocupado em avaliar a qualidade da imagem, porém em análise objetiva e subjetiva de dois filmes de velocidade E, Kaffe (1990), determinou o melhor tempo de exposição para as radiografias através da padronização das densidades ópticas de uma escala de alumínio. Utilizando densitômetro digital com abertura de luz de um milímetro, o autor tomou a densidade óptica um como o valor mais adequado para esta análise, considerando a densidade base e velamento dos diferentes filmes. A velocidade e o contraste foram então correlacionados, assim como a resolução das imagens que, por sua vez, foi avaliada pela análise de malhas de arame posicionadas no modelo de estudo. Ambos os filmes avaliados foram considerados adequados para a utilização clínica, de acordo com os resultados da análise da performance diagnóstica dos observadores.

Dubreux et al. (1992), considerando que a fotodensitometria e a digitalização de imagens poderiam ser utilizadas como técnicas hábeis para detectar pequenas alterações no osso alveolar, compararam estes métodos para a avaliação da densidade óssea em processos de cura pós tratamento. Radiografias padronizadas *in vivo* de um estudo prévio, contendo uma escala de alumínio, foram escaneadas e analisadas por microdensitômetro digital, comandado por um computador

programado para realizar a mensuração da densidade óptica de duzentos e cinquenta pontos pré-definidos. A seguir, as radiografias foram digitalizadas por câmera de vídeo de alta resolução (12 bits), limitando resolução das imagens digitalizadas para aproximá-las à resolução das radiografias. Após a aquisição de todas as imagens, um programa específico (Laboimage) converteu os valores dos níveis de cinza em valores equivalentes de milímetros de alumínio para a calibração das mensurações. Com esse cuidado, as densidades ópticas das imagens digitalizadas foram medidas do mesmo modo que as radiografias, para posterior comparação. O resultado da comparação apontou que não houve diferenças estatísticas entre os dois métodos de avaliação, quando observados os referidos critérios de análise.

Para a obtenção de uma amostra de imagens digitais que apresentasse densidade média similar a radiografias clínicas, Borg e Gröndal (1996), determinaram limitada faixa de variação do tempo de exposição de exames tomados de peças anatômicas secas, com base nos tempos de exposição recomendados para o exame de pacientes. Os resultados apontaram que mesmo em tempos de exposição relativamente baixos, o sistema digital avaliado foi capaz de prover radiografias adequadas à prática endodôntica.

Hintze e Wenzel (1996), em já citado estudo *in vitro* sobre a acurácia diagnóstica de filmes radiográficos convencionais quanto à presença de cáries em terceiros molares inferiores, avaliaram dentes antes e após sua extração. Os autores adotaram a densidade óptica das imagens como critério para a seleção e avaliação da qualidade das radiografias, analisando-as em fotodensitômetro. Embora os resultados estatísticos não tenham mostrado diferença significativa na comparação das radiografias *in vivo* e *in vitro*, devido à avaliação das densidades ópticas a

discussão do trabalho não ficou restrita à análise subjetiva da performance diagnóstica dos avaliadores, uma vez que os resultados também se basearam em critérios científicos objetivos.

Em busca de fatores que pudessem influenciar a análise de avaliadores, Cederberg et al. (1998b), avaliaram a influência de diferentes condições de iluminação do ambiente sobre a performance diagnóstica de observadores. Para isso, eles simularam lesões cariosas em alguns dentes extraídos e realizaram exames radiográficos convencionais e digitais da amostra, de modo a obterem o valor padronizado de densidade óptica em dentina. Após a análise estatística da performance dos observadores, os autores concluíram que as condições de iluminação do ambiente não exercem influência sobre a habilidade dos avaliadores na detecção de cáries.

Para a certificação da qualidade de um modelo experimental criado para avaliação de sistemas convencionais e digitais, Yoshiura et al. (1999), determinaram, em teste prévio, o nível de exposição mais adequado, levando em consideração o tipo de receptor e os aparelhos utilizados. Após avaliação prévia das radiografias, feita por análise subjetiva, foram registradas as densidades ópticas das radiografias incluídas, com o auxílio de um aparelho microdensitômetro. Para a seleção da amostra de imagens digitalizadas, efetuou-se a correlação entre os valores de densidade radiográfica e os valores de densidade óptica para a comparação com radiografias de pacientes. Foram selecionadas as imagens digitalizadas com valores aproximados aos de radiografias de pacientes, desde que seus valores estivessem enquadrados em parâmetros determinados pelo comitê de radioproteção da sociedade japonesa de radiologia oral e maxilo-facial. Os resultados apontaram a

aproximação das imagens do modelo experimental às radiografias dos pacientes graças, segundo os autores, à promoção da atenuação da radiação.

Percebe-se que a densidade de uma radiografia, medida pelo grau de escurecimento de uma imagem, ou, mais precisamente, pelo logaritmo da diferença entre a quantidade de luz que atinge um filme e a quantidade de luz que o atravessa, é critério fundamental de análise. Entende-se que mesmo o contraste ou a latitude de uma radiografia não podem ser avaliados sem antes conhecermos a densidade base e velamento de um filme e a densidade das imagens geradas (ALVARES; TAVANO, 1999).

Com o avanço promovido pelo surgimento de novas tecnologias de formação de imagens, a própria definição de densidade evoluiu. Pavan e Tavano (2000), em trabalho em que adotaram a análise das densidades como critério fundamental para avaliar a influência de uma solução processadora na qualidade de imagens, determinaram que a aplicação de recursos de softwares especializados em análise de imagens digitais fornece a densidade radiográfica. Analogamente, através da utilização de densitômetros para análise de radiografias convencionais, obtém-se o que os autores conceituaram como densidade óptica de radiografias.

Nicopoulou-Karayianni et al. (2002) estudaram a melhoria do diagnóstico de lesões periapicais pela aplicação do método da subtração em imagens digitalizadas e especialmente processadas. Os autores avaliaram radiografias de pacientes portadores de lesões ao longo de 12 meses, iniciando logo após o tratamento endodôntico. As radiografias foram tomadas em momentos definidos, sendo digitalizadas a seguir. Lançando mão dos recursos do sistema digital, os histogramas das imagens iniciais foram registrados para que as imagens subseqüentes tivessem suas densidades ajustadas à imagem original. Os tons de



cinza foram, então, ajustados individualmente e cores foram determinadas para evidenciar as variações de densidade na região das lesões. Ao final, observadores avaliaram as imagens convencionais e as imagens digitalizadas coloridas para o diagnóstico das alterações das lesões ao longo do tempo. Tal recurso promoveu uma considerável melhoria na performance diagnóstica dos observadores.

