

**JOSÉ RAUL GIRONDI**

**VALIDAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE CALIBRAGEM DE MEDIDAS EM  
TRÊS SISTEMAS DE RADIOGRAFIA DIGITAL**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da  
Universidade de São Paulo, para obter o título de  
Doutor, Pelo Programa de Pós-Graduação em  
Odontologia.

Área de Concentração: Diagnóstico Bucal

São Paulo  
2006

**José Raul Girondi**

**Validação das ferramentas de calibragem de medidas em três sistemas de radiografia digital**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obter o título de Doutor, Pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Área de Concentração: Diagnóstico Bucal

Orientador: Prof. Dr. Jurandyr Panella

São Paulo  
2006

Catálogo-na-Publicação  
Serviço de Documentação Odontológica  
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Girondi, José Raul

Validação das ferramentas de calibragem de medidas em três sistemas de radiografia digital / José Raul Girondi; orientador Jurandyr Panella. -- São Paulo, 2006.

102p., 30 cm.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Diagnóstico Bucal) -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

1. Intensificação de imagens radiográfica – Calibragem de medidas
2. Diagnóstico por imagem (Odontologia)

CDD 616.0757  
BLACK D622

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE E COMUNICADO AO AUTOR A REFERÊNCIA DA CITAÇÃO.

São Paulo, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura:

E-mail:

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Girondi JR. Validação das ferramentas de calibragem de medidas em três sistemas de radiografia digital [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2006.

São Paulo, \_\_\_\_/\_\_\_\_/ 2006.

1) Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

2) Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

3) Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

4) Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

5) Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

A minha esposa Sônia pela sua  
dedicação e amor.

Aos meus filhos, Gustavo e Camila,  
**razões da minha existência.**

**Ao Prof. Dr. Jurandyr Panella, meu orientador, meus  
agradecimentos pela oportunidade, a mim oferecida, de  
ampliar meus horizontes.**

## **AGRADECIMENTOS**

À Profa. Dra. Marlene Fenyo S. M. Pereira pela contribuição na elaboração desse trabalho.

Aos C. D. Tiago Gorgulho Zanet e Angélica Hernandez pela enorme colaboração no nosso trabalho.

Aos que colaboraram, na condição de observadores, que deixaram suas obrigações e dedicaram algumas horas para que esse trabalho pudesse ser desenvolvido.

Aos professores da Disciplina de Radiologia da FOU SP pela contribuição na minha formação na carreira acadêmica.

Às secretárias Maria Cecília Forte Muniz e Iracema Mascarenhas Pires pela constante colaboração e orientação nos procedimentos burocráticos.

Às funcionárias da CPG pelo auxílio constante na orientação dos procedimentos a serem respeitados.

Às bibliotecárias Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, Solange Alves Otto Franco e Glauci E. Fidelis pela ajuda prestimosa de todas as horas.

Gironi JR. Validação das ferramentas de calibragem de medidas em três sistemas de radiografia digital [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2006.

## RESUMO

O desenvolvimento tecnológico busca fatores que possibilitem uma menor exposição do paciente e profissional aos raios ionizantes, maior agilidade no atendimento ao paciente e maior auxílio no desenvolvimento do diagnóstico final. Assim a associação entre informática e radiologia básica, traduzidas como radiologia digital, fez-se conseguir os fatores buscados. Uma ferramenta dos sistemas digitais é a calibração prévia às medidas. Com essas observações avaliamos tais ferramentas de três sistemas de radiografias digitais, objetivando validar e comprovar sua eficácia nas metodologias dos trabalhos presentes e futuros. Para tanto utilizamos 20 dentes humanos secos provindos do Banco de Dentes Permanentes da FOUASP, os quais foram radiografados com o auxílio de três sistemas de radiografia digital, direto e semidireto (Digora, RVG Trophy e Visualix). O padrão ouro das medidas dos dentes foi a verificação das dimensões dos dentes por meio de um paquímetro digital e posteriormente comparados os seus padrões de medidas com os softwares dos respectivos sistemas. Os resultados foram analisados estatisticamente pelo ANOVA (métodos de Tukey e Dunnett), chegando às seguintes conclusões: existe diferença significativa entre os aparelhos  $p < 0,001$ ; a média das medidas obtidas houve diferença significativa ( $p < 0,001$ ) com o aparelho Digora foi menor que as médias obtidas com os aparelhos das marcas Visualix



e RVG; considerando-se o padrão A e o padrão B de calibragem, não existe diferença estatística significativa entre os avaliadores; considerando-se a calibragem sem padrão, um dos avaliadores obteve média mais elevada que os demais avaliadores no caso das medidas realizadas com o aparelho Digora, porém este fato não se repetiu quando da utilização dos outros aparelhos; comparando-se as medidas de referência (paquímetro) observa-se que mais uma vez o aparelho Digora (padrão A, padrão B e sem padrão) apresentou diferença significativa; os aparelhos das marcas Visualix e RVG não mostraram diferenças significativas quando comparados com o valor de referência.

Palavras-Chave: Radiografia digital – Sensor CCD – Sensor placa de fósforo  
Odontometria

Girondi JR. Assessment of calibration tools of three digital radiography systems [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2006.

## **ABSTRACT**

Technological development aims at reducing exposure of both the professional and the patient to ionizing radiation, improving patient treatment and aiding final diagnosis. The combination of computer technology and radiology, i.e. digital radiography, has made this possible. One of the tools of digital radiography systems is calibration prior to measurement. The purpose of this study was to assess the calibration tools of three digital radiography systems to verify their efficacy. Twenty human teeth obtained from the Human Teeth Bank of the School of Dentistry, University of São Paulo, were used. The dry teeth were radiographed using three different direct digital radiography systems Digora, RVG Trophy and Visualix. The measurements of the teeth obtained with a digital caliper were considered the gold standard. These measurements were later compared with those obtained using the digital systems. The results were submitted to ANOVA (methods of Tukey and Dunnett), and the following conclusions were drawn: there was a significant difference between the systems used ( $p < 0.001$ ); the averages of the measurements obtained with the three systems were significantly different ( $p < 0,001$ ). Visualix and RVG were more accurate than Digora considering A and B calibration standards, no significant difference was observed between the examiners; when there was no calibration standard and the Digora system was used, one examiner obtained more high averages measurements than the others; when there was no calibration

standard and Visualix or RVG systems were used, no differences were observed between the examiners; the measurements obtained with Digora system (standards A, B or no standard) were statistically different from the gold standard the measurements obtained with Visualix and RVG systems presented no significant difference when compared with the gold standard.

Keywords: Digital radiography – CCD sensor – phosphor plate system – Odontometry.

## SUMÁRIO

	p.
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3 PROPOSIÇÃO.....	61
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	62
5 RESULTADOS .....	68
6 DISCUSSÃO .....	80
7 CONCLUSÕES.....	92
REFERÊNCIAS.....	93
ANEXOS .....	101

# 1 INTRODUÇÃO

A constante preocupação com os efeitos deletérios das radiações ionizantes resultaram em novas e profundas transformações no campo do diagnóstico por imagem.

A partir destas preocupações, medidas como aperfeiçoamento dos aparelhos, utilização de filmes mais sensíveis e que, portanto, necessitam de um menor tempo de exposição aos raios X, maior atenção relacionada à indicação da técnica e maior acurácia dos exames por imagens fez surgir, na década de 80 os primeiros aparelhos de radiografia digital com aplicação na Odontologia, desencadeando, assim, inúmeras pesquisas e inovações tecnológicas nessa área, adaptando-se às tendências científicas e clínicas, trazendo uma renovação completa dos conceitos e aspectos técnicos da qualidade radiográfica, bem como da sua aplicação.

Podemos definir a radiografia digital como sendo o resultado final da associação dos princípios básicos da Radiologia convencional com os conhecimentos da Informática. De acordo com Chilvarquer (1995), a absorção e o domínio do conhecimento crescem em progressão aritmética e a tecnologia em progressão geométrica.

A imagem digital é obtida pela passagem de um feixe de radiação X por um objeto, registrada em uma superfície, e transferida para um computador. A superfície pode ser uma película radiográfica convencional, um sensor eletrônico, ou ainda uma placa óptica à base de fósforo foto-estimulável, as quais são utilizadas por métodos

direto, indireto ou semidireto, ficando na dependência do sistema empregado (VAN DER STELT, 2000).

O termo digital origina-se do processamento da imagem pelo computador que converte um sinal analógico em um sinal digital. Os sinais são transformados em unidades de informação chamada pixel. Cada pixel recebe um valor numérico que depois é decodificado pelo computador em tons de cinza.

A idéia de que uma imagem pode ser codificada por números é o princípio básico do sistema digital. Números podem ser somados, subtraídos, multiplicados, divididos, comparados, impressos e transmitidos via computador. Isto permite que o operador ajuste uma imagem da forma que lhe convier ou que for necessária, favorecendo dessa forma o processo de diagnóstico (KHADEMI, 1996).

Entretanto, a premissa para validação desta tecnologia é o domínio dos aspectos radiográficos, da anatomia dentomaxilofacial e das possíveis variações dentro da normalidade e das alterações patológicas. Além de um criterioso protocolo para eleição da técnica mais adequada a cada situação.

A busca da excelência na Odontologia é uma característica da conscientização e integração de conhecimentos em todas as áreas, visando, dessa forma, uma melhoria na qualidade dos procedimentos diagnósticos e clínicos. Os avanços tecnológicos valorizam a cada dia as informações e aplicações obtidas por meio de sistemas de imagem digital. Ainda assim, a administração eficiente e a comunicação de informações entre profissionais são essenciais para se obter e manter um excelente padrão de qualidade desses procedimentos.

Em função da importância da utilização dos exames por imagem, a precisão como recurso auxiliar de diagnóstico, anunciada pelos fabricantes e o aumento da

utilização dos sistemas de radiografias digitais, objetivamos avaliar recursos de mensuração em três diferentes sistemas de radiografia digital, utilizando a ferramenta de correção das mensurações, para validação dos mesmos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Os primeiros sistemas de radiografias digitais aplicados à Odontologia surgiram nos anos 80 com o sistema de Radiovisiografia. Em 1981, a Fuji Photo Company (Tóquio, Japão) lançou no mercado a radiografia computadorizada por meio de placas de fósforo. Seus princípios foram descritos por Sonoda (1983).

Baxes (1984) publicou um trabalho sobre a utilização do processamento digital de imagens observadas nas pesquisas realizadas até então. Segundo o autor, os recursos mais empregados quanto ao tratamento destas referiam-se à análise propriamente dita da imagem por meio de intensificação de brilho e contraste ou da avaliação estatística de algum aspecto alterado, por meio de histogramas. A arte de observação das imagens pode utilizar três meios: processamento óptico, analógico e digital. O processamento óptico utiliza manobras com o objetivo de alterar a imagem tornando-a melhor ou mais atraente. Quanto ao processamento analógico, este altera a imagem utilizando meios eletrônicos, desde que estes tenham sido previamente transformados em sinais eletrônicos, por exemplo: ajuste de amplitude para aumentar ou diminuir a densidade da imagem. E finalmente, o processamento digital, que ocorre com auxílio do computador, em que a imagem é representada por pontos individuais (pixels), que apresentam uma localização numérica em colunas e linhas e um brilho também numérico, que varia de 0 (zero) a 255 tons de cinza. Resolução espacial é a quantidade de pixels que formam a imagem digital. Portanto, quanto mais pares de linhas a imagem apresentar, melhor será o detalhe. O autor ainda sugere que o olho



humano é muito mais sensível a mudanças de intensidade de brilho em regiões escuras da imagem do que em regiões claras. Outro recurso utilizado para saber quais modificações de contraste seriam melhores para observação da imagem, é o histograma. Esse recurso é apresentado em forma de gráfico, tendo no seu eixo horizontal o brilho (0 a 255 tons de cinza) e no eixo vertical o número de pixels (resolução espacial). Decorrente da utilização do computador, a alteração dos valores de brilho e contraste ocorre com facilidade e rapidez, o que já não acontece com os processamentos convencionais.

Wenzel (1987) avaliou as imagens digitais obtidas pelo método indireto com diferentes resoluções, tendo como finalidade verificar qual o menor espaço possível para a teletransmissão e que ao mesmo tempo não interferisse na qualidade da imagem inicial. Os resultados mostraram que imagens com 512 x 512 de resolução espacial e com 64 tons de cinza eram suficientes para manter a qualidade da radiografia original e eram passíveis de serem teletransmitidas.

No ano seguinte, o mesmo autor (WENZEL, 1988) continuou estudando as imagens digitalizadas, ainda com o objetivo de aferir a acurácia de diagnóstico das imagens radiográficas obtidas por meio de uma câmera de vídeo acoplada a um computador. Nesse trabalho, também foi avaliada a alteração do tempo de exposição aos raios X e, conseqüentemente, as diferentes densidades das imagens obtidas. Após a digitalização das imagens, filtros especiais foram empregados com a finalidade de melhorar o contraste das radiografias, sendo então avaliadas por diferentes examinadores. As radiografias iniciais serviram de parâmetro de comparação. Os resultados permitiram concluir que as radiografias com menor densidade eram insatisfatórias para fins diagnósticos e que, apesar disso, era possível reduzir o tempo

de exposição aos raios X em até quatro vezes para se obter uma radiografia satisfatória.

Todavia, somente após o trabalho realizado por Mouyen et al. (1989), sobre Radiovisiografia é que esse novo sistema de exame por imagem, ou seja, a radiografia digital, ganhou um impulso maior. Segundo os autores, a Radiovisiografia foi lançada na Inglaterra pela Trophy Radiologie e era um sistema revolucionário que aliava um equipamento de raios X convencional com os recursos da Informática e que permitia observar a imagem radiográfica diretamente na tela do computador. A porção Radio do sistema era composta por um aparelho de raios X convencional acoplado a um microprocessador de tempo, bastante preciso e com capacidade de marcar tempos mínimos de exposição a essas radiações (cerca de 0,02 s). O sensor apresentava uma área de  $17 \times 26 \text{ mm}^2$ , ou seja, apropriado às dimensões da cavidade bucal e era formado por uma tela de cintilação e conectado a um cabo de fibra óptica. Já a porção Visio envolvia a parte de processador de imagens, onde eram armazenados os sinais recebidos durante a tomada radiográfica, convertendo-os imediatamente, ponto a ponto, em um dos 256 tons diferentes de cinza. Essa imagem armazenada podia ser manipulada por meio de um monitor, sendo possível corrigir as imperfeições que porventura existissem. E por último, a porção Grafia, compreendida por uma unidade de armazenamento digital, que podia estar interligada a um monitor de vídeo, a uma impressora ou poderia até mesmo possibilitar fazer uma fotografia da imagem na tela do computador. Atualmente, são quatro as unidades que integram um sistema de imagem digital: leitora - processa e transfere a informação para a estação de trabalho; estação de trabalho - trata a imagem e transfere a informação para a impressão; servidor de câmara - gerencia o envio da imagem à impressora; e servidor de arquivos -

onde as imagens são arquivadas. Essas unidades permitem que as imagens radiográficas digitais sejam analisadas, modificadas, medidas e quantificadas na tela do monitor do computador. O fator fundamental para a manipulação e análise da imagem desse sistema é a conversão da imagem radiográfica capturada pelos sensores em dados numéricos ou digitais (pixels). Cada pixel assume um valor digital binário (bits), que corresponde a um tom de cinza. Quanto maior o número de pixels, menor será seu tamanho individual originado e melhor será a resolução espacial da imagem, portanto, quanto melhor a resolução espacial da imagem, mais detalhes poderão ser observados.

De acordo com Carvalho, Oliveira e Pinto (1989/1990), a identificação das estruturas anatômicas e das suas possíveis variações nas diferentes técnicas radiográficas é de extrema importância para uma correta interpretação. Alguns reparos anatômicos podem apresentar imagens semelhantes a processos patológicos, podendo induzir o profissional a erros de conduta durante o tratamento. Essas estruturas, quando bilaterais, podem apresentar variações quando comparadas entre um lado e outro e em graus maiores quando comparadas entre diferentes indivíduos. Os exames radiográficos apresentam limitações inerentes a cada técnica utilizada e quando uma determinada radiografia não for suficiente, o profissional deve empregar técnicas que apresentem indicações mais precisas ou que forneçam maiores detalhes, lembrando que os exames radiográficos são complementares a um exame clínico, sendo que para um correto diagnóstico, ambos são necessários.

Wenzel et al. (1990) realizaram uma análise quantitativa da profundidade das cáries oclusais em radiografias digitalizadas e observaram que a precisão diagnóstica aumentou consideravelmente com o emprego de exames digitais e estavam de acordo com as medidas obtidas por meio de análises histológicas. Os autores chegaram à

conclusão de que as imagens obtidas por meios digitais ofereciam maior precisão quanto ao diagnóstico e à avaliação da profundidade de cáries oclusais.

Cauduro e Bona (1990) sugeriram que os aspectos anatômicos radiográficos são a base do estudo da interpretação radiográfica, pois sem o conhecimento dos aspectos normais fica difícil identificar e diferenciar os aspectos patológicos. Nessa pesquisa foram utilizadas 25 mandíbulas maceradas, provenientes da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Radiografias periapicais pelo paralelismo foram realizadas modificando os ângulos verticais negativos ( $-10^\circ$ ,  $-20^\circ$  e  $-30^\circ$ ) e com o emprego de contraste (fio ortodôntico) nos limites das estruturas anatômicas da mandíbula. Os resultados mostraram que a imagem radiográfica nem sempre corresponde com a real localização da estrutura quando comparada in loco, sendo que em alguns casos nem mesmo foi possível o reconhecimento radiográfico.

Em outro trabalho, Wenzel (1991) observou a influência da Informática na qualidade das radiografias intrabucais. Seu trabalho relata que a maior parte dos parâmetros empregados para o controle de qualidade das radiografias convencionais não é útil para as técnicas digitais. Como exemplo, cita que o tamanho dos cristais de prata dos filmes convencionais está relacionado a uma imagem sem definição e na imagem digital esta falta de definição ocorre devido à resolução da matriz. Contraste, fog e ruído (noise) das imagens radiográficas digitais podem ser alterados pelo computador e em decorrência de esses ajustes serem realizados dessa forma, um menor número de exames e repetições devem ocorrer, evitando assim exposição desnecessária do paciente e do profissional aos raios X.

Benz e Mouyen (1991) avaliaram uma nova versão do Radiovisiography (RVG) que além de apresentar modificações externas também apresentava alterações

consideráveis quanto ao esquema eletrônico. Era mais sensível à radiação, tinha maior escala dinâmica do sensor e, portanto, identificava maior quantidade de tons de cinza e ainda oferecia mais recursos para a manipulação das imagens. Nessa avaliação, os autores compararam os resultados obtidos por imagens desse novo sistema digital com as imagens obtidas empregando filmes radiográficos intrabucais convencionais do grupo E, da marca Kodak e Agfa. Os resultados permitiram concluir que o novo RVG possibilitava imagens com mais detalhes e com baixas doses de radiação. Quando comparados com as versões anteriores, a versão atual do RVG era 46% mais sensível. Concluíram ainda que a luz ambiente provoca grande interferência na análise das imagens observadas na tela do computador, assim como também na observação das radiografias convencionais. O poder de resolução do novo RVG é de 11 pares de linha por mm e a dos filmes convencionais, de 14.

Wenzel (1991) fez uma revisão da literatura quanto à qualidade das imagens digitais, dando ênfase especial ao registro e à manipulação dessas imagens. Segundo a autora, a qualidade da imagem pode ser discutida sob dois aspectos: nitidez e ruído. Nitidez é definida pelo contraste e pelo fog. O contraste se refere à capacidade de a densidade óptica diferenciar as várias estruturas analisadas e o fog refere-se à penumbra no contorno dessas estruturas. Quanto ao ruído, refere-se a todos os fatores que podem interferir no sinal captado, tais como estruturas de fundo ou a receptores manchados ou sujos. Esse trabalho permitiu concluir que a resolução espacial das radiografias digitais é determinada pelo número de pixels por milímetro. Os experimentos laboratoriais demonstraram que uma matriz com resolução de 512 x 512 pixels e 256 tons de cinza é suficiente para o processo de diagnóstico por meio de uma radiografia digital. A intensificação do contraste, a utilização de filtros que realçam os

limites das estruturas e diminuem a penumbra, são capazes de melhorar a qualidade da imagem, favorecendo assim o processo de diagnóstico. O autor concluiu também, que o tempo de experiência e treinamento dos manipuladores e observadores das imagens digitais são fundamentais para a manutenção da qualidade desses exames.

Wenzel (1993) realizou um estudo onde avaliou alguns aspectos que podem interferir na manipulação da imagem digital. O contraste e a definição da imagem estão intimamente relacionados à quantidade de pares de linha presentes no sensor, entretanto, estas definições podem ser alteradas para mais ou para menos, utilizando com essa finalidade as diferentes escalas de cinza e criando assim imagens com contraste e densidade semelhantes a uma exposição tecnicamente correta. O pesquisador alertou ainda que o olho humano tem grande habilidade para discernir imagens coloridas, muito melhor do que quando observa imagens em branco e preto e que fica mais fácil notar pequenas diferenças de contraste quando se utiliza a ferramenta de colorização. Também chamou atenção para a interpretação radiográfica que pode ser facilitada quando fica disponível para ser observada de diferentes maneiras como, por exemplo, no caso de observação das cristas alveolares, que fica melhor quando se utilizam radiografias com imagens de baixa densidade, ou nos casos de cáries proximais, que são mais facilmente detectadas quando são observadas em radiografias mais densas. A nitidez da imagem, que está diretamente relacionada ao tamanho do pixel, também pode ser alterada quando se utilizam filtros especiais, fazendo com que os limites das estruturas observadas tornem-se mais nítidos como, por exemplo, nos casos de delimitação entre uma área patológica e uma área normal. As sobreposições das estruturas anatômicas causam o chamado ruído anatômico e

são capazes de impedir a observação de detalhes importantes na imagem radiográfica, assim como nas radiografias convencionais.

Wenzel e Hintze (1993) avaliaram a capacidade de percepção visual dos profissionais Cirurgiões Dentistas em determinar a qualidade das radiografias digitais diretas. Com esse objetivo, foram analisadas 30 radiografias obtidas pelo sistema Visualix, sendo: 10 radiografias periapicais para observar anatomia dos dentes e dos maxilares; 10 radiografias periapicais para observação de lesões ósseas; e 10 radiografias interproximais para detecção de cáries. Três cópias foram feitas de cada imagem, as quais foram tratadas com três diferentes recursos (filtros): otimizador, intensificador e intensificador associado ao atenuador. Quatro imagens de cada caso foram dispostas simultaneamente em uma seqüência aleatória na tela do monitor. Vinte CD classificaram cada uma das quatro imagens, seguindo uma escala de pontuação que variava de 1(um) a 4 (quatro) pontos. Grande parte dos observadores preferiu as imagens tratadas às não tratadas (originais). As imagens otimizadas e intensificadas foram selecionadas, como a primeira ou segunda escolha, para observação da anatomia dentária e dos maxilares e para as afecções ósseas. As imagens originais receberam a pior classificação em 55% dos casos. Para as radiografias interproximais, as imagens atenuadas tiveram a melhor classificação. Os autores concluíram que as imagens tratadas foram preferidas pelos profissionais.

De acordo com Miles (1993), o dispositivo de carga acoplada (CCD) era a peça chave dos sistemas digitais diretos até então disponíveis no mercado. Nesses sistemas, a luz acumulada ou os fótons de raios X eram transferidos de um elétron para outro de forma seqüencial até serem captados, lidos e ampliados pelo computador. O autor também sugere que o CCD é bem mais sensível aos raios X do que o filme radiográfico

convencional e que, portanto, requer um tempo muito menor de exposição a essas radiações. Os sistemas digitais apresentam uma grande escala de contraste devido aos 256 tons de cinza e podem ser manipulados de diferentes formas. A resolução das imagens é definida por meio de pares de linhas por mm e consiste na capacidade do sistema em distinguir objetos de tamanhos reduzidos e que estão muito próximos uns dos outros. O filme radiográfico intrabucal convencional tem um poder de resolução de 16 pares de linha por mm e o CCD, de 10 pares. Entretanto, o olho humano analisa apenas de quatro a seis pares dessas linhas.

Dunn e Kantor (1993) fizeram um trabalho avaliando as vantagens e desvantagens das radiografias digitais e salientaram que os conhecimentos de seus princípios de funcionamento e formação de imagens são de fundamental importância para sua plena utilização. Os autores sugerem que a imagem digital pode aumentar a precisão das medidas, mas não a precisão de diagnóstico. Sugerem ainda que os princípios básicos da técnica radiográfica convencional devem ser respeitados durante a captação das imagens digitais, com a finalidade de preservar a forma real do objeto e conseqüentemente a geometria da imagem. Chamaram também a atenção para o fato de que a forma de aquisição da imagem não interfere na interpretação radiográfica, mas sim a experiência e o conhecimento do examinador. A imagem digital oferece grande flexibilidade de manipulação, porém a tecnologia disponível até então ainda não havia alcançado as informações contidas em uma radiografia convencional. É incontestável, no entanto, que as imagens são obtidas muito mais rapidamente nas radiografias digitais do que nas técnicas convencionais e, uma vez registradas, não existem formas de aumentar o número de informações contidas. Entretanto, informações desnecessárias também são capturadas (noise) e o olho humano não é



capaz de detectá-las. Porém, durante o processamento computadorizado das imagens, essas interferências indesejadas podem ser suprimidas. Os autores ressaltaram também que, assim como as radiografias convencionais, as radiografias digitais requerem um ambiente adequado para a sua interpretação, como um ambiente de penumbra, por exemplo. As imagens digitais observadas na tela do monitor também devem ser analisadas com pouco brilho e em um ambiente com pouca luminosidade. Segundo os autores, essas condições no local de interpretação favorecem a observação de sutis alterações da imagem observada.

Wenzel (1994) avaliou o ruído (noise) das imagens obtidas por três diferentes sensores digitais pelo sistema direto: o RVG, Sens-a-Ray e Visualix. Com esse objetivo, radiografou um manequim, na mesma região, com três diferentes tempos de exposição: 0,20 s, 0,46 s e 0,60 segundo. Para cada tempo de exposição aos raios X fez dez radiografias. Todas as imagens foram submetidas a um software específico onde se realizou a subtração digital para todos os tempos e para cada sistema digital utilizado. Os resultados mostraram que havia diferença estatisticamente significativa entre os sistemas e que, em uma avaliação subjetiva, a densidade das imagens obtidas com o Visualix com 0,20 s era similar à do RVG com 0,46 s e do Sens-a-Ray com 0,60 segundo. Também foi sugerido que quanto maior a sensibilidade do sensor, maior será a produção do ruído (noise) nas imagens obtidas.