Como citam Mol e Dunn (2003), a padronização das tomadas para a execução do método de subtração e o conhecimento das densidades dos filmes e imagens são requisitos essenciais para o êxito da análise.

A Odontologia como ciência e em especial a Endodontia, necessita de imagens de alta qualidade para o diagnóstico, tratamento e preservação dos casos, o que gera grande interesse no desenvolvimento de sistemas digitais.

O trabalho de Naoum, Chandler e Love (2003), que objetivou a análise comparativa do método radiográfico convencional ao digital para a visualização dos canais radiculares, é exemplo disso. Confirmando a importância da densidade óptica como característica essencial para a análise radiográfica, os autores mediram a densidade das imagens obtidas após o uso de materiais radiopacos inseridos como contraste nos canais. Curiosamente, apesar de os resultados estatísticos não terem sido fora do esperado, eles ponderaram que erros metodológicos oriundos do modelo experimental talvez tenham prejudicado a análise das imagens obtidas e, extensivamente, as conclusões do estudo. Desse modo, fica evidente o grau de exigência a que se impõem os pesquisadores comprometidos com a qualidade de seus trabalhos e, em especial, os endodontistas quando se propõem avaliações radiográficas.

Na evolução das pesquisas, trabalhos como o de Bernstein et al. (2003), que objetivou estudar a influência de soluções químicas de processamento rápido sobre

a qualidade da imagem gerada em filmes convencionais, tiveram conferida a validação de seus resultados ao avaliarem amostra de filmes pelos valores de densidade. Os autores, também avaliaram o contraste, mas somente após obterem dados sobre os valores médios de densidade óptica das imagens.

Afirmando que a densidade das imagens, a geometria das projeções, as condições anatômicas e a capacidade de observadores podem afetar as odontometrias, Sheaffer et. al. (2003), realizaram um estudo para avaliar a influência da velocidade e da densidade de alguns filmes convencionais sobre a acurácia de mensurações endodônticas e a percepção da qualidade radiográfica. Diferentes exposições foram feitas para obterem-se densidades-base de 1,5; 2 e 2,5, medidas por fotodensitômetro. Somente após a obtenção da amostra de radiografias com os valores de densidade determinados, avaliadores qualificados realizaram a análise proposta, determinando o comprimento de trabalho de alguns canais e a análise subjetiva da qualidade das imagens. As radiografias menos densas foram ligeiramente inferiores às radiografias mais densas para a determinação do comprimento dos canais radiculares, independentemente da velocidade dos filmes avaliados.

Considerando que avaliações radiográficas longitudinais da reparação de lesões periapicais podem ser comprometidas por alterações no processamento das radiografias, Camps, Pommel e Bukiet (2004), adotaram imagens digitalizadas de uma escala de alumínio como referência de análise. Os autores acreditaram que, se determinassem uma faixa ideal de contraste dada pela escala de alumínio, poderiam correlacioná-la à determinadas condições de processamento e, assim, corrigir imagens sem controle de processamento. A amostra analisada foi composta por radiografias de indivíduos portadores de lesões ao longo de seis meses após

tratamento endodôntico. Os dentes analisados eram de todos os grupamentos dentários, mas nos multiradiculados, apenas uma raiz foi analisada. As radiografias foram escaneadas e tiveram os valores de cinza corrigidos, com base nas imagens da escala de alumínio, quando então seguiu-se com a avaliação das lesões por observadores. Os resultados mostraram que a correção dos níveis de cinza pode ser um método poderoso para reduzir os riscos de falsos negativos durante o tratamento ou em estudos epidemiológicos.

Inúmeros trabalhos expressam a preocupação em avaliar a qualidade da imagem radiográfica. Cada um, em seu tempo e ao seu modo, propõe-se a avaliar os dispositivos envolvidos na execução das mais diversas técnicas radiográficas, objetivando o seu desenvolvimento. Os filmes convencionais e, mais recentemente, os sensores digitais são os principais alvos de investigação, mas também o são os aparelhos de Rx, sistemas de imagens digitais, processadoras automáticas e os químicos de processamento. Muitos desses trabalhos contribuíram de alguma maneira para a evolução da técnica radiográfica, e, indiretamente, para o desenvolvimento da Odontologia e de suas especialidades, uma vez que esta é uma profissão bastante dependente do diagnóstico fornecido pelo exame de imagens.

Percebe-se, então, que o conhecimento das características que dão qualidade às imagens é uma condição essencial para esse tipo de avaliação e a densidade óptica é um critério adequado para o propósito do presente projeto.

### **3 PROPOSIÇÃO**

Constitui proposta da presente investigação, avaliar comparativamente as radiografias periapicais convencionais tomadas de pacientes e de um novo modelo experimental para estudos radiográficos da Endodontia com vistas a verificar a viabilidade de sua aplicação em relação ao tempo de exposição.

#### 4 METODOLOGIA

A execução deste trabalho se fundamenta na análise comparativa entre radiografias periapicais tomadas de indivíduos vivos e do modelo experimental proposto. (Figura 1).



Figura 1 – Modelo experimental

Basicamente, o modelo experimental é composto de uma mandíbula humana seca, dentada, de um indivíduo adulto, autorizada para utilização no estudo conforme declaração em anexo (Anexo A). Esta mandíbula é recoberta por resina acrílica incolor, com espessura média de 2 mm (Figura 1- letra A).

Paralelamente à face lingual dos dentes, existe um bloco móvel de acrílico incolor que serve para efetuar o posicionamento de filmes radiográficos periapicais, mantendo-os na posição correta para o exame dos dentes (Figura 1– letra B).

Circundando o modelo, há um escudo, também em resina acrílica incolor, com 1,3 cm de espessura, o qual serve para atenuar o feixe de radiação durante as tomadas radiográficas, simulando a presença dos tecidos moles (Figura 1 - letra C).