Farah e Yoshimura (1994) inaugurando uma nova seção de uma revista, escreveram sobre a utilização da Informática na Odontologia e perguntavam até quando os Cirurgiões-Dentistas conseguiriam escapar da informatização no dia a dia dos consultórios. Segundo os autores, os Odontólogos se dividiam em três grupos distintos: a) adeptos e pioneiros; b) interessados, mas achando que os computadores

eram incompreensíveis e muitas vezes hostis e; c) totalmente avessos à sua utilização. Entretanto, cerca de 2000 a 4000 CDs estavam no primeiro grupo, pois de alguma forma já faziam uso do computador para seu desempenho técnico e administrativo nos seus respectivos consultórios, apostando no computador como um acessório definitivo para o sucesso da Odontologia do futuro. Esses profissionais estavam procurando se informar e aprender cada vez mais sobre as vantagens que a Informática poderia trazer para a profissão. Paralelamente, empresas estavam se mobilizando para que houvesse desenvolvimento e lançamento de programas e equipamentos exclusivamente voltados à Odontologia. O enfoque dado a essa associação (Informática/Odontologia) não era exclusividade da profissão, pois várias outras também estavam recorrendo aos benefícios dessa associação, já que era uma época de rápidas transformações sociais, econômicas, políticas e culturais apoiadas nas evoluções geradas pelo campo tecnológico, principalmente as relacionadas à manipulação das informações, tais como telefones celulares, máquinas de preenchimento de cheques, scanners nos caixas dos supermercados, bancos on-line, entre tantas outras novidades. Na Odontologia as coisas não poderiam ser diferentes. Além de agilizar as atividades administrativas, as imagens para processo de diagnóstico ou de análise também poderiam ser armazenadas e compartilhadas com outros profissionais por meio da Informática, favorecendo dessa forma a racionalização e operacionalização de tempo, bem como uma estratégia de marketing para a imagem do profissional e do consultório. Essas mudanças são de caráter irreversível, pois é cada vez maior o número de profissionais que estão acreditando e se aproximando da Informática. Ao mesmo tempo, as novas gerações que estão saindo das faculdades e chegando ao mercado de trabalho estão muito mais familiarizadas e dispostas a usar essa inovação, indicando muito

provavelmente que dentro de um curto espaço de tempo será inconcebível montar um consultório sem um computador.

Farman e Scarfe (1994) publicaram um trabalho no qual alertaram os especialistas em Radiologia da necessidade de se familiarizarem com os novos sistemas de diagnóstico por imagem, no caso, as radiografias digitais que estavam surgindo no mercado profissional.

Sanderink et al. (1994) compararam a qualidade da imagem na observação de limas endodônticas em 4 sistemas de radiografias digitais (Trophy RVG modelo 32000, VIXA/Visualix, Regam Sens-A-Ray e Villa Flash Dent em Alta e Normal resolução) com o filme Kodak Ektaspeed, no acesso ao comprimento do canal radicular. Realizaram-se as radiografias com as limas introduzidas até o comprimento total da raiz, em 1,5mm aquém e além do ápice radicular de pré-molares e molares. Observou-se que o Trophy RVG em modo normal e o Sens-A-Ray, promovem uma imagem compatível com a radiografia convencional quando utiliza-se a lima 15. Todos os sensores foram comparativamente inferiores à radiografia convencional, quando mediu-se com a lima nº10.

Scarfe, Fana e Farman (1995) compararam imagens radiográficas convencionais obtidas com filmes E-speed com imagens digitais adquiridas pelo sistema digital direto do RVG, para a observação de canais acessórios empregando substância de contraste Hypaque e uma placa acrílica simulando tecido mole entre o objeto e a fonte dos raios X. As imagens digitais foram observadas inicialmente sem tratamento e depois com tratamento por meio das ferramentas de zoom e inversão de imagem (positivo/negativo). Os resultados finais mostraram que as radiografias digitais possibilitaram uma acurácia de diagnóstico maior que as convencionais, porém, quanto

ao emprego ou não das ferramentas de tratamento da imagem e da substância de contraste, estes não foram significativos.

Nessi (1995) verificou a eficácia da radiografia panorâmica digital empregando placas de fósforo fotoestimuláveis em uma série de pacientes de uma clínica odontológica. Posteriormente, comparou a ampliação eletrônica (zoom) obtida durante o processamento digital e chegou à conclusão de que a placa de fósforo poderá em breve substituir os filmes panorâmicos convencionais. A utilização das técnicas digitais permite um bom equilíbrio entre a densidade e o contraste da imagem, possibilitando a avaliação da radiografia em toda a sua extensão, além de possibilitar a correção desses fatores, decorrentes de uma exposição incorreta aos raios X, durante o processamento computadorizado da imagem. A possibilidade de ampliação (zoom) da imagem digital pode ser um bom recurso para avaliação das doenças periodontais e mensuração das reabsorções ósseas. Os pesquisadores enfatizaram também que as técnicas digitais reduzem significativamente a dose de radiação a que o paciente fica exposto.

Wenzel e Gröndahl (1995) relataram as propriedades físicas dos equipamentos digitais até então disponíveis no mercado. De acordo com os autores, o sistema Digora utilizava um princípio diferente para aquisição da imagem, princípio esse em que a imagem radiográfica era capturada por meio de uma placa de fósforo fotoestimulável. Essa placa é semelhante à placa intensificadora utilizada para filmes radiográficos convencionais extrabucais, onde partículas de fósforo ficam embutidas em polímeros que recobrem a base de poliéster. A placa intensificadora convencional, imediatamente converte a energia recebida pelo fósforo em luz visível, que por sua vez forma a imagem latente no filme radiográfico convencional. No sistema digital Digora, na placa de fósforo, ocorre um fenômeno físico, chamado fotoestimulação luminescente, que é a

forma pela qual a energia dos raios X fica armazenada na placa. Portanto, a imagem é formada na própria placa e não no filme radiográfico como ocorre nos sistemas convencionais. E ainda, como essas placas são reutilizadas, é necessário que imagens latentes residuais sejam removidas e para que isso ocorra, a placa deve ser exposta à luz ambiente ou à de um negatoscópio. O tempo de vida útil dessas placas depende da degradação mecânica e não do número de exposições ao qual foi submetida.

Vandré, Webber e Winston-Salem (1995) desenvolveram um estudo para avaliar e descrever o funcionamento dos equipamentos de imagens digitais odontológicas, que estavam disponíveis no mercado, ou seja, os CCDs e os com placas de fósforo fotoestimuláveis. Os pesquisadores concluíram que ambos os sistemas apresentavam vantagens quando comparados às radiografias convencionais no quesito tempo necessário para observação das imagens. Nos sistemas CCDs (direto), esse tempo era de aproximadamente 0,2 a 5 segundos e com as placas de fósforo (semidireto), de 15 a 30 segundos até serem observadas na tela do monitor, agilizando dessa forma, o tempo necessário para a realização do diagnóstico e a escolha da conduta clínica, bem como para poder mostrar para o paciente a real situação de uma determinada lesão por exemplo. Os autores também chamam a atenção para o fato de que em ambos os sistemas ocorre uma diminuição do tempo de exposição aos raios X para a obtenção dos exames e, além do mais, dispensam a utilização da câmara escura e de produtos químicos para o processamento das radiografias. Os autores fazem ainda, considerações quanto à utilização da subtração de imagem para avaliação da progressão da doença periodontal e do processo de cárie e quanto ao fato de os programas computadorizados para diagnóstico facilitarem a detecção de cáries proximais e de osteoporose. Outro aspecto abordado pelos pesquisadores é quanto à

facilidade e rapidez de comunicação via telefone entre o profissional e companhias de seguro ou de planos de tratamento odontológico, que agilizariam assim os processos burocráticos para a aprovação ou não de determinados procedimentos odontológicos. Quanto às desvantagens, os autores consideraram que o reduzido tamanho dos sensores, exceto os da marca Schick e Soredex, levou, em alguns casos, a um maior número de exposições aos raios X, por parte do paciente. Além disso, a resolução da imagem apresentada pelo filme convencional é muito superior à da imagem sem filme: o sistema sem filme atinge, no máximo, de 7 a 10 pares de linha por milímetro. Por fim, os autores ressaltam a importância da aplicação de programas específicos para a análise das diferentes imagens e fizeram previsões otimistas para o uso desses sistemas na rotina de um consultório.

Velders, Sanderink e van der Stelt (1996) objetivaram estudar o efeito de doses reduzidas de radiação na qualidade da imagem, utilizando para tanto dois sistemas de radiografia digital, Sidexis e Digora. A qualidade da imagem foi avaliada pela comparação de limas endodônticas nº 25, 20, 15 e 10, e raízes de pré-molares. O tempo de exposição variou entre 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25% e 3,125%, da qual é usada para o filme Ektaspeed. Os resultados mostraram que o comprimento das limas 25, 20 e raízes de pré-molares foi compatível com o obtido nos filmes, com a redução de 6% no tempo de exposição. Para as de nº 15 o valor reduziu com o valor da exposição, já as de nº10 o valor foi significativamente menor que os observados nos filmes. Concluiu-se então que a redução do tempo de exposição de aproximadamente de 95%, possibilita a determinação do comprimento de raízes de pré-molares, limas nº025 e 020.

Borg e Gröndahl (1996) avaliaram a qualidade do sistema Digora com relação à observação de limas endodônticas e o ápice radicular sob diferentes tempos de exposição. Foram introduzidas limas do tipo Hedström, nº 15, no conduto, em variadas distâncias do ápice e diferentes tempos de exposição. Os espécimes também foram submetidos ao exame radiográfico convencional com diferentes tempos de exposição. Oito observadores analisaram as imagens digitais, utilizando os recursos de controle de contraste e brilho para melhorar a qualidade da imagem. Concluíram que o sistema Digora permite mensurações satisfatórias mesmo com tempos de exposição consideravelmente reduzidos, do que aqueles necessários para filmes convencionais, além do que, repetições não são necessárias por causa de erros de exposição.

O Trophy RadioVisioGraphy, modelo Pci, foi comparado com filme convencional Kodak Ektaspeed Plus por Garlock et al. (1996), para a acurácia na estimativa do comprimento de limas com variações na quilovoltagem e na posição da lima. Concluíram que as mensurações digitais verticais não apresentam diferença com aquelas realizadas pelo método convencional. Por outro lado, um erro de 6 a 8% incorporado na mensuração diagonal pode resultar em um cálculo 2mm menor na instrumentação e obturação, se não for feita uma calibração durante a estimativa do comprimento

Gröndahl, Ekestubbe e Gröndahl (1996) publicaram um estudo comparando o sistema digital Digora (placa de fósforo), o sistema digital com CCD e com filmes convencionais. Alertaram quanto às desvantagens do tamanho reduzido dos sensores, do incômodo da utilização de cabos conectores entre os sensores e o computador e da pequena escala dinâmica de exposição aos raios X para a formação de imagens de boa qualidade. O sistema Digora possui um pixel de 71 x 71 milimicra de tamanho,

proporcionando uma resolução espacial de 6 (seis) pares de linha por mm e cada pixel, pode conter até 256 tons de cinza, do preto (valor zero) até o branco (valor 255). Apresenta, entre outros recursos de manipulação de imagens, a possibilidade de se alterar o brilho e o contraste, intensificação, inversão de tons de cinza, a realização de medidas lineares e angulares e reconhecimento da distribuição dos níveis de cinza por meio de um histograma, que por sua vez é demonstrado numericamente e graficamente. Os autores concluíram que o sistema Digora, com películas de fósforo, apresenta uma resolução espacial menor que as imagens dos sistemas CCD e dos filmes convencionais, entretanto, a qualidade da imagem é superior, talvez devido à ampla escala dinâmica desse sistema.

Van der Stelt (1996) relatou que os avanços na tecnologia radiográfica digital como, o registro e análise das imagens, tem trazido bons resultados no processo de diagnóstico. Os autores salientaram também que o sistema digital Digora que utiliza películas de fósforo fotoestimulável é melhor que o CCD em decorrência da similaridade da placa de fósforo com o filme periapical convencional em termos de tamanho, flexibilidade e espessura e pelo fato de não apresentar fios conectores, facilitando assim o seu manuseio.

Versteeg et al. (1997) realizaram um estudo comparativo por meio de radiografias periapicais convencionais obtidas com filme do grupo E, da marca Kodak e radiografia digital com o sistema Digora, para avaliarem quais imagens proporcionavam medidas mais precisas em relação à odontometria. Com esse objetivo, radiografaram in vitro dentes uni e multirradiculares. Os resultados mostraram que as radiografias convencionais são de boa qualidade tanto quanto as radiografias digitais, entretanto, estas permitem observar mais facilmente o terço apical, facilitando dessa forma a



obtenção das medidas dos condutos radiculares. Outra vantagem do sistema digital diz respeito ao tratamento de imagem empregando o recurso de ampliação e da observação na tela do monitor. Todavia, os autores ressaltam que é necessária uma tomada de técnica correta e também habilidade para o manuseio das ferramentas digitais.

Sewell, Fenyo-Pereira e Varoli (1997) publicaram um trabalho onde avaliaram os princípios de formação das imagens digitais pelos métodos direto e indireto, destacando que apesar dos avanços tecnológicos observados nos últimos tempos, os princípios básicos da radiologia convencional não podem em hipótese alguma ser deixados de lado. O mesmo se aplica à interpretação radiográfica; apesar da possibilidade de manipulação das imagens oferecidas pelos sistemas digitais, se o profissional não tiver conhecimento e treino adequado, fatalmente cometerá sérios erros no diagnóstico final.

Almenar Garcia et al. (1997) comparando o comprimento de trabalho através de diferentes métodos, utilizou-se, para medir as limas endodônticas, régua endodôntica milimetrada, paquímetro, como um método de medida, utilizou paquímetro sobre as radiografias e medidas com sistema de radiografia digital. Não se observou diferença significativa entre os métodos direto e indireto. Três ângulos diferentes também foram comparados nas medidas dos métodos indiretos ( $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ). Não se observou diferença significativa nesta variação, apenas com  $30^\circ$ , o que resultou em uma impressão de imagem reduzida de 1.5 mm, quando usado o método indireto.

Versteeg, Sanderink e van der Stelt (1997) compararam as imagens obtidas por radiografias digitais intrabucais pelos métodos direto e indireto com as convencionais, quanto à eficácia de diagnóstico. Segundo os autores, o sistema digital indireto requer o processamento químico das radiografias, scanners sofisticados e maior tempo para

observação das imagens, ao passo que nos sistemas digitais diretos, a imagem é obtida quase instantaneamente, é necessária baixa dose de radiação e ainda não há necessidade de processamento químico. A possibilidade de análise quase automática e a manipulação das imagens digitais favorecem o desempenho do radiologista em termos de diagnóstico.

Um estudo relacionando o tempo de exposição e o noise foi feito por Künzel e Benz (1997). Para essa pesquisa, foram utilizados três diferentes sistemas digitais: Digora, Radiovisiography e Visualix. Os resultados mostraram que a faixa de imagem, ou seja, o tempo mínimo necessário para se adquirir uma imagem, dos sensores CCD aumentou de acordo com o aumento do tempo de exposição e atingiu o seu limiar com 0,08 s com o Radiovisiography e 0,16 s com o Visualix. O Digora apresentou um aumento inicial da faixa de imagem, tornando-se constante com tempos de exposição acima de 0,8 segundo. O noise em todos os sistemas digitais mostrou-se mais acentuado conforme era aumentado o tempo de exposição. Dentro da faixa de exposição, os sistemas CCDs apresentaram menor ruído (noise) do que os sistemas com placas de fósforo.

Versteeg et al. (1998) realizaram um estudo comparando os métodos radiográficos convencionais com os digitais e concluíram que os sistemas digitais diretos que utilizam CCD, em função das suas dimensões e do tipo de conexão com a unidade do computador, levam a um maior número de repetições (28% de repetições contra 6% utilizando filmes convencionais).

Vale et al. (1998a) averiguaram a influência do posicionamento da placa de fósforo do sistema Digora, em relação ao longo eixo do dente, na determinação do comprimento dos mesmos. Obtiveram imagens radiográficas digitais posicionando a

placa óptica com seu longo eixo na vertical e na horizontal e observaram que seu posicionamento não interfere no resultado das odontometrias. O uso da ferramenta 3D produziu comprimentos mais confiáveis, mais próximos dos reais.

Vale, Bramante e Bramante (1998) publicaram uma pesquisa onde avaliaram o fator de ampliação das imagens obtidas com a utilização da placa óptica do sistema Digora na determinação do comprimento dos dentes. Com esse objetivo, radiografaram 60 dentes, sendo 10 de cada região (incisivos superiores e inferiores, pré-molares superiores e inferiores e molares superiores e inferiores). O comprimento real dos dentes foi obtido por meio de um paquímetro, sendo depois comparado com as medidas obtidas nas radiografias digitais utilizando os recursos do sistema Digora de mensurações, nas imagens padrão, inversão (positiva/negativa) e relevo ou 3D. Os resultados finais permitiram observar que a ampliação média das imagens obtidas pelo sistema digital Digora foi de 3,51 %, sendo que nas imagens 3D essa ampliação foi de 3,11%. Foi constatado que a raiz palatina dos molares superiores exibiu menor ampliação e que, as raízes méso-vestibulares e disto-vestibulares desses mesmos dentes, foram aquelas que apresentaram maiores ampliações.

Pinto (1998) realizou uma pesquisa avaliando e comparando radiografias periapicais pelo paralelismo com e sem tela milimetrada e radiografias panorâmicas, quanto à eficácia na observação do forame mental e ampliação das imagens relacionadas à distância da borda mais superior do forame mental até o rebordo alveolar imediatamente acima. Com esses objetivos, foram radiografadas 60 regiões de forame mental, em mandíbulas maceradas desdentadas ou parcialmente dentadas, com características da fase adulta, sem levar em consideração o gênero e a etnia. As medidas obtidas nas peças anatômicas por meio de um paquímetro manual foram

posteriormente comparadas àquelas obtidas radiograficamente e permitiram concluir que as radiografias periapicais pelo paralelismo, com e sem tela milimetrada, proporcionaram as medidas mais fidedignas e que as radiografias panorâmicas apresentaram ampliações de até 30%. As três técnicas radiográficas permitiram a observação e identificação do forame mental, embora nas radiografias panorâmicas esse processo seja facilitado talvez em decorrência de uma área maior de abrangência do exame e também por permitir uma observação do percurso do canal mandibular. Nas radiografias periapicais com tela milimetrada, em alguns casos, foi observada uma maior dificuldade nessa identificação, isso em decorrência da sobreposição das imagens radiopacas da tela milimetrada sobre o forame mental. O autor ressalta ainda que é necessário um profundo e seguro conhecimento por parte do profissional quanto aos aspectos radiográficos normais e das possíveis variações dentro de uma normalidade da anatomia maxilo-mandibular, para poder diferenciar de aspectos radiográficos que possam sugerir algum processo patológico, bem como sobre os aspectos técnicos e das limitações inerentes aos exames radiográficos.

Vale et al. (1998b) fizeram um estudo comparativo entre o método de Schneider e o recurso de mensuração do sistema digital Digora para determinação da curvatura radicular. O método Schneider utiliza radiografias convencionais que são projetadas com aumento de dez vezes e reproduzidas em papel de seda para posterior medição das curvaturas radiculares por meio de um transferidor. No sistema Digora as curvaturas foram mensuradas nas imagens: padrão, invertida (positivo/negativo) e relevo ou 3D e por dois observadores. Os autores concluíram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois métodos em relação às mensurações, no

entanto, o sistema Digora facilita a obtenção dessas medidas quando comparado com o método Schneider, que é bem mais trabalhoso e demorado.

Cederberg et al. (1998) compararam o sistema de radiografia digital por placa de fósforo foto-ativada Digora e o filme convencional Ektaspeed Plus, na localização da ponta do instrumento endodôntico e o ápice radicular, contou-se com a colaboração de treze pacientes selecionados aleatoriamente. As imagens radiográficas foram medidas com as ferramentas do software do Digora. Para a radiografia convencional utilizouse um aumento de 7 vezes. As diferenças foram menores no digital do que na radiografia convencional, apesar de a placa de fósforo possuir comportamento similar ao da radiografia convencional, sendo que nesta, a ponta do instrumento era melhor observada quando o calibre da lima era reduzido.

Clasen e Aun (1998) apresentaram e compararam os principais sistemas de radiografia digital direta utilizados em Odontologia, abordando as principais vantagens sobre as radiografias convencionais, tais como diminuição da radiação, eliminação do processamento químico, possibilidade de manipulação e melhora da imagem, aplicação das ferramentas de brilho e contraste, zoom, inversão, relevo e perfil da imagem, além de outros recursos. Paralelamente a isto, citaram algumas desvantagens, relataram um breve histórico sobre o sistema digital direto e discutiram as novas tendências desses sistemas. Segundo os autores, é sabido que a análise da radiografia é de fundamental importância para o estabelecimento do correto diagnóstico, planejamento e tratamento dos casos clínicos. Os profissionais Cirurgiões-Dentistas executam seus procedimentos norteados por evidências clínicas, percepção táctil e por meio das informações fornecidas pelos exames por imagens. O sistema direto de imagem digital teve início na década de 70, quando novos dispositivos detectores de imagem de vídeo estavam

sendo desenvolvidos para, entre outras finalidades, serem utilizados em satélites e telescópios. Nessa mesma época, tiveram início as pesquisas no sentido de usar os CCD como detectores de imagens produzidas pelos raios X, entretanto, como os mesmos apresentavam baixa eficiência quando estimulados pela radiação ionizante, os pesquisadores acoplaram aos CCD, que é composto basicamente por silício puro, películas intensificadoras de luz ou cintiladores, que são capazes de converter os raios X em sinais luminosos. Outras limitações que provocaram uma rejeição inicial quanto à utilização do sistema digital direto estavam relacionadas ao tamanho, espessura, rigidez e presença e posição dos cabos conectores. A dimensão pequena da área útil do sensor, na maioria das vezes, fica restrita a apenas um dente, ou ainda, provocava o corte de estruturas importantes para o processo de diagnóstico. A espessura, rigidez e presença de cabos conectores traziam grandes dificuldades para o posicionamento correto na boca do paciente, principalmente em dentes posteriores ou em casos de isolamento absoluto. Atualmente podem ser encontrados no mercado sistemas digitais diretos de última geração e que já apresentam condições tecnológicas mais satisfatórias para a sua utilização, como a qualidade das imagens, diferentes tamanhos de sensores e até mesmo o design dos equipamentos, por exemplo. Em relação aos softwares necessários para a observação e manipulação das imagens, estes também sofreram sensíveis modificações, pois inicialmente esses programas funcionavam apenas no sistema operacional DOS e posteriormente passaram a ser manipulados pelo sistema Windows, o que estaria facilitando o trabalho dos profissionais, já que a maioria dos computadores modernos usa esse sistema. Os cabos conectores dos sensores também se modificaram, passaram a ser fibras ópticas, substituindo assim as conexões elétricas que provocavam interferências, bem como passaram a apresentar o

formato de fitas e não mais a forma de fios de grande diâmetro, que dificultavam a passagem pelo espaço retromolar. Outro aspecto abordado pelos autores diz respeito ao valor legal dessas imagens. Com essa preocupação, os fabricantes têm lançado no mercado equipamentos que salvam apenas as imagens originais e nunca as manipuladas.

Watanabe et al. (1999) avaliaram os métodos recentes de diagnóstico por imagem, entre eles, os digitais. Os autores abordaram os princípios de formação das imagens digitais, equipamentos necessários para sua obtenção, suas aplicações, e as vantagens e desvantagens de cada um deles. Entre outras vantagens, os autores confirmaram que no filme radiográfico convencional, a qualidade somente é determinada após o término do processamento químico, ao contrário da imagem digital, que pode ser manipulada após a aquisição da imagem. Os autores ainda ressaltaram que a eliminação do processamento químico colabora para a preservação do meio ambiente, porém a principal vantagem ainda seria a redução do tempo de exposição aos raios X por parte do paciente, do profissional e do pessoal auxiliar. Entretanto, uma das principais desvantagens da radiografia digital seriam as dimensões dos sensores intrabucais, principalmente os CCDs. Em muitos casos, essa dimensão reduzida não abrange por completo a extensão da lesão ou área de interesse, fazendo-se necessárias diversas tomadas radiográficas da mesma região.

Burger et al. (1999) se propuseram a determinar se a função de mensuração do sistema digital DDR, é acurado para a estimativa de comprimentos de condutos em canais curvos. Primeiro, 47 dentes com raízes curvos que foram radiografados e o grau de curvatura foi determinado pelo método de Schneider, que utiliza traçado feito por

projeção da imagem do canal. Os dentes apresentaram curvaturas de  $7^{\circ}$  a  $72^{\circ}$  e foram então, divididos em três distintos grupos:

- a) curvatura suave:  $< 20^{\circ}$
- b) curvatura moderada:  $>20^{\circ}$  e  $< 36^{\circ}$
- c) curvatura severa:  $> 36^{\circ}$

As radiografias digitais foram executadas utilizando a ferramenta de mensuração com a aplicação de números ilimitados de clicks, de acordo com a vontade do examinador. Assim, os dentes eram mensurados de um ponto de referência na face oclusal até o ponto mais apical, medindo-se a raiz em mais de uma etapa para compensar a curvatura da raiz e concluíram que não houve diferença significativa na estimativa do comprimento da raiz curva pelas técnicas convencional e digital e o uso de múltiplos pontos para mensuração não resultou em um método mais acurado para a mensuração de canais curvos.

Sarmento, Pretto e Costa (1999) sugeriram que o processo de interpretação e de diagnóstico radiográfico é subjetivo e que a utilização de recursos complementares podem ajudar na sua elaboração. Ainda segundo o autor, a qualidade da imagem radiográfica e a habilidade do observador levam à informação de diagnóstico mais facilmente. Nesse sentido, a imagem digital tem se tornado um exame capaz de mostrar mudanças arquiteturais, às vezes não captadas pelas imagens de exames radiográficos convencionais. Entre algumas vantagens que as radiografias digitais oferecem, os autores citam a rapidez na obtenção das imagens, possibilidade de manipulação com o objetivo de facilitar o processo de diagnóstico, diminuição do tempo de exposição aos raios X em até 80%, eliminação do processamento químico das radiografias,



arquivamento, acesso, reproduções incontáveis e transmissão digital via internet, otimização de tempo e espaço físico, proteção ambiental, entre outras.

Araújo Filho et al. (1999) fizeram um estudo comparativo in vivo empregando a radiografia digital direta e a radiografia convencional na obtenção da odontometria. As radiografias periapicais digitais pelo paralelismo foram tomadas pelo sistema Sens-A-Ray, onde foi determinado o comprimento de trabalho na tela do monitor, a 1mm aquém do ápice radiográfico. Após a realização da cirurgia de acesso, estas medidas foram transportadas para o instrumento endodôntico e o limite apical da lima foi avaliado por meio da radiografia convencional periapical pelo paralelismo, ajustando-o a 1mm do ápice radiográfico e estabelecido como comprimento de trabalho. Os resultados obtidos mostraram que as medidas fornecidas pelo sistema digital apresentaram uma distorção média de 0,12mm quando comparadas com as medidas obtidas nas radiografias convencionais não sendo dessa forma, estatisticamente significativas. Os autores também ressaltam que as radiografias digitais favorecem uma otimização de tempo de trabalho em consequência da eliminação do processamento químico, redução sensível na dose de radiação e rapidez na obtenção das imagens sem prejuízo aparente da qualidade das mesmas. Entretanto, é necessário um treinamento técnico por parte do profissional bem como uma adaptação da sua acuidade visual, pois o mesmo está acostumado a analisar uma radiografia convencional nas suas dimensões e certamente não estará familiarizado às ampliações das imagens observadas na tela do computador, cujas dimensões são bem maiores.