Para a obtenção das radiografias necessárias na análise comparativa, foram adotados os seguintes critérios:

#### 4.1 RADIOGRAFIAS DOS PACIENTES

Foram utilizadas radiografias periapicais convencionais da região de pré-molares inferiores de pacientes que compareceram à Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais (FO-UFMG), com solicitação formal para a tomada radiográfica, emitida por um cirurgião-dentista.

As radiografias foram tomadas com a garantia de que não foi atribuído nenhum ônus adicional aos pacientes (à saúde ou financeiro), após autorização formal em Formulário de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B), aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade de Taubaté (Anexo C).

As tomadas foram padronizadas pela utilização de um único aparelho de Rx (Gendex 765 DC – General Electric<sup>®</sup>; 60 KVp e 10 mAs), com tempo de exposição de 0,25 segundos, obedecendo a indicação dada pelo fabricante do aparelho.

As imagens foram registradas em filmes duplos (Insight IP22 - Kodak<sup>®</sup>; velocidade F/E), sendo tomadas por um único operador, aplicando-se a técnica do Paralelismo com auxílio de suportes posicionadores (Jon<sup>®</sup>), e reveladas em processadora automática (Gendex GXP - General Electric<sup>®</sup>); com tempo de

processamento programado em seis minutos e trinta segundos. Uma das cópias ficou em posse dos pacientes envolvidos com o estudo.

#### **4.1.1 Critérios de inclusão de pacientes**

- Pacientes maiores de 18 anos, de ambos os sexos.
- Indicação para o exame comprovada através de solicitação por escrito de um cirurgião-dentista.
- Pacientes dentados na região anterior inferior, com presença do primeiro pré-molar inferior.
- Ausência de intervenções endodônticas prévias no primeiro pré-molar inferior.
- Inserção óssea sobre, no mínimo, dois terços da raiz do primeiro pré-molar inferior, medindo a raiz do limite amelo-cementário ao ápice radicular.
- Concordância formal do paciente em participar do estudo, segundo Formulário de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B).

#### **4.1.2 Critérios de exclusão de pacientes**

- Pacientes menores de 18 anos.
- Ausência de solicitação formal para o exame.
- Pacientes desdentados na região anterior inferior e/ou com ausência do primeiro pré-molar inferior.

- Histórico de intervenções endodônticas no primeiro pré-molar inferior.
- Inserção óssea menor que dois terços da raiz do primeiro pré-molar inferior, medindo a raiz do limite amelo-cementário ao ápice radicular.
- Ausência de concordância formal em participar do estudo, segundo Formulário de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B).

#### 4.2 RADIOGRAFIAS DO MODELO

Foram realizadas tomadas radiográficas periapicais da região de pré-molares inferiores.

As tomadas radiográficas foram feitas em um único aparelho (Gendex 765 DC – General Electric<sup>®</sup>; 60 KVp e 10 mAs ).

Com o intuito de se identificar qual o tempo de exposição mais apropriado para as tomadas radiográficas do modelo, serão registrados três tempos de exposição, os quais foram o mesmo tempo indicado para a tomada radiográfica de pacientes fisicamente medianos (0,25 s); um tempo imediatamente maior (0,32 s), e um tempo imediatamente inferior (0,2 s). Estes tempos de exposição são disponibilizados automaticamente pela programação digital do próprio aparelho. Normalmente essa programação visa obter radiografias com melhores imagens, de acordo com o tipo físico médio dos pacientes (considerando a variabilidade individual de idade, constituição física e sexo). Essa variação visou identificar qual o tempo de exposição mais adequado para as tomadas radiográficas do modelo.



As imagens foram registradas em filmes duplos (Insight IP22 - Kodak<sup>®</sup>; velocidade F/E), sendo tomadas por um único operador, aplicando-se a técnica do Paralelismo com auxílio de suportes posicionadores (Jon<sup>®</sup>), e reveladas em processadora automática (Gendex GXP - General Electric<sup>®</sup>), com tempo de processamento programado em seis minutos e trinta segundos.

#### 4.3 LEITURA DAS DENSIDADES ÓPTICAS

Obtidas as radiografias, essas foram posicionadas individualmente em aparelho fotodensitômetro digital (MRA<sup>®</sup>) da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia da UFMG, para a análise das densidades ópticas dos pontos de interesse para a avaliação endodôntica.

As condições da análise foram controladas, sendo que as leituras foram realizadas em ambiente escuro, após a calibragem do aparelho e feitas seqüencialmente, sem interrupções, em um único dia.

Considerando que a área mínima de leitura do fotodensitômetro é de um mm de diâmetro e observando o fato de que interessa a visualização das imagens características da dentina e do canal radicular dadas com a sobreposição do osso e dos tecidos moles, os pontos determinados para a análise foram (Figura 2):

- Ponto médio da dentina radicular do primeiro pré-molar inferior, localizado verticalmente na metade da distância do limite amelo-cementário ao ápice radicular, e, horizontalmente, localizado na metade da espessura da dentina distal ao canal;

- Ponto médio do canal radicular do primeiro pré-molar inferior, verticalmente localizado na metade da distância do limite amelo-cementário ao ápice radicular e horizontalmente na metade do diâmetro do canal radicular;

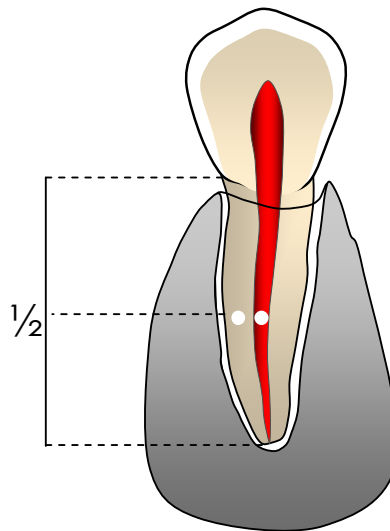


Figura 2 – Localização dos pontos de análise

Foram realizadas três mensurações da densidade óptica de cada ponto analisado. O valor médio das mensurações foi calculado e anotado, discriminando a radiografia de origem.

Após estudo piloto, executado com amostra de três radiografias, foi realizada a avaliação dos parâmetros amostrais (Quadro 1) e o cálculo amostral para o experimento (Quadro 2), pelo programa bioestatístico GMC (FORP-USP). O resultado indicou a utilização de uma amostra ( $n$ ) de no mínimo oito radiografias em cada grupo a ser analisado (pacientes e modelo), com grau de significância determinado em  $(\alpha) = 0,001$ .

<b>Parâmetros amostrais</b>	
Soma dos dados	2.8780
Número de dados	3.0000
Soma de quadrados	2.7614
Termo de correção	2.7610
Varição total	0.0005
Graus de liberdade	2.0000
-----	
Média da amostra	0.9593
Variância da amostra	0.0002
Desvio padrão da amostra	0.0153
Erro padrão da média	0.0088

Quadro 1 – Parâmetros amostrais

<b>Nível de significância escolhido: <math>\alpha = 0.001</math></b>	
Valor de z para esse nível de $\alpha$	3.2800
Desvio-padrão no ensaio piloto	0.0153
Erro padrão da média no piloto	0.0088
Número de dados da amostra	3
-----	
<b>Tamanho recomendado para a amostra: 8 dados</b>	

Quadro 2 – Cálculo amostral

#### 4.4 GRUPOS EXPERIMENTAIS

As radiografias dos pacientes e do modelo foram distribuídas em grupos assim compostos:

- Grupo I: Nove radiografias dos pacientes, tomadas em 0,25 segundos.
- Grupo II: Nove radiografias do modelo experimental, tomadas em 0,32 segundos.
- Grupo III: Nove radiografias do modelo experimental tomadas em 0,25 segundos.
- Grupo IV: Nove radiografias do modelo experimental tomadas em 0,2 segundos.

A distribuição dos Grupos em função da metodologia empregada está sintetizada no Quadro 3.

Filme E/F; Paralelismo; Processamento automático			
PACIENTES	MODELO EXPERIMENTAL		
Grupo I (9) 0,25 s	Grupo II (9) 0,32 s	Grupo III (9) 0,25 s	Grupo IV (9) 0,2 s
Fotodensitômetro digital			
Dentina - Canal	Dentina - Canal	Dentina - Canal	Dentina - Canal
1-	1-	1-	1-
2-	2-	2-	2-
3-	3-	3-	3-
4-	4-	4-	4-
5-	5-	5-	5-
6-	6-	6-	6-
7-	7-	7-	7-
8-	8-	8-	8-
9-	9-	9-	9-
Análise estatística			

Quadro 3 – Distribuição dos grupos

As nove repetições para cada tempo de exposição, além de estarem de acordo com o indicado pelo cálculo amostral, corroboraram para eliminar fatores energéticos que influenciam a qualidade das imagens, tal como variações da intensidade da corrente elétrica no aparelho, alterando a reprodutibilidade da intensidade do feixe de radiação.

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após a coleta de dados, foi realizada a análise da normalidade da distribuição das amostras pela aplicação dos testes de Kolmogorov-Sminorf, com  $p < 0,05$ .

Refinando essa avaliação, foram realizados testes de Levene para avaliação da homocedasticidade das distribuições amostrais, com  $p < 0,05$ .

A análise comparativa entre os valores médios de densidade óptica dos grupos foi realizada para determinar se o modelo experimental fornece radiografias semelhantes às dos pacientes. O estudo dos resultados pôde, também, determinar qual o tempo de exposição mais adequado. Os testes aplicados foram os testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, com a devida correção de Bonferroni (LUIZ; COSTA; NADANOVSKY, 2005).

O nível de significância estatística considerado no teste de Mann-Whitney foi  $p < 0,017$ . Esse maior rigor na definição da significância estatística deve-se à correção de Bonferroni; ou seja, uma vez que foram realizados três testes (Grupo I e II; Grupo I e III; Grupo I e IV), o valor de  $p$  é igual a 0,05 dividido por três.

Complementando, foi aplicado o teste de correlação de Pearson em todos os grupos. Este teste serviu para determinar a correlação entre os valores de densidade

óptica da dentina e do canal em cada grupo, além de permitir comparações inter-grupos para avaliar a qualidade do modelo e o tempo de exposição.

Os testes estatísticos foram aplicados no programa SPSS for Windows, versão 11.0 (SPSS, 2002).

## 5 RESULTADOS

As tabelas a seguir (Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5) exibem os valores individuais de densidades ópticas das radiografias, colhidos durante a execução da parte experimental desta dissertação.

Foram colhidos três valores de densidade óptica de cada ponto avaliado, durante a análise das radiografias do modelo e dos pacientes.

Tabela 1 – Valores de densidade óptica (Grupo I)

<b>Grupo I (9) – Pacientes (0,25 s)</b>						
	Dentina			Canal		
<b>1</b>	0,93	0,93	0,92	0,98	0,97	0,97
<b>2</b>	0,82	0,82	0,82	0,85	0,85	0,85
<b>3</b>	0,67	0,67	0,67	0,69	0,69	0,68
<b>4</b>	0,83	0,83	0,83	0,87	0,87	0,87
<b>5</b>	0,70	0,69	0,69	0,73	0,73	0,73
<b>6</b>	0,71	0,71	0,71	0,73	0,73	0,73
<b>7</b>	0,73	0,72	0,72	0,75	0,75	0,75
<b>8</b>	0,71	0,71	0,72	0,75	0,75	0,75
<b>9</b>	0,83	0,83	0,83	0,87	0,87	0,87

Tabela 2 – Valores de densidade óptica (Grupo II)

<b>Grupo II (9) – Modelo (0,32 s)</b>						
	Dentina			Canal		
<b>1</b>	0,88	0,89	0,89	0,91	0,91	0,91
<b>2</b>	0,92	0,93	0,92	0,97	0,97	0,96
<b>3</b>	0,86	0,86	0,85	0,92	0,92	0,92
<b>4</b>	0,89	0,89	0,89	0,91	0,91	0,91
<b>5</b>	0,88	0,87	0,87	0,91	0,91	0,92
<b>6</b>	0,94	0,94	0,93	0,97	0,96	0,96
<b>7</b>	0,88	0,88	0,88	0,92	0,92	0,92
<b>8</b>	0,90	0,90	0,90	0,94	0,94	0,94
<b>9</b>	0,90	0,90	0,90	0,94	0,95	0,94

Tabela 3 – Valores de densidade óptica (Grupo III)