Hayek (1999) fez uma revisão dos sistemas de radiografias digitais pelos métodos diretos (CCD) e semidiretos (placas de fósforo). Segundo o autor, os sistemas CCD são assim denominados por utilizarem o CCD (Charge Couple Device) como

dispositivo para captação da imagem. Esse dispositivo é um chip de silício, sensível à luz ou à radiação X, que apresenta uma disposição bidimensional de elementos binários (pixels ou elemento colorido) que seriam a menor unidade de informação da imagem, cujo conjunto de filas e colunas forma a matriz digital do fóton-detector do sistema. O tamanho de cada pixel ou elemento colorido, que varia entre 20 e 50 milimicra e a quantidade destes por milímetro, em média 512 x 512 nos sistemas atuais, são os responsáveis pela caracterização da matriz ou resolução espacial da imagem. Portanto, quanto menor o tamanho do pixel, melhor será detalhe e a resolução espacial da imagem. O autor ressalta ainda que a utilização dos recursos de tratamento de imagem objetiva incrementar o processo de interpretação radiográfica e cita, entre outros exemplos, a ferramenta de pseudocolorização, que justamente por apresentar cores facilita a percepção visual do observador, isso porque o ser humano apresenta maior facilidade em identificar e diferenciar cores do que os diferentes tons de cinza de uma radiografia convencional ou sem tratamento digital. Quanto aos meios de obtenção das imagens radiográficas digitais diretas, eles podem ser de duas formas, com sensores CCD ou com películas de fósforo fotossensíveis. Os sensores CCD caracterizam-se pela necessidade de apresentarem um fio condutor para se conectarem ao restante do equipamento e ainda por apresentarem uma dimensão reduzida quando comparados aos filmes periapicais convencionais. Após a exposição aos raios X, o sensor (CCD) capta a imagem e por meio de um conversor analógico/digital, envia o sinal para o computador onde será feita a leitura, o armazenamento desses sinais em forma de figuras numéricas e que por sua vez, exibirá a imagem quase que em tempo real por meio do monitor. Durante a conversão digital, a informação contida na imagem é decomposta em bits (binary digits) e o brilho

de cada pixel do monitor é a representação direta do número de elétrons aprisionados em cada uma destas unidades de informação da imagem, sendo que este aprisionamento é proporcional à quantidade de energia incidente sob a forma de fótons de raios X ou luz. Portanto, após a exposição, cada pixel assume um valor digital correspondente a uma tonalidade de cinza disponível no sistema digital e que, por sua vez, fornecerá o contraste da imagem que poderá ser de 0 (zero) a 255 (preto absoluto e branco absoluto respectivamente). Quanto ao sensor com armazenamento de fósforo, este possui uma placa óptica de sais de fósforo fotoestimuláveis, que podem ser sensibilizados pelos fótons de raios X ou pela luz. Esses sensores se caracterizam por não apresentarem fios ou fibras ópticas acopladas e apresentam dimensões similares aos filmes radiográficos convencionais, são flexíveis, delgados e podem ser reutilizados. Quando expostos à radiação, uma certa quantidade de energia é armazenada na sua superfície, originando uma imagem latente nos pixels da sua porção ativa. O processamento da imagem é realizado posteriormente por meio de um scanner a laser, que inicialmente fará a pré-leitura, estimando a quantidade de radiação à que foi exposta, corrigindo se necessário, obtendo-se assim uma imagem calibrada e de boa qualidade. Decorrente da varredura a laser, a energia latente é liberada da placa e convertida numa série de sinais digitais, que serão enviados ao computador para armazenamento ou exibição da imagem na tela do monitor. Após esse processo, a placa deverá ser exposta a uma luz halógena, para descarregar uma eventual energia residual, podendo novamente ser utilizada.

Tolazzi, Pinto e Arita (2000) apresentaram as características básicas, vantagens e desvantagens, métodos de obtenção das imagens e aspectos legais das radiografias digitais utilizadas atualmente na Odontologia e que tem como principais objetivos uma

melhor qualidade de imagem, maior acurácia de diagnóstico e menor tempo de exposição às radiações ionizantes. O advento dos sistemas digitais representou um grande avanço da Radiologia, talvez o maior desde a descoberta dos raios X em 1895. Todavia, para que esse avanço seja realmente aproveitado, é necessário um controle rigoroso dos fatores responsáveis pela obtenção das imagens, conhecimento e domínio dos princípios básicos de interpretação e um criterioso protocolo para eleger a técnica mais adequada a cada situação. A utilização das radiografias digitais vem crescendo notoriamente entre os odontólogos e, portanto, uma regulamentação legal se faz necessária urgentemente.

Pinto e Rubira (2000) abordaram conceitos, sistemas, aplicações, vantagens e desvantagens das radiografias digitais pelos sistemas direto, indireto e semidireto, a fim de possibilitar um melhor entendimento e favorecer uma maior acurácia de diagnóstico por parte dos profissionais Cirurgiões-Dentistas. De acordo com os autores, a associação da Informática aos princípios básicos da Radiologia revigorou e incorporou novas frentes de trabalho, levando a um crescimento, impulso e novos rumos a essa especialidade odontológica. A reciclagem dos profissionais tornou-se imperiosa, pois continuamente estão chegando ao mercado de trabalho novas tecnologias e aparatos, requerendo assim uma constante atualização do profissional, sempre visando uma melhor qualidade dos exames por imagens e um menor tempo de exposição aos raios X. Entretanto, é necessário lembrar que de nada adianta todos esses avanços tecnológicos, se o profissional não apresentar requisitos básicos para uma correta interpretação radiográfica. É condição indispensável que o profissional tenha domínio dos aspectos radiográficos da anatomia dento-maxilo-facial e as possíveis alterações dentro de uma normalidade para que possa diferenciar dos aspectos patológicos, bem

como um domínio dos aspectos patológicos para que possa estabelecer um diagnóstico diferencial entre as diferentes lesões ósseas que podem acometer essa região. Outro fator de fundamental importância diz respeito ao domínio de técnicas e um criterioso sistema de eleição para a radiografia mais adequada para cada situação. Em relação aos sistemas de captação de imagens digitais, os autores relatam os sistemas diretos, indiretos e semidiretos, sendo essa última forma a mais recente e a que tem mostrado uma maior praticidade em ser utilizada, isso em função do emprego de películas ópticas à base de fósforo, que são semelhantes aos filmes convencionais em diferentes aspectos, tais como: dimensões idênticas, espessura delgada, reutilização, desinfecção, maior durabilidade, menor custo e ausência dos cabos conectores, possibilitando assim, a aplicação dos princípios básicos das técnicas radiográficas intra e extrabucais, fatores estes que têm permitido uma maior aceitação tanto por parte dos profissionais como dos pacientes. Como desvantagem desse sistema, os autores citam a necessidade do scanneamento das películas ópticas para a realização da leitura digital dos sinais captados durante a exposição aos raios X, provocando um ligeiro aumento de tempo para observação das imagens na tela do computador. Outro item abordado nesse trabalho diz respeito ao aspecto legal das imagens radiográficas digitais, já que o emprego da radiografia digital é uma realidade irreversível em diferentes especialidades odontológicas. É de capital importância que os fabricantes desses aparelhos e que os órgãos competentes que regem o exercício da Odontologia, associações e entidades de classe, bem como o Poder Judiciário, estabeleçam regras para que essas imagens tenham valor legal frente a possíveis pendências que possam surgir entre o paciente e o profissional, entre o profissional e os planos ou seguros de

vida ou de saúde, afinal não se pode esquecer que essas imagens podem ser manipuladas da forma que melhor convier.

Silva, Clasen e Aun (2000) avaliaram a eficácia do sistema digital direta (RVG - Trophy Radiologie) quanto à observação da distância entre a ponta do instrumento endodôntico e o ápice dentário, comparando com radiografia convencional. Durante a odontometria realizada em cinco incisivos centrais superiores esquerdos, a lima endodôntica tipo Kerr nº 15 foi fixada a 0,5, 1,0 e 1,5 mm aquém do ápice, sendo em seguida radiografados pelos sistemas digital direto e convencional, ambos pela técnica periapical pelo paralelismo. As imagens obtidas foram avaliadas por cinco examinadores, que estimaram a distância entre a ponta do instrumento e o ápice dentário. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois métodos radiográficos empregados, isso talvez, segundo os autores, em decorrência do aperfeiçoamento dos sistemas digitais quanto à resolução de imagem, que nos sistemas atuais estão iguais ou melhores que a observada nos filmes convencionais, possibilitando dessa forma a observação de detalhes sutis como, por exemplo, a ponta de instrumentos endodônticos de fino calibre ou ainda, quando essa resolução não interfere significativamente em uma interpretação de uma imagem digital direta quando comparada com a realizada por meio de filme radiográfico convencional, os recursos de tratamento de imagem oferecidos pelo sistema RVG superam essa limitação, proporcionando assim, radiografias aptas a serem avaliadas.

Aun et al. (2000) avaliaram a precisão da radiografia digital direta na determinação do comprimento de canais radiculares in vitro. Com esse objetivo, os autores utilizaram 15 dentes unirradiculares, que foram medidos da porção coronária até o ápice com o auxílio de um paquímetro, sendo que dessa medida foi subtraído 1

(um) milímetro. Essa nova medida foi transportada para os condutos radiculares por meio de uma lima endodôntica e os dentes novamente radiografados pela técnica periapical do paralelismo pelo sistema digital Sens-A-Ray 2000. As imagens das limas na tela do computador foram mensuradas três vezes com o recurso do medidor de distâncias do programa e de suas somatórias foi tirada uma média, que foi posteriormente comparada com as medidas obtidas pelo paquímetro. Os resultados obtidos mostraram uma distorção média de 0,412 para mais, com uma diferença estatisticamente significativa da ordem de 1%. Os pesquisadores sugerem que a distorção da imagem digital assim como nas radiografias convencionais, pode ocorrer em função das limitações inerentes às técnicas radiográficas empregadas e que devem ser levadas em consideração pelo observador diante de uma situação clínica, exigindo uma apurada precisão do operador assim como uma fidelidade matemática do software do sistema digital. Entretanto, as vantagens que os sistemas digitais oferecem são inúmeras e entre elas pode-se destacar a redução do tempo de exposição aos raios X, eliminação da película convencional e do seu processamento químico e a possibilidade de enviar a imagem para a tela do monitor quase imediatamente.

Eikenberg e Vandr  (2000) seccionaram crânios macerados em 15 sextantes. Os dentes foram removidos e 45 canais foram instrumentados até a foramina apical e limas de pequeno calibre foram fixadas no interior do conduto. Em seguida, os dentes foram re-inseridos em seus respectivos alvéolos. Foram obtidas radiografias convencionais com dois diferentes filmes radiográficos periapicais e por meio do sistema de radiografia digital Dexis. Essas imagens foram avaliadas por 15 cirurgiões-dentistas. A eles foi solicitado que mensurassem a distância da ponta da lima ao forame radiográfico. Entre a análise das radiografias convencionais e as digitais houve um intervalo de 4 a 6

semanas para evitar a familiarização com as imagens. Os resultados demonstraram que o erro nas mensurações foi significativamente menor para as imagens digitais do que para as radiografias convencionais.

Haiter Neto, Oliveira e Rocha (2000) por meio de uma revisão da literatura, avaliaram a radiografia digital como um método auxiliar de diagnóstico odontológico, mostrando o processo de formação, propriedades e características das imagens digitais, diferentes modalidades de sistemas, bem como as vantagens, desvantagens e limitações de cada um deles. Estudos realizados na fase inicial das radiografias digitais mostraram que as imagens digitalizadas (sistema indireto) apresentavam um melhor desempenho diagnóstico quando comparadas com os filmes convencionais, isso em razão das vantagens oferecidas pela utilização dos recursos da informática. Quando compararam o sensor direto com as placas de fósforo, os pesquisadores questionaram quanto ao tamanho e presença de cabo conector dos sensores diretos, pois em alguns casos o tamanho reduzido do sensor, abrangendo um único dente e a presença dos cabos conectores, pode dificultar a realização dos exames, porém, apresenta como vantagem o fato da imagem aparecer quase que de imediato na tela do computador após a exposição aos raios X. Quanto às placas de fósforo (SP), estas apresentam dimensões similares aos filmes convencionais e não necessitam de cabos conectores, mas para que a imagem apareça na tela do computador, é necessário um scanner apropriado para fazer a leitura da imagem latente armazenada pelos fótons -detectores e, portanto, demanda um tempo maior para observação das imagens. Outro item avaliado diz respeito à disposição física e utilização dos equipamentos dentro de um consultório. O sistema direto necessita estar próximo do paciente e somente poderá ser utilizado por um único profissional, já o sistema semidireto pode estar afastado e



compartilhado por diferentes profissionais durante o scanneamento das placas ópticas. Alguns fatores que determinam a qualidade da resolução espacial dos sistemas radiográficos também foram observados, Em relação ao número de pares de linha por milímetro, é sabido que os filmes convencionais apresentam de 12 a 14 pl/mm, os sensores diretos, de 8 a 10 pl/mm e a placa de fósforo, de 6 a 7 pl/mm. Portanto, apesar de os sistemas digitais oferecerem uma adequação da resolução espacial da imagem às tarefas de diagnóstico, não é correto afirmar que as radiografias digitais aumentam as informações contidas na imagem. O que ocorre na realidade é que os recursos oferecidos pelos softwares tornam-se valiosos auxiliares durante a avaliação dessas imagens. Outros fatores pesquisados foram o tamanho e o número de pixels da imagem, pois as variações desses fatores interferem no tempo de trabalho, na ampliação e tamanho do arquivo. Quanto menor o tamanho do pixel, maior a resolução da imagem, exigindo assim uma maior memória do arquivo e mais tempo para abertura, importação, exportação e armazenamento da imagem apesar de fornecerem melhor resolução e definição. Em relação às vantagens dos sistemas digitais quando comparadas às dos sistemas radiográficos convencionais, os autores ressaltaram: maior qualidade de imagem; redução entre 50 e 80 % na dose de radiação; ampliação benéfica da imagem na tela do computador; eliminação da fase de processamento químico e de todos os quesitos necessários para sua execução; manipulação das imagens por meios digitais; rapidez e facilidade para obtenção da ficha clínica com as respectivas imagens de exames do paciente; consulta simultânea por diferentes especialistas; intercâmbio via Internet; facilidade na exibição e elucidação das imagens ao paciente; reprodução das imagens quantas vezes for necessário, sem necessidade de nova exposição do paciente aos raios X; e maior latitude do sistema semidireto

frente à sub ou superexposições. As desvantagens destacadas foram: alto custo para aquisição e manutenção dos equipamentos; rigidez, volume externo e tamanho reduzido da face ativa dos sensores diretos (CCD); aspecto legal ainda não definido; e dificuldade na obtenção de um padrão de qualidade satisfatória na impressão das imagens. Os autores também observaram que os recursos oferecidos pelos softwares dos diferentes sistemas digitais são basicamente os mesmos, ou seja: manipulação do brilho e contraste; inversão da imagem (positiva/negativa); 3D (pseudo terceira dimensão); pseudocolorização; mensurações da densidade óptica; réguas para mensurações lineares e angulares; filtros digitais; rotação da imagem e vários níveis de zoom. Entretanto, segundo eles, as vantagens superam as citadas limitações e em conjunto com outros pesquisadores também acreditam que dentro de um certo tempo as radiografias digitais farão parte da rotina clínica e que substituirão os filmes convencionais.

De acordo com Pasler e Visser (2001), a Odontologia foi a primeira área da saúde a empregar radiografias digitais, isso em função das dimensões reduzidas dos filmes utilizados. Decorrente da grande sensibilidade e da larga faixa dinâmica (relação existente entre maior e menor dose de radiação para obtenção de imagem de diagnóstico) dos sensores digitais, foi possível reduzir significativamente a quantidade de radiação necessária para obtenção dessas imagens. O processamento digital abre novas e fascinantes possibilidades de pesquisa e aplicação clínica. A troca de informações entre colegas à distância possibilita a integração entre diferentes especialidades, visando uma melhor qualidade de atendimento ao paciente. Um fator importante para que o processo de digitalização não cause prejuízo na qualidade da imagem diz respeito ao tamanho do pixel, que deve sempre ser o menor possível,

evitando dessa forma que ele seja percebido unitariamente. A olho nu, o ser humano, com acuidade visual correta, é capaz de detectar estruturas de até 1mm, portanto, a dimensão do pixel numa suposta representação da imagem na relação de 1 : 1 não pode ser maior que 100 milimicra, caso contrário a imagem apresentará pixelização. Nos sensores CCD, o pixel apresenta uma dimensão de aproximadamente 20 milimicra e nas placas de fósforo 40 milimicra em média. Como as imagens são decodificadas em valores numéricos, o seu armazenamento ocorre como uma seqüência de números e devem ser salvos em arquivos pré-estabelecidos, geralmente em TIFF ou BMP. Esses arquivos não fazem a compactação (fusão de pixels) das imagens e dessa forma não perdem detalhes, embora ocupem um espaço muito grande na memória do computador. Outro fator importante na qualidade da imagem digital está relacionado à quantidade de pares de linha por milímetro (pl/mm). Quanto mais pares de linhas apresentar o sistema, melhor será a resolução da imagem. Os filmes convencionais apresentam em média 20 pl/mm, os sensores CCD, de 8 a 10 pl/mm e os SP, de 6 a 7 pl/mm, todavia, o olho humano com visão normal, é capaz de reconhecer até 10 pl/mm. As ferramentas de tratamento de imagens exigem que a seqüência numérica arquivada seja alterada ou recalculada, algumas delas exigem uma adição na quantidade de pixels, caso da autocorreção, por exemplo. Isso não adiciona novas informações na imagem, mas melhora a sua observação. O recurso de ampliação faz com que ocorra uma ampliação do número de pixels e quando houver uma grande ampliação da imagem, esses elementos tornar-se-ão visíveis, reduzindo assim a possibilidade de reconhecimento de detalhes. Já na representação reduzida, os pixels vizinhos se agrupam em um único ponto. As alterações de brilho e contraste provocam mudanças na disposição dos tons de cinza dos pixels, para mais ou para menos. Na inversão da

imagem (positivo/negativo), temos a troca dos valores numéricos dos tons de cinza dos pixels. Essa transformação pode ser retornada e não provoca perda de informações, e pode ser útil na avaliação de detalhes. Na aplicação de cores ocorre uma troca de paletas (quadro), onde uma de tons de cinza é trocada por uma de cores. Segundo os autores, essa pseudocolorização até o presente momento não tinha tido sucesso com finalidade de diagnóstico. O emprego de filtros de imagens como diminuição do ruído (noise), melhora de nitidez e relevo ou 3D requer um recálculo da seqüência numérica da matriz e geralmente provoca perda de informações. Para obtenção de radiografias padronizadas, porém, adquiridas em tempos diferentes, recomenda-se o emprego de suportes de filmes com bloco de mordida individual. Os autores também aconselham o emprego de diafragmas retangulares durante as tomadas radiográficas, pois desta forma também estará sendo reduzida a dose de radiação sobre o paciente.

Lamus, Katz e Glaros (2001) compararam o comprimento de trabalho com a ferramenta de medida segmental do sistema de radiografia digital Shick CDR e nas radiografias convencionais com filme E-speed. As medidas foram comparadas com as encontradas nas limas endodônticas (padrão ouro). As medidas não tiveram diferença significativa do padrão ouro, sendo a que mais se aproximou deste foi a radiografia convencional.

Loushine et al. (2001) realizaram um estudo in vitro para avaliar a acurácia da mensuração do comprimento de limas utilizando o sistema de radiografia digital Schick comparando medidas digitais calibradas com as não calibradas. Dez dentes unirradiculares foram utilizados aonde se introduziu uma lima nº 20. As imagens obtidas foram analisadas aleatoriamente por um examinador que determinou o comprimento da

lima usando medidas calibradas e não calibradas. Encontraram que as mensurações calibradas foram estatisticamente mais fidedignas do que as não calibradas.

Melius, Jiang e Zhu (2002) propuseram mensurar a distância entre o forame mínimo e o ápice anatômico radicular através de radiografias digitais e convencionais, utilizaram para isto, 30 dentes permanentes, nos quais após a cirurgia de acesso introduziram limas K, até a ponta da mesma se aproximar do forame mínimo, fizeram esta observação com um estereomicroscópio de aumento 40x. Após fixação das limas radiografaram os dentes com o sistema digital Schick CDR, e radiografias convencionais com o filme E-Speed. A distância entre a ponta do instrumento e o centro do ápice radiográfico foi mensurada diretamente pelo computador por meio do software Schick CDR e para as radiografias convencionais contou-se com o auxílio de um estereomicroscópio com aumento de 10X e uma régua milimetrada calibrada. A radiografia digital apresentou medidas maiores quando comparadas com as convencionais. Os autores atribuem esse fato a uma provável ampliação da imagem existente em alguns sistemas digitais.

Lozano, Forner e Llena (2002) compararam a eficácia dos sistemas radiográficos digital e convencional na odontometria. Foram utilizados os sistemas digitais Radiovisiografia e o de placa de fósforo foto-estimulável. Foram radiografados 70 dentes extraídos, nos quais foram introduzidas limas do tipo K-Flexofiles de números 8, 10 e 15. Os resultados demonstraram que a radiografia convencional, com qualquer tamanho de lima e com alteração de ângulo é a técnica mais precisa para determinar o comprimento de condutos. Os sistemas digitais são recomendados para limas de numeração superior à 15.

Chilvarquer e Mansini (2002) sugeriram que desde que a primeira radiografia odontológica foi realizada, em 1896, o exame radiográfico se tornou essencial para o diagnóstico e plano de tratamento nos consultórios dentários. Embora os filmes tenham tido sua sensibilidade aumentada em alto grau, ainda apresenta duas grandes desvantagens que são a alta dose de radiação e a necessidade do processamento químico. Essas desvantagens deixaram de existir com a chegada das radiografias digitais, pois as mesmas necessitam de aproximadamente 80% menos radiação do que as radiografias realizadas com filmes convencionais. Enquanto a exposição de um filme convencional do grupo E requer de 30 a 60 impulsos, o detector digital requer apenas de 3 a 5 impulsos, isso utilizando um aparelho radiográfico digital. Os autores também chamaram a atenção quanto à necessidade de completo entendimento anatômico tridimensional e suas relações com estruturas anatômicas envolvidas quando se vai realizar um diagnóstico e um plano de tratamento e que tradicionalmente, os cirurgiões-dentistas utilizam imagens radiográficas bidimensionais e confiam na subjetividade para imaginar as relações anatômicas em três dimensões.

Aproximadamente 12% dos dentistas holandeses, de um total de 7000, utilizam radiografias digitais diretas (CCD) ou semidiretas (placa de fósforo) em seus consultórios. Frente a esses dados, Berkhout, Sanderink e van der Stelt (2002) enviaram, por e-mail, um questionário para verificarem a opinião dos profissionais quanto às vantagens e desvantagens, características e modelo do sistema digital empregado, em quais condições esses profissionais faziam uso desses sistemas, grau de dificuldade e/ou facilidade no emprego de sistemas digitais, qual a faixa etária desses profissionais e se utilizavam radiografias digitais e/ou convencionais. Dos 578 questionários enviados, 424 foram respondidos e os resultados encontrados foram:

18% utilizam radiografias convencionais; 55% empregam placas de fósforo e 27% os CCDs. Emprego de radiografias digitais quanto à faixa etária: 14% entre 25 e 34 anos; 33% entre 35 e 44; 37% entre 45 e 54; e 16% entre 55 e 64 anos. Motivos pelos quais não utilizam sistemas digitais: 50% devido ao alto custo; 13% por não acreditarem nos seus benefícios; 12% porque acham que a imagem é pobre em qualidade; 4% por acreditarem ser muito complexa a sua utilização; 16% por outras razões; e 5% porque pretendem adquirir futuramente. Grau de dificuldade e/ou facilidade para o emprego dos sistemas digitais: os profissionais disseram ser bastante fácil preparar os sensores para sua utilização, bem como o seu scaneamento ou processamento, manutenção do sistema e arquivamento das imagens; quanto ao posicionamento nas regiões de molares e pré-molares os dentistas acharam fácil, assim como para a realização do diagnóstico; e quanto à utilização em crianças, os profissionais não observaram diferença entre os sistemas digitais ou filmes convencionais. Quanto ao tamanho dos sensores ou filmes: 35% utilizam películas de fósforo de um único tamanho e 65% usam sensores de diferentes tamanhos; 80% usam somente um tamanho de sensor CCD e apenas 20% utilizam outros tamanhos; e 50% usam filmes convencionais de um único tamanho e 50% variam o tamanho do filme de acordo com a necessidade. Frequência de acerto da tomada radiográfica quanto à área de interesse: 50% sempre acertam com películas de fósforo, 48% quando usam CCD e 38% quando usam filmes convencionais, 30% disseram acertar muitas vezes quando utilizam qualquer um dos sensores digitais ou filmes convencionais, 10% responderam que acertam às vezes quando empregam sistemas digitais ou filmes; e 20% responderam que nunca acertam com filmes convencionais e 10% com nenhum dos sensores.

Paula (2002) relatou que a Radiologia Odontológica tem procurado aliar as novas tecnologias oferecidas pela ciência à sua prática. É o caso da radiografia digital, um sistema que, utilizando recursos da informática, permite que uma imagem radiográfica seja observada na tela do computador em poucos segundos. Este sistema elimina a fase de processamento químico (revelação, fixação, banho intermediário, secagem e banho final) e requer uma pequena dose de radiação para obtenção da imagem, possibilitando dessa forma uma maior proteção do paciente e do operador. Contudo, este é um sistema de custo elevado, o que dificulta a sua aquisição por grande parte dos odontólogos, que continuam, assim, utilizando as radiografias convencionais.

Para Ferreyra (2003), a interpretação radiográfica é uma atividade cognitiva de alto nível e que tem como pilares de sustentação, a observação, o conhecimento e a experiência e se constitui numa etapa essencial do processo de diagnóstico. O profissional com sua capacidade de avaliar e reconhecer o que uma radiografia mostra exerce uma função fundamental para a detecção de lesões e transtornos que podem acometer os maxilares e que não são identificados durante o exame clínico. Para isso, o observador deve conhecer as condições normais e suas possíveis variações para identificar o patológico. Os autores também relataram o avanço observado na Radiologia nos últimos anos e citam como uma das principais conquistas o advento das radiografias digitais que possibilitaram uma redução sensível no tempo de exposição aos raios X, otimização de tempo e espaço físico, possibilidade de observação e manipulação quase imediata na tela do monitor, arquivamento e transmissão digital. Todavia, algumas desvantagens são lembradas, tais como o alto custo do sistema, sensor CCD de tamanho reduzido e presença de cabos conectores que em alguns casos dificultam um correto posicionamento durante as tomadas radiográficas,



promovendo dessa maneira aproximadamente 25% de repetições em função de erros técnicos relacionados à abrangência da área de interesse.

Rodríguez (2003) sugere que os computadores atuais são ferramentas poderosas e que parecem ter vida própria. Porém, para que eles realmente possam nos auxiliar, é necessário um correto comando e isso exige conhecimento, treino e experiência por parte do operador. Durante a digitalização de uma radiografia (sistema indireto), o scanner funciona como se fosse os “olhos” enfileirados do computador (cabeça leitora) e que tem a função de registrar a quantidade de luz que chegou e atravessou a radiografia, codificar e enviar a comunicação para o computador. Para fazer a leitura de toda a radiografia, o scanner divide a imagem como se fosse uma grade (matriz) e cada cela (pixel ou elemento de figura) dessa grade recebe um valor numérico que corresponde a um determinado tom de cinza, montando assim a imagem digital. Essa transformação de imagem analógica em digital é denominada de manipulação computadorizada. A resolução e número de tons de cinza dependem do sistema digital utilizado, por exemplo, um sistema com resolução de 512x480 pixels, tem 256 tons de cinza. Na realidade, o processo de digitalização não aumenta a informação disponível na radiografia, pelo contrário, diminui, mas de uma tal forma, que a imagem pode ser lida e analisada por um ordenador digital, que possibilita descobrir pequenas diferenças que o olho humano jamais reconheceria. Os scanners se diferenciam entre si em função de duas características: 1) a quantidade de componentes eletrônicos por polegada que têm a cabeça leitora para fazer a leitura da imagem, ou seja, a capacidade de resolução máxima; 2) a forma como faz a leitura da imagem. Os scanners que exploram radiografias estão preparados para rastrear a luz que passa pela imagem e os scanners que exploram outros tipos de imagens analisam

a luminosidade que reflete um impresso opaco ou sem transparência. Outra forma de adquirir as imagens radiográficas digitalizadas é por meio de câmeras fotográficas ou de vídeos digitais, que proporcionam imagens de boa resolução e que também são enviadas diretamente para o computador. Portanto, esses equipamentos periféricos precisam estar ajustados ao computador e atender às necessidades de cada profissional para que possam proporcionar resultados satisfatórios. Outro aspecto abordado no trabalho, diz respeito à que se destina essa radiografia scaneada, pois dependendo da maneira de como ela será observada ou utilizada, a resolução da imagem para o scaneamento deverá sofrer modificações, já que estará na dependência da resolução de imagem do monitor que será utilizado ou ainda, se vai ser impressa ou não. Para finalizar, o autor diz que vivemos numa época de constante transição, com mais pessoas, mais ferramentas, mais conhecimentos e que a idéia de um intercâmbio de informações em escala mundial já é uma realidade, sendo necessário armazenar, transmitir e acessar as novidades que influenciam de maneira importante os profissionais da área da saúde. Quase todas as atividades voltadas para a prevenção e melhoria da saúde do indivíduo dependem fortemente da informação e que, por isso, é condição fundamental que o profissional se atualize constantemente e que coloque em prática todos os recursos disponíveis para uma melhor qualidade de vida, incrementando assim a nossa capacidade para perceber, pensar e atuar no mundo como seres humanos.