<b>Grupo III (9) – Modelo (0,25 s)</b>						
	Dentina			Canal		
<b>1</b>	0,80	0,80	0,80	0,82	0,82	0,82
<b>2</b>	0,80	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81
<b>3</b>	0,84	0,84	0,84	0,82	0,82	0,81
<b>4</b>	0,82	0,82	0,81	0,79	0,79	0,79
<b>5</b>	0,77	0,79	0,78	0,77	0,76	0,77
<b>6</b>	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80
<b>7</b>	0,81	0,81	0,81	0,84	0,85	0,84
<b>8</b>	0,82	0,82	0,82	0,82	0,83	0,83
<b>9</b>	0,78	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80



Tabela 4 – Valores de densidade óptica (Grupo IV)

<b>Grupo IV (9) – Modelo (0,2 s)</b>						
	Dentina			Canal		
<b>1</b>	0,68	0,68	0,67	0,68	0,68	0,69
<b>2</b>	0,68	0,68	0,68	0,70	0,70	0,70
<b>3</b>	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71
<b>4</b>	0,69	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69
<b>5</b>	0,69	0,68	0,68	0,72	0,71	0,71
<b>6</b>	0,69	0,68	0,69	0,70	0,69	0,70
<b>7</b>	0,69	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70
<b>8</b>	0,71	0,70	0,71	0,72	0,72	0,72
<b>9</b>	0,72	0,71	0,72	0,72	0,72	0,73

A avaliação da normalidade da distribuição das amostras, de acordo com os testes de Kolmogorov-Smirnof, determinou que os valores de densidade óptica das amostras apresentaram distribuição normal em dentina ( $p=0,616$ ) e canal radicular ( $p=0,751$ ).

Porém, a análise da distribuição amostral entre os grupos mostrou que estes não apresentaram homocedasticidade (teste de Levene,  $p=0,000$ ). Desta forma, para a comparação entre os valores médios dos grupos, optou-se pela aplicação dos testes não-paramétricos Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, com correção de Bonferroni (LUIZ; COSTA; NADANOVSKY, 2005).

Para a aplicação destes testes, foram considerados os valores médios das três mensurações (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores médios de densidade óptica por grupo

<b>PACIENTES</b>		<b>MODELO EXPERIMENTAL</b>					
Grupo I (9) 0,25 s		Grupo II (9) 0,32s		Grupo III (9) 0,25s		Grupo IV (9) 0,2s	
<b>Dentina</b>	<b>Canal</b>	<b>Dentina</b>	<b>Canal</b>	<b>Dentina</b>	<b>Canal</b>	<b>Dentina</b>	<b>Canal</b>
0,926	0,973	0,886	0,910	0,800	0,820	0,676	0,683
0,820	0,850	0,923	0,966	0,800	0,810	0,680	0,700
0,670	0,686	0,856	0,920	0,816	0,840	0,700	0,710
0,830	0,870	0,890	0,910	0,790	0,816	0,683	0,690
0,693	0,730	0,873	0,916	0,766	0,780	0,683	0,713
0,710	0,730	0,936	0,963	0,790	0,800	0,686	0,696
0,723	0,750	0,880	0,920	0,810	0,843	0,690	0,696
0,716	0,750	0,900	0,940	0,820	0,826	0,706	0,720
0,830	0,870	0,900	0,943	0,780	0,793	0,716	0,723

Avaliando-se os valores médios das densidades ópticas das radiografias em dentina, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre grupos ( $p=0,000$ ). O grupo I apresenta-se com valores de densidade inferiores ao grupo II ( $p=0,003$ ) e superiores ao grupo IV ( $p=0,014$ ). Não há diferença significativa entre os valores médios de densidade óptica entre os grupos I e III ( $p=0,666$ ).

Avaliando-se os valores médios das densidades ópticas das radiografias no canal radicular, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre grupos ( $p=0,000$ ). O grupo I apresenta-se com valores de densidade inferiores ao grupo II ( $p=0,004$ ) e superiores ao grupo IV ( $p=0,003$ ). Não há diferença significativa entre os valores médios de densidade óptica entre os grupos I e III ( $p=0,730$ ).

Durante a execução dos testes, o programa disponibiliza para comparação, os valores médios globais de cada grupo, assim como os valores de desvio-padrão das amostras (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias globais e desvio-padrão em dentina e canal radicular, por grupos.

<b>Grupo</b>	<b>Local</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio-padrão</b>
<b>I</b>	Dentina	0,76867	0,085640
	Canal	0,80100	0,093552
<b>II</b>	Dentina	0,89378	0,024591
	Canal	0,93200	0,21835
<b>III</b>	Dentina	0,79689	0,017410
	Canal	0,81422	0,020945
<b>IV</b>	Dentina	0,69111	0,013374
	Canal	0,70344	0,013749

Ao aplicar-se o teste de correlação de Pearson, observou-se em relação ao grupo I, uma forte correlação (linear), entre os valores de densidade óptica da dentina e do canal radicular ( $r = 0,998$ ). Os grupos 2, 3 e 4 apresentaram os seguintes valores de correlação:  $r=0,844$  para o grupo II,  $r = 0,908$  para o grupo III e  $r = 0,827$  para o grupo IV.

## 6 DISCUSSÃO

A busca da precisão necessária para execução dos procedimentos endodônticos se revela como um dos objetivos primordiais das pesquisas endodôntico/radiográficas.

Contraditoriamente, ocorre que a maioria dos modelos de estudo das pesquisas *in vitro* desprezam, ou são incapazes de reproduzir, a presença dos tecidos moles, um dos fatores mais importantes que caracterizam os exames radiográficos de pacientes.

Essa negligência, porém, pode afetar a capacidade diagnóstica dos exames, muitas vezes comprometendo a validade das avaliações, conforme afirmação de Bóscolo et al. (2001).

Isso torna evidente a necessidade de disponibilização de um modelo de estudo que seja capaz de simular, *in vitro*, condições similares às encontradas *in vivo*.

Na busca de modelos, diversas pesquisas de interesse endodôntico, como as de Barthel, Zimmer e Trope (2004), Burger et al. (1999), Günday, Sazak e Garip (2005), Lozano, Forner e Llena (2002), Mentis e Gencoglu (2002), Sheaffer et al. (2003) e de Sidney, Batista e De Melo (1991), desconsideraram a existência dos tecidos moles, preocupando-se exclusivamente com o controle e a padronização dos fatores geométricos ligados à formação de imagens e do processamento das amostras.