Basrani, Mah e Pascon (2003) sugerem que para compreender o significado da imagem, primeiro é preciso entender seu processo de formação. O sentido da visão é um mecanismo altamente complexo, implícito e subconsciente, porém, para a interpretação de uma imagem por meio de um computador, é necessário que esse

processo se torne consciente. Para os autores, as radiografias não são lidas e sim interpretadas. O ato da leitura significa ver um conjunto de letras e formar uma palavra, portanto, todas as vezes que essas letras forem colocadas na mesma ordem, a palavra lida será sempre a mesma. Fato este que não ocorre quando é realizada a interpretação radiográfica, pois outros fatores subjetivos inerentes ao observador como, por exemplo, conhecimento de anatomia e de processos patológicos, experiência clínica, estado emocional e psicológico no momento do processo de interpretação, influenciará diretamente no resultado final desse procedimento.

Siragusa e Mc Donnell (2003) discutiram sobre a aplicação de imagens radiográficas digitais na Educação e na Saúde Odontológica e sugerem que o processo de diagnóstico tem como objetivo principal traçar uma conduta correta de tratamento e os exames por imagens são de fundamental importância em todas as suas etapas. Os autores lembram ainda que, os diferentes tons de cinza observados em uma radiografia permitem avaliar o nível de mineralização de uma determinada região, observação esta que muitas vezes não pode ser realizada durante uma avaliação clínica. Todavia, apesar do auxílio imprescindível dos exames radiográficos, limitações inerentes a eles existem e precisam ser minimizadas. Procurando incrementar o processo de diagnóstico por imagens, novas opções surgiram e dentre elas, as radiografias digitais, sobretudo as diretas. Esse sistema de obtenção de imagens ainda carece de muitas avaliações, principalmente sobre sua aplicação clínica.

Para Whaites (2003) a radiografia digital é um método de diagnóstico bastante promissor, embora leve algum tempo até sua utilização rotineira se tornar realidade. Durante a obtenção das radiografias convencionais, três variáveis são básicas: precisão geométrica, fatores de exposição e processamento químico. Nas

radiografias digitais, dois desses princípios podem ser eliminados, o processamento químico e fatores relacionados ao tempo de exposição aos raios X, contudo, a precisão geométrica deve ser mantida, ou seja, os cuidados técnicos durante as tomadas radiográficas devem ser respeitados.

Pinto (2003) avaliou a eficiência dos sistemas radiográficos digitais de uso odontológico, na identificação e localização do forame mental e o grau de confiabilidade das ferramentas de mensuração dos sistemas digitais e o grau de concordância entre examinadores com relação a esses aspectos. Para isso, utilizou 20 mandíbulas maceradas, das quais radiografou as regiões de pré-molares pela técnica da bissetriz com uso de posicionador, por meio dos sistemas digitais direto, semidireto e indireto. Três examinadores avaliaram digitalmente as imagens objetivando a possibilidade e a qualidade de observação do forame mental e a mensuração da distância entre a porção mais superior do forame até o rebordo alveolar. Essas medidas foram comparadas com as obtidas nas peças anatômicas com auxílio de um paquímetro digital. Concluiu que o sistema digital direto foi o que proporcionou melhor observação do forame e mensurações mais fidedignas. O sistema indireto foi o que possibilitou maior concordância entre os examinadores quanto às mensurações. O procedimento técnico foi mais cômodo com a utilização do sistema semidireto.

Wenzel e Kirkevang (2004) avaliando a medida do tratamento endodôntico com dois sistemas de radiografia digital CCD e PSP, e seus respectivos programas, observaram que os alunos demoraram mais tempo usando o sensor CCD, do que o PSP, o qual era mais fácil de posicionar. As medidas de ambos os sistemas foram maiores que o comprimento real do dente.

De acordo com Fenyo-Pereira (2004), as radiografias digitais possibilitaram novas e eficazes alternativas de diagnóstico por imagem e que, decorrente do grande avanço tecnológico e com essa nova proposta de diagnóstico recentemente observado na Radiologia, um vasto campo de pesquisa foi aberto, genericamente conhecido como “Radiografia Digital”. Segundo o autor, a radiografia digital foi um dos resultados positivos decorrentes de intensas pesquisas desenvolvidas pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) que processavam as imagens captadas na lua para chegarem até nós. Além disso, em uma comparação entre os detectores digitais (CCD - direto e SP - semidireto), pode-se observar vantagens e desvantagens, por exemplo, o sensor CCD tem uma vida útil maior, ao passo que a placa de fósforo (SP) sofre degradação mecânica; a placa de fósforo oferece maior facilidade de posicionamento, pois não necessita dos cabos conectores presentes no CCD, que em alguns casos dificultam as tomadas radiográficas. Quando for empregada a ferramenta de zoom, é necessário observar um limite na sua aplicação, caso contrário a imagem perderá a qualidade.

Chen et al. (2004) avaliaram a acurácia da estimativa do comprimento do dente e sua área através de radiografias digitais. Oito dentes uniradiculares foram digitalizados em três dimensões pela técnica da mensuração da superfície de área. Observaram que a estimativa do comprimento da raiz por mensuração da superfície de área do osso alveolar até o ápice radicular não foi obtido nas medidas lineares e que a imagem digital possui vantagens em relação à imagem convencional, por apresentar ferramentas como a relatada anteriormente.

Woolhiser et al. (2005) avaliaram a qualidade da imagem digital para a determinação do comprimento endodôntico, por meio de filmes radiográficos intra-orais

de velocidades D e F e a imagem digital. Utilizaram limas K-flex nº15 em 51 canais de 34 dentes de crânios macerados. Mediram a distância da ponta da lima até o ápice radicular nas radiografias convencionais e nas mesmas digitalizadas. Retiraram os dentes dos crânios humanos macerados para a obtenção do comprimento real dos dentes e compararam estas medidas com as obtidas nos quatro tipos de radiografia. Estatisticamente não foram observadas diferenças significantes entre os quatro grupos, assim a única diferença foi com relação a superior qualidade da imagem digitalizada.

### **3 PROPOSIÇÃO**

O objetivo no nosso trabalho foi comparar o fator de correção da ferramenta de medidas de três diferentes sistemas de radiografia digital para avaliar o grau de confiabilidade.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Material**

O material foi composto por 20 (vinte) dentes humanos permanentes, fornecidos pelo banco de dentes permanentes da FOU SP.

O critério de seleção dos dentes foi a presença de coroa íntegra. Uma vez selecionados, os dentes foram etiquetados e numerados.

O projeto de Pesquisa foi aprovado pelo CEP (Comitê de Ética em Pesquisa) da FOU SP, sob o Protocolo nº 176/05 (Anexo A).

### **4.2 Métodos**

Foi confeccionado um dispositivo para padronização do posicionamento dos dentes durante os processos de mensuração a que foram submetidos.

Esse dispositivo constituiu-se de uma base de poliéster que, corresponde a um filma radiográfico periapical virgem do qual foi retirada toda a emulsão de sais de prata. Duas hastes de fio ortodôntico de aço medindo 5mm e 10mm foram fixadas à base radiográfica com cola permanente. Estas foram fixadas linearmente separadas entre si por um espaço de 5mm onde os dentes foram posicionados em sua linha



equatorial. As hastes indicaram a região de medida da coroa dental, havendo assim a padronização de técnica quanto à referência para localização das mensurações anatômica e radiográfica (Figura 4.1).

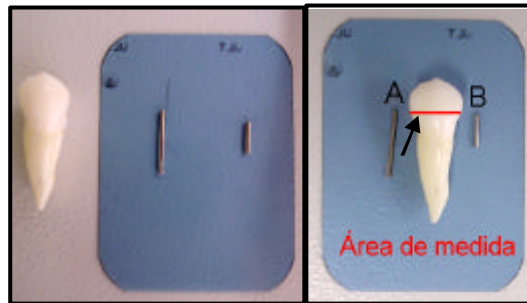


Figura 4.1 - Dente posicionado junto aos padrões metálicos e indicação da área de medida

A mensuração anatômica correspondente à medida controle denominada real (padrão ouro), foi obtida com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo), tomando-se a medida da distância méso-distal, tendo-se como referência as hastes metálicas inseridas no dispositivo padrão. (Figura 4.2)



Figura 4.2 - Paquímetro aplicado na mensuração dos dentes

Para a mensuração digital, foram utilizados três diferentes sistemas de radiografia digital. Dois sistemas por captação direta da imagem, com sensor do tipo CCD (Charge Couple Device), modelos RVG (Trophy – França) e Visualix (Gendex - EUA), os quais são conectados ao computador por cabo, onde após a sensibilização e ativação dos sinais elétricos, os mesmos são transferidos a um conversor que os transforma em sinais digitais onde se forma a imagem propriamente dita, a qual pode ser analisada e manipulada na tela de um computador (Figura 4.3).

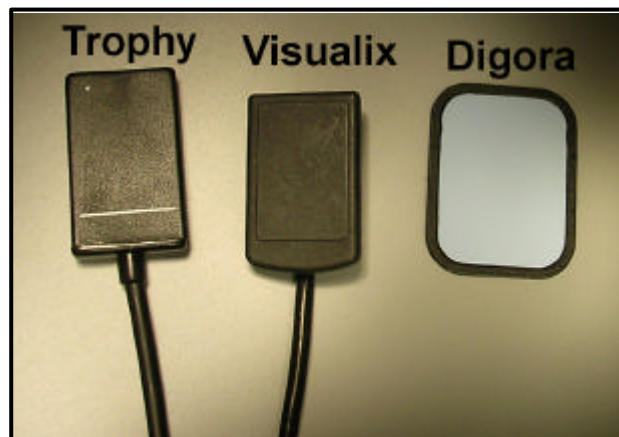


Figura 4.3 – Sensores dos sistemas de Radiografias digitais

O outro sistema de captura foi o tipo semi-direto, modelo Digora (Soredex – EUA) que é composto por placa com cristais de fósforo que se sensibilizam ao serem expostas aos raios X e armazena a imagem obtida até que seja inserida em um scanner que captura a imagem latente contida na placa, por meio de um feixe de luz a laser, que ao mesmo tempo em que captura a imagem, remove-a da placa, deixando-a placa pronta para um próximo uso (Figuras 4.3 e 4.4)..

Para as tomadas radiográficas utilizou-se um aparelho emissor de raios-X Elitys (Trophy) 70kVp e 7mA e 0.45s de tempo de exposição. Tempo este igual para todos os dentes.

Sobre a base padrão previamente confeccionada posicionou-se o dente com sua linha equatorial tangenciada pelos padrões metálicos. E sob a base padrão foi posicionado o radiográfico. Para que o dente não mudasse de posição durante o transporte de um sensor para outro, sua fixação sobre a base de acetato deu-se por fita adesiva dupla-face.



Figura 4.4 - Dente posicionado sobre a base de padronização sobre o sensor do sistema digital Digora

O aparelho de radiografia foi posicionado com o cilindro indicador voltado perpendicular ao sensor, de forma que os feixes de raios-X fossem paralelos às faces interproximais do dente a ser radiografado.

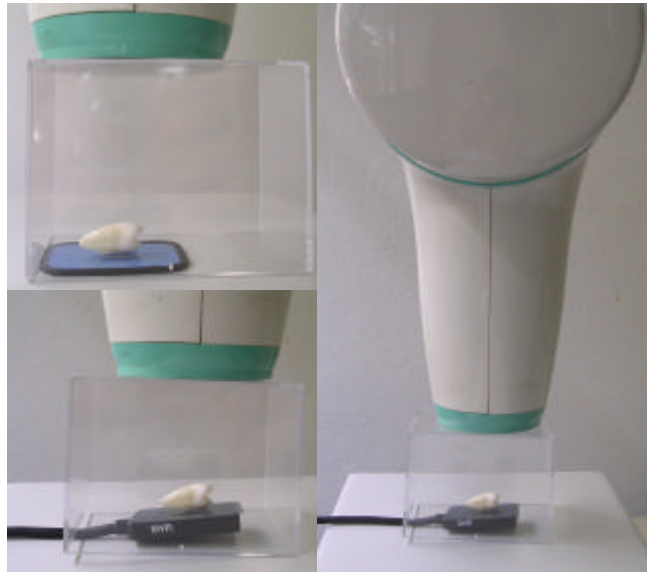


Figura 4.5 – Padronização da técnica

Para a fase de captura das imagens pelos sistemas digitais, procedeu-se da seguinte forma:

Para cada sistema foram realizadas as seguintes capturas de imagem:

1. sem calibragem
2. com calibragem em “A” (padrão metálico de 10 mm de comprimento)
3. com calibragem em “B” (padrão metálico de 5 mm de comprimento)

A obtenção das medidas, pelos sistemas digitais respeitaram as indicações de cada fabricante (Figura 4.6).