Outros estudos, como os de Akdeniz e Sogur (2005), Borg e Gröndal (1996), Hintze e Wenzel (1996), Meier et al. (1996), Okano et al. (1983), Pace (2002), Shearer, Horner e Wilson (1996), Vale e Bramante (2002) e Yoshiura et al. (1999),

demonstrando inteirarem-se das alterações promovidas pela presença dos tecidos moles, utilizaram diversos materiais para tentar reproduzir *in vitro* a atenuação do feixe de radiação.

Destaca-se, nas metodologias desses trabalhos, que à exceção do estudo de Hintze e Wenzel (1996), há a preocupação simultânea de simular a presença dos tecidos moles e de padronizar as tomadas e o processamento das imagens.

Também interessados em reproduzir as condições clínicas, Manson-Hing (2005) e Schaeffer, White e Walton (2005), determinaram que somente radiografias *in vivo* fossem utilizadas como amostras para as análises.

Porém, mesmo nos trabalhos em que se utilizou algum dispositivo para a atenuação do feixe de radiação, a análise comparativa dos resultados fica prejudicada pela falta de padronização destes. Um exemplo disso é dado nos estudos de Akdeniz e Sogur (2005) e de Meier et al. (1996), que utilizaram um bloco semelhante, composto por um material denominado Plexiglass. A comparação poderia ser realizada caso os autores não tivessem utilizado espessuras diferentes do material e avaliado diferentes aspectos endodônticos.

Aprofundando-se na análise da literatura, valem ser comentados os trabalhos de Kaffe (1990) e de Okano et al. (1983). O primeiro utilizou um material denominado Mix-D, enquanto o segundo utilizou um modelo de estudo alternativo denominado 501-A. Ocorre que, como estes artefatos não foram alvos de experimentações prévias nem tiveram suas validades atestadas por nenhuma publicação contida nas referências destes artigos, a despeito de sua funcionalidade ficam questionadas as suas utilizações.

Diante disso, como avaliar um modelo experimental para a finalidade de estudos endodôntico/radiográficos? É de se esperar que, dentre as estruturas de

interesse para a prática endodôntica, as imagens *in vitro* do sistema de canais radiculares e da dentina radicular tenham, prioritariamente, similaridades com as radiografias *in vivo*.

A utilização isolada de escalas de alumínio, dentes ou peças anatômicas dissecadas, certamente apresentarão variações quanto à densidade óptica das imagens geradas que influenciarão as avaliações, em especial quando fundamentadas em análises subjetivas de avaliadores.

O trabalho de Camps, Pommel e Bukiet (2004), em que foram corrigidos os tons de cinza de radiografias escaneadas com base em imagens previamente digitalizadas contendo uma escala de alumínio, é exemplo de tal limitação. Devido à aplicação de apenas um tempo de exposição para as tomadas de diferentes grupamentos dentários, a referência dada pela escala de alumínio pode não ter promovido a otimização necessária das imagens. Além disso, a falta de controle do processamento forneceu uma amostra subjetivamente corrigida para a também subjetiva análise de avaliadores, ao final do experimento.

Nesses casos, essa limitação poderia ser contornada com a adoção de alguns critérios. A utilização de cores distintas durante as avaliações, conforme realizado por Nicopoulou-Karayianni et al. (2002), ou a análise estatística prévia da performance dos avaliadores, como realizado por Shearer, Wasti e Wilson (1996) e Cederberg et al. (1998), poderiam ter contribuído para minimizar o problema.

A propósito da avaliação de imagens digitais em estudos endodônticos, é importante salientar que para converter valores de densidade radiográfica em valores de densidade óptica, referindo-se às definições de densidade determinados por Pavan e Tavano (2000), é necessário estabelecer previamente uma correlação científica entre estes, assim como fizeram Dubrez et al. (1992). Convertê-los

diretamente como no estudo de Yoshiura et al. (1999), sem determinar um indexador científico de correlação, não é recomendável. Menos ainda, quando se comparam imagens digitais de peças anatômicas secas tomadas com o mesmo tempo de exposição recomendado para pacientes, como realizado por Borg e Gröndal (1996).

Deste modo, com o propósito de realizar uma avaliação do modelo experimental proposto, o presente estudo realizou uma análise comparativa de radiografias periapicais convencionais deste modelo com radiografias de pacientes. Os exames periapicais convencionais foram adotados por representarem o sistema de avaliação de imagens mais utilizado pelos endodontistas

Para viabilizar a comparação, promoveu-se a padronização dos filmes utilizados, das projeções durante as tomadas e do processamento das radiografias, criando condições para avaliar diferentes estruturas de interesse endodôntico.

O critério de avaliação utilizado foi a densidade óptica das imagens das estruturas, mensurada com a utilização de aparelho fotodensitômetro digital (MRA<sup>®</sup>), repetindo Pavan e Tavano (2000). A utilização deste aparelho conferiu certificação científica aos resultados, evitando variações oriundas de critérios subjetivos de análise.

Os pontos médios das dentinas e dos canais radiculares foram escolhidos por representarem porções intermediárias de estruturas de interesse, considerando o comprimento radicular como Shearer, Horner e Wilson (1990). A limitação determinada pelo tamanho mínimo da área de análise do aparelho fotodensitômetro (1 mm), também exerceu influência na escolha dos pontos de análise, uma vez que impediu a análise de estruturas mais estreitas. Pontos mais cervicais foram evitados para evitarem-se influências nas avaliações, dada a variação do nível das cristas ósseas alveolares.

A adoção de diversos tempos de exposição para as tomadas do modelo experimental visou comparar as variações médias das densidades ópticas das imagens com as variações de densidade das imagens dos pacientes (produzidas pela variação das densidades e espessuras dos tecidos de cada indivíduo). Desse modo, possibilitou-se identificar qual o nível de exposição mais adequado para as tomadas radiográficas do modelo, quando da utilização de um aparelho de raio-x com características similares às do aparelho utilizado.

O número de mensurações de cada ponto (três), foi determinado para que se possibilitasse a adoção de um valor médio, o que anula a influência de mínimas variações de leitura do aparelho provocadas por fatores externos, conforme executado por Bernstein et al. (2003).

O número de imagens da amostra obedeceu ao determinado pelo cálculo amostral, servindo, também, para eliminar influências provenientes de possíveis falhas de reprodutibilidade da kilovoltagem-pico do aparelho, ou seja, da intensidade do feixe de radiação do aparelho de raio-x. Essas variações, provenientes de oscilações na corrente elétrica, também foram minimizadas com a utilização de um aparelho retificador de corrente (Gendex 765 DC – General Electric<sup>®</sup>; 60 KVp e 10 mAs ).

Obtidos os resultados, com a análise estatística pôde-se comprovar que o modelo de estudo avaliado é capaz de produzir imagens semelhantes a de pacientes, visto que as densidades ópticas da dentina ( $p= 0,616$ ) e do canal ( $p= 0,751$ ) do grupo III não apresentaram diferenças estatisticamente significativas das densidades das radiografias dos pacientes (grupo I).

Ainda de acordo com esses dados, observou-se que diante do fato de o grupo III apresentar imagens com densidades ópticas mais próximas às dos pacientes, fica



indicado o tempo de exposição de 0,25 segundos como o tempo de exposição ideal para as tomadas do modelo. Como este tempo foi idêntico ao tomado para o grupo I (pacientes), conclui-se que para a obtenção de radiografias deste modelo deve-se utilizar o mesmo tempo de exposição indicado para os pacientes, de acordo com o aparelho utilizado.

Adicionalmente, a igualdade do tempo de exposição do grupo III com o tempo de exposição das radiografias do grupo I (pacientes), também atesta a proximidade das características radiográficas do modelo com as características radiográficas de indivíduos vivos.

A aplicação do teste de correlação de Pearson mostrou correlação linear entre as densidades ópticas de dentina e canal em cada grupo. Em especial no grupo I, que apresentou correlação muito acentuada entre as densidades das estruturas ( $r = 0,998$ ).

Avaliando os valores de correlação obtidos para os demais grupos, a maior proximidade foi encontrada entre o grupo I e III, confirmando sua indicação como o grupo que ofereceu imagens com características mais próximas às dos pacientes.

Desse modo, a certificação científica da qualidade deste modelo de estudo propicia, dentre diversas possibilidades, o desenvolvimento de manequins mais adequados às práticas pré-clínicas de estudantes de Endodontia, inclusive para as tomadas radiográficas, o que permitirá um treinamento mais próximo da realidade dos consultórios, além da tão esperada interação entre ensino e pesquisa.

## 7 CONCLUSÕES

Após atenta revisão de literatura, execução criteriosa da metodologia selecionada e análise dos resultados obtidos foi possível concluir que:

- O modelo proposto é capaz de produzir imagens radiográficas *in vitro* semelhantes às imagens *in vivo*.
- O modelo experimental proposto é adequado para a utilização científica em estudos radiográficos endodônticos.
- O tempo de exposição indicado para a sua utilização corresponde ao mesmo tempo de exposição indicado para radiografias de adultos.

## REFERÊNCIAS

- AKDENIZ, B. G.; SOGUR, E. An ex vivo comparison of conventional and digital radiography for perceived image quality of root fillings. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 38, n. 6, p. 397-401, June 2005.
- ALVARES, L. C.; TAVANO O. **Curso de Radiologia em Odontologia**. 4. ed. São Paulo: Santos, 1999.
- BARTHEL, C. R.; ZIMMER, S.; TROPE, M. Relationship of radiologic and histologic signs of inflammation in human root-filled teeth. **J. Endod.**, Baltimore, v. 30, n. 2, p. 75-79, Feb. 2004.
- BORG, E.; GRÖNDAL, H. G. Endodontic measurements in digital radiographs acquired by a photostimulable storage phosphor system. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 12, n. 1, p. 20-24, Feb. 1996.
- BÓSCOLO, F. N. et al. Estudo clínico comparativo da qualidade de imagem de três sistemas radiográficos digitais, filme E-speed e filme digitalizado. **Pesq. Odont. Bras.**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 327-333, out./dez. 2001.
- BERNSTEIN, D. I. et al. Perceived quality of radiographic images after rapid processing of D- and F-speed direct-exposure intraoral x-ray films. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 96, n. 4, p. 486-491, Oct. 2003.
- BURGER, C. L. et al. Direct digital radiography versus conventional radiography for estimation of canal length in curved canals. **J. Endod.**, Baltimore, v. 25, n. 4, p. 260-263, Apr. 1999.
- CAMPS, J.; POMMEL, L.; BUKIET, F. Evaluation of periapical lesion healing by correction of gray values. **J. Endod.**, Baltimore, v. 30, n. 11, p. 762-766, Nov. 2004.
- CEDERBERG, R. A. et al. Endodontic working length assessment: Comparison of storage phosphor digital imaging and radiographic film. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 85, n. 3, p. 325-328, Mar. 1998.
- CEDERBERG, R. A. et al. Effect of different background lighting conditions on diagnostic performance of digital and film images. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Oxford, v. 27, n. 5, p. 293-297, Sept. 1998.
- DUBREZ, B. et al. Comparison of photodensitometric with high-resolution digital analysis of bone density from serial dental radiographs. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Oxford, v. 21, n. 1, p. 40-44, Feb. 1992.
- FOLK, R. B. et al. Comparison of two different direct digital radiography systems for the ability to detect artificially prepared periapical lesions. **J. Endod.**, Baltimore, v. 31, n. 4, p. 304-306, Apr. 2005.

GRÖNDAHL, K.; GRÖNDAHL, H. G.; OLIVING, A. A comparison of Kodak Ektaspeed and Ultraspeed films for detection of periodontal bone lesions. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Oxford, v. 12, n. 1, p. 43-46, 1983.

GÜNDAY, M.; SAZAK, H.; GARIP, Y. A comparative study of three different root canal curvature measurement techniques and the measuring canal access angle in curved canals. **J. Endod.**, Baltimore, v. 31, n. 11, p. 796-798, Nov. 2005.

HINTZE, H.; WENZEL, A. Clinical and laboratory radiographic caries diagnosis. A study of the same teeth. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Oxford, v. 25, n. 3, p. 115-118, June 1996.

KAFFE, I. Objective and subjective analysis of the image quality of two E- speed dental x-ray films. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Oxford, v. 2, n. 19, p. 55-58, May 1990.

LEE, S. J.; MESSER, H. H. Radiographic appearance of artificially prepared periapical lesions confined to cancellous bone. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 19, n. 2, p. 64-72, Mar. 1986.

LOZANO, A.; FORNER, L.; LLENA, C. In vitro comparison of root-canal measurements with conventional and digital radiology. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 35, n. 6, p. 542-550, June 2002.

LUIZ, R. R.; COSTA, A. J. L.; NADANOVSKY, P. **Epidemiologia e bioestatística na pesquisa odontológica**. São Paulo: Atheneu, 2005.

LYROUDIA, K. et al. Virtual Endodontics: Three-dimension tooth volume representations and their pulp cavity access. **J. Endod.**, Baltimore, v. 28, n. 8, p. 599-602, Aug. 2002.

MANSON-HING, L. R. X-ray evidence of mechanical trauma. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 100, n. 2, p. S67-S74, Aug. 2005.

MARTÍNEZ-LOZANO, M. A.; FORNER-NAVARRO, L.; SANCHÉZ-CORTÉS, J. L. Analysis of radiologic factors in determining premolar root canal systems. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 88, n. 6, p. 719-722, Dec. 1999.

MARTÍNEZ-LOZANO, M. A. et al. Methodological considerations in the determination of working length. **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 34, n. 5, p. 371-376, July 2001.

MEIER, A. W. et al. Interpretation of chemically created periapical lesions using direct digital imaging. **J. Endod.**, Baltimore, v. 22, n. 10, p. 516-520, Oct. 1996.

MENTES, A.; GENCOGLU, N. Canal length evaluation of curved canals by direct digital or conventional radiography. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 93, n. 1, p. 88-91, Jan. 2002.

MOL, A.; DUNN, S. M. The performance of projective standardization for digital subtraction radiography. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 96, n. 3, p. 373-382, Sept. 2003.

NAOUM, H. J.; CHANDLER, N. P.; LOVE, R. M. Conventional versus storage phosphor-plate digital images to visualize the root canal system contrasted with a radiopaque medium. **J. Endod.**, Baltimore, v. 29, n. 5, p. 349-352, May 2003.

NICOPOULOU-KARAYIANNI, K. et al. Image processing for enhanced observer agreement in the evaluation of periapical bone changes. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 35, n. 7, p. 615-622, July 2002.

OKANO, T. et al. Effective exposure level and diagnostic performance in endodontic radiography. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 55, n. 5, p. 527-536, May 1983.

PACE, S. B. **Avaliação comparativa da visualização de limas de fino calibre utilizando radiografias convencionais e digitais.** 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2002.

PAVAN, A. J.; TAVANO, O. Avaliação da solução Kodak no que se refere às densidades ótica e radiográfica, analisadas pelo fotodensitômetro MRA e pelo sistema digital Digora, no filme Kodak DF-58. **Rev. FOB**, Bauru, v. 8, n. 1-2, p. 51-57, jan./jun. 2000.

SANDERINK, G. C. H. et al. Image quality of direct digital intraoral x-ray sensors in assessing root canal length. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 78, n. 1, p. 125-132, July 1994.

SCHAEFFER, M. A.; WHITE, R. R.; WALTON, R. E. Determining the optimal obturation length: A meta-analysis of the literature. **J. Endod.**, Baltimore, v. 31, n. 4, p. 271-274, Apr. 2005.

SHEAFFER, J. C. et al. Endodontic measurement accuracy and perceived radiograph quality: Effects of film speed and density. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 96, n. 4, p. 441-448, Oct. 2003.

SHEARER, A. C.; HORNER, K.; WILSON, N. H. F. Radiovisiography for imaging root canal: an in vitro comparison with conventional radiography. **Quintessence International**, Hanover Park, v. 21, n. 10, p. 789-794, Oct. 1990.

SHEARER, A. C.; WASTI, F.; WILSON, N. H. F. The use of a radiopaque contrast medium in endodontic radiography. **Int. Endod. J.**, Oxford, v. 29, n. 2, p. 95-98, Mar. 1996.

SIDNEY, G. B.; BATISTA, A.; DE MELO, L. L. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation in vitro. **J. Endod.**, Baltimore, v. 17, n. 11, p. 570-572, Nov. 1991.

VALE, I. S.; BRAMANTE, C. M. Visibilidade de algumas limas endodônticas por meio do sistema de imagem digital digora e de três filmes radiográficos periapicais. **Rev. FOB**, Bauru, v. 10, n. 1, p. 29-33, jan./mar. 2002.

YOSHIURA, K. et al. Assessment of image quality in dental radiography, part 1: Phantom validity. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, Saint Louis, v. 87, n. 1, p. 115-122, Jan. 1999.

**ANEXOS**

**ANEXO A**



**ANEXO B****FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

A pesquisa “AVALIAÇÃO DE UM MODELO EXPERIMENTAL PARA ESTUDOS RADIOGRÁFICOS EM ENDODONTIA” visa melhorar o tratamento endodôntico (tratamento de canal) dos pacientes e o desenvolvimento de outras especialidades odontológicas.

O objetivo desta pesquisa é procurar melhorar o índice de diagnóstico dos canais, evitando assim, conseqüências indesejáveis ao paciente.

A sua participação é importante, e, para isso, você terá que permitir que seja obtida uma cópia da radiografia que foi solicitada pelo seu dentista. Para isto usaremos filme duplo, adequado para que você não seja exposto desnecessariamente à radiação, sem que nenhum custo adicional lhe seja cobrado.

Caso você queira participar, nenhum outro exame será realizado e sua privacidade será respeitada, não havendo possibilidade de você ser identificado. Ainda lhe será garantido o direito de se retirar da pesquisa assim que o desejar.

Caso você não queira participar, você será atendido normalmente.

Esta pesquisa foi aprovada pela Comissão de Pesquisa em Odontologia e pelo Comitê de Ética em pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de Taubaté.

**AUTORIZAÇÃO**

Assim, eu, \_\_\_\_\_, me declaro devidamente informado(a) sobre a pesquisa e concordo, por minha livre escolha, em participar do trabalho.

Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006.

\_\_\_\_\_  
Nome e nº Carteira Identidade

Qualquer dúvida poderá ser esclarecida pelo pesquisador responsável:  
MAURÍCIO AUGUSTO AQUINO DE CASTRO (Fone: 31-9111 5152)

**ANEXO C**