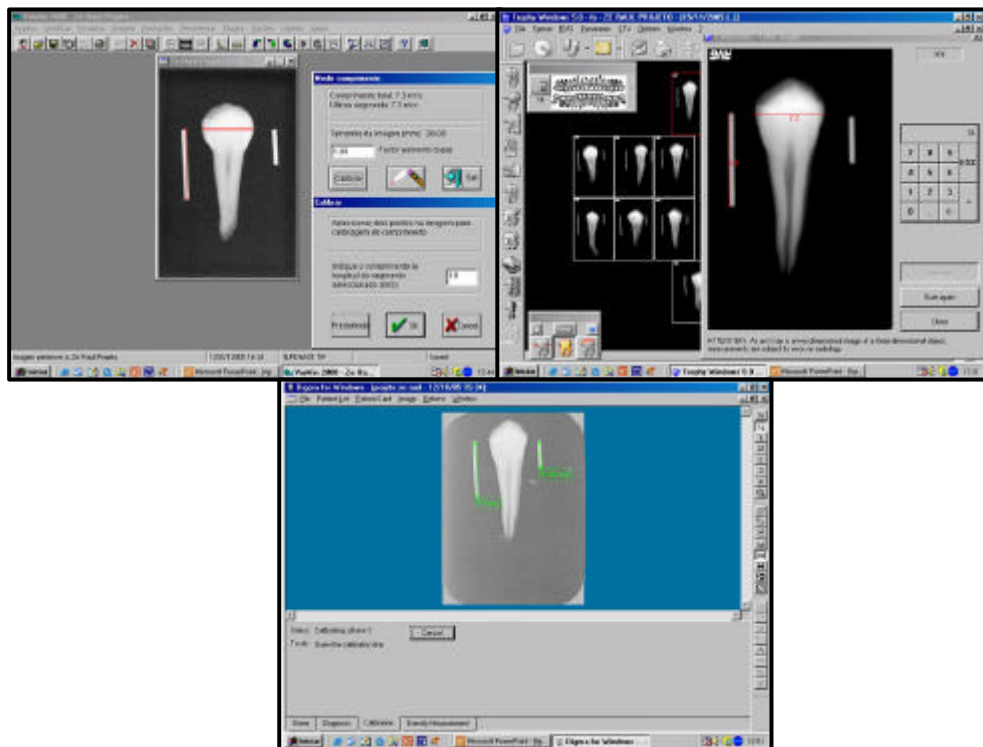


Figura 4.6 - Imagem referente a cada sistema mostrando a calibragem

As imagens obtidas foram submetidas à análise e mensuração por 4 observadores, que não tiveram conhecimento prévio das medidas anatômicas dos dentes. Os observadores foram orientados no sentido de local e ponto ideal para se fazer as medidas.

Os valores foram tabulados e submetidos a testes estatísticos por um modelo de Análise de Variância (ANOVA), seguido do método de Tukey à nível de 1% e o método de Dunnett.

## 5 RESULTADOS

A análise deste trabalho foi dividida em duas partes.

Na primeira parte, foi utilizado um modelo de Análise de Variância (ANOVA), com medidas repetidas nos 3 fatores, para comparar a média das medidas obtidas através dos 3 aparelhos, levando-se em consideração os diferentes padrões, bem como as medidas realizadas por cada um dos avaliadores. No caso de significância estatística, foi utilizado o método de Tukey para as comparações múltiplas.

A primeira parte da análise refere-se à comparação das medidas obtidas, levando-se em consideração o aparelho utilizado (DIGORA, VISUALIX, TROPHY), o padrão de calibragem (padrão A, padrão B, sem padrão) e o avaliador (avaliador 1, avaliador 2, avaliador 3, avaliador 4).

Segue na tabela abaixo o resultado obtido através de um modelo de ANOVA com 3 fatores, considerando as amostras como medidas repetidas nos 3 fatores.

Tabela 5.1 - Resultado da ANOVA, considerando um modelo com 3 fatores

Fator	graus de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	P
Aparelho	2	340,6361	170,3181	463,06	<0,001
Padrão	2	1,6508	0,8254	35,67	<0,001
Avaliador	3	0,7689	0,2563	1,15	0,335
aparelho*padrão	4	0,2320	0,0580	2,99	0,024
aparelho*avaliador	6	4,8868	0,8145	2,30	0,039
Padrão*avaliador	6	1,8506	0,3084	8,31	<0,001
aparelho*padrão*avaliador	12	5,6574	0,4714	15,66	<0,001

Tabela 5.2 - Medidas resumo para a distância méso-distal de coroas de dentes pré-molares permanentes, de acordo com o aparelho utilizado

	média	d.p.	mínimo	mediana	máximo
DIGORA	6,17	0,56	4,43	6,15	7,66
VISUALIX	7,65	0,63	6,10	7,60	8,90
TROPHY	7,60	0,64	5,60	7,60	8,70

Aplicou-se a técnica de comparações múltiplas o método de Tukey e verificou-se que o aparelho DIGORA apresentou média mais baixa que os aparelhos VISUALIX e TROPHY, sendo que esses dois últimos não apresentaram diferenças significantes entre si.

Tabela 5.3 - Resultado das comparações múltiplas, entre os aparelhos utilizados

Aparelhos	DIGORA	VISUALIX	TROPHY
DIGORA		*	*
VISUALIX			Ns
TROPHY			

\* = comparações significantes, método de Tukey

ns = não significante

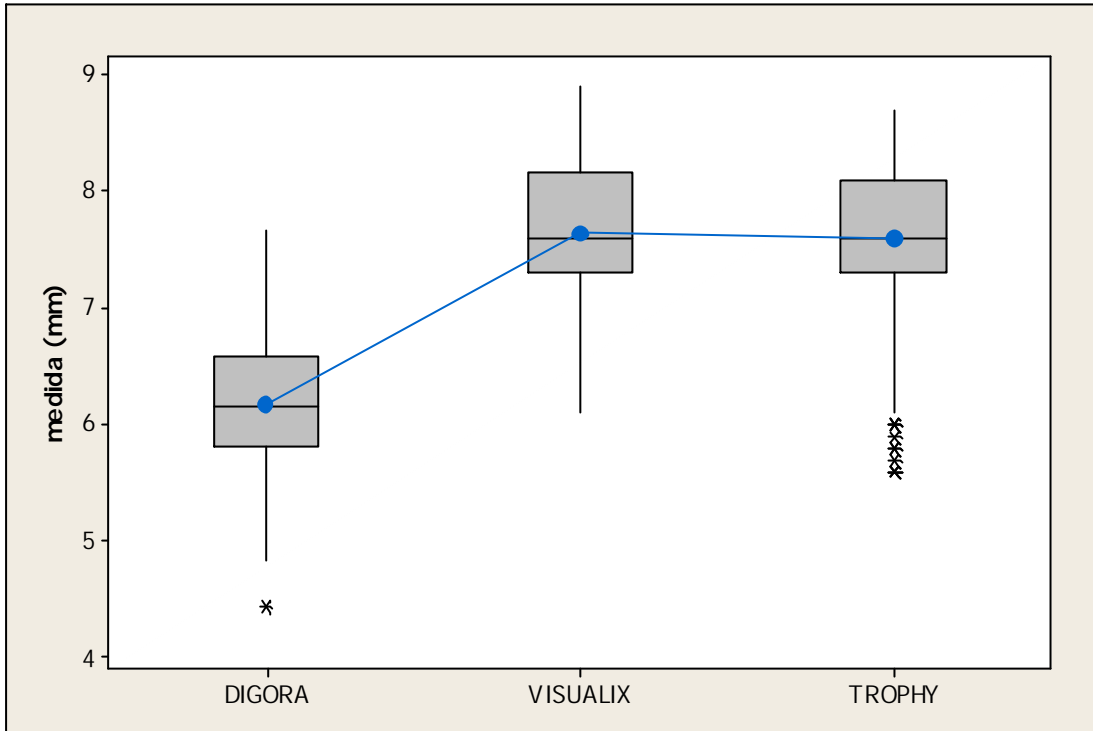


Gráfico 5.1 - Gráfico de Boxplot<sup>1</sup> para as medidas realizadas através de cada um dos aparelhos

Na tabela 5.4 seguem os resultados obtidos através dos modelos de ANOVA com 2 fatores (aparelho e avaliador) para cada padrão de calibragem.

<sup>1</sup> **Boxplot:** é uma técnica que mostra graficamente algumas medidas resumo de um conjunto de dados, tais como: média, mediana, valor mínimo, valor máximo, bem como eventuais valores extremos chamados de *outliers*, e representados por um asterisco (\*). A média é indicada por um ponto azul, a mediana é representada por uma linha horizontal que fica dentro da caixa retangular, os valores dentro da caixa representam 50% dos dados, os valores mínimo e máximo são aqueles que correspondem ao extremo inferior e superior respectivamente, das linhas verticais que saem das caixas.



Tabela 5.4 - Resultado da ANOVA, modelo com 2 fatores, de acordo com o padrão de calibragem

Fator	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	p
<b>sem padrão:</b>					
Aparelho	2	111,2608	55,6304	397,32	<0,001
Avaliador	3	2,4661	0,8220	7,85	<0,001
aparelho*avaliador	6	8,0349	1,3391	9,09	<0,001
<b>Padrão A:</b>					
Aparelho	2	111,3808	55,6904	487,68	<0,001
Avaliador	3	0,0479	0,0160	0,19	0,902
aparelho*avaliador	6	0,7955	0,1326	1,04	0,404
<b>Padrão B:</b>					
Aparelho	2	118,2266	59,1133	387,87	<0,001
Avaliador	3	0,1055	0,0352	0,33	0,807
aparelho*avaliador	6	1,7137	0,2856	2,06	0,063

g.l. = graus de liberdade

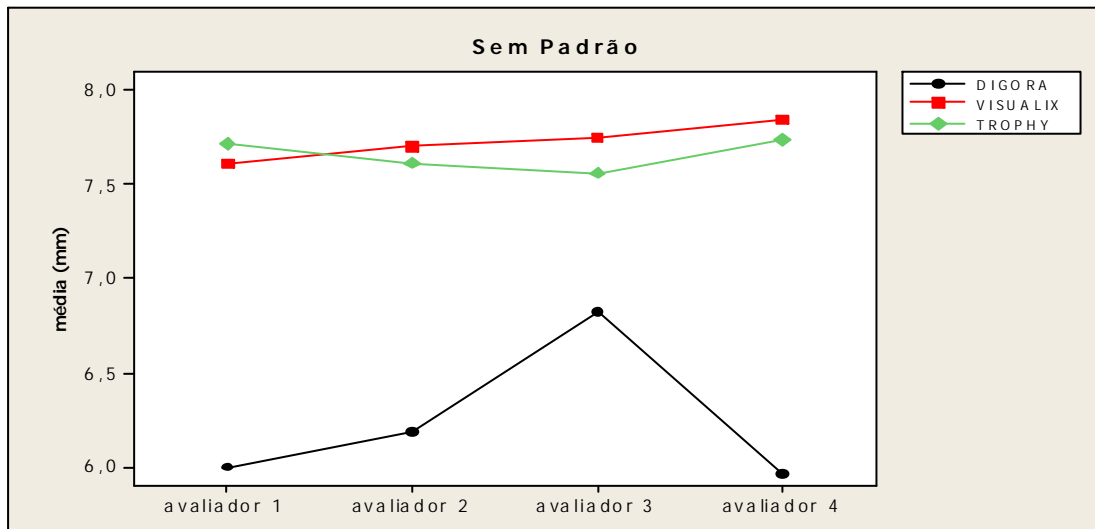


Gráfico 5.2 - Médias para as medidas realizadas sem o padrão de calibragem

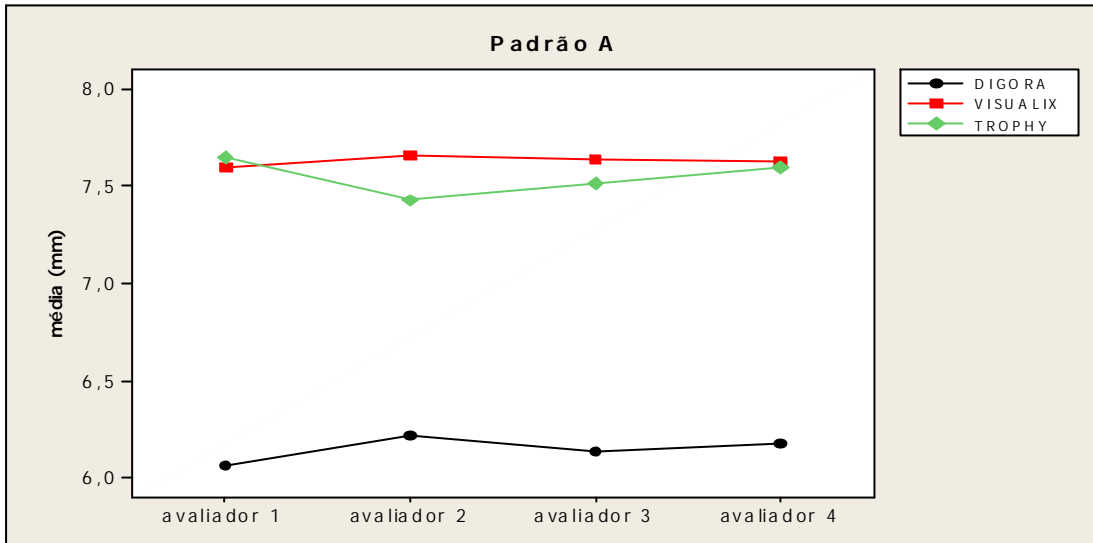


Gráfico 5.3 - Médias para as medidas realizadas com o padrão A de calibragem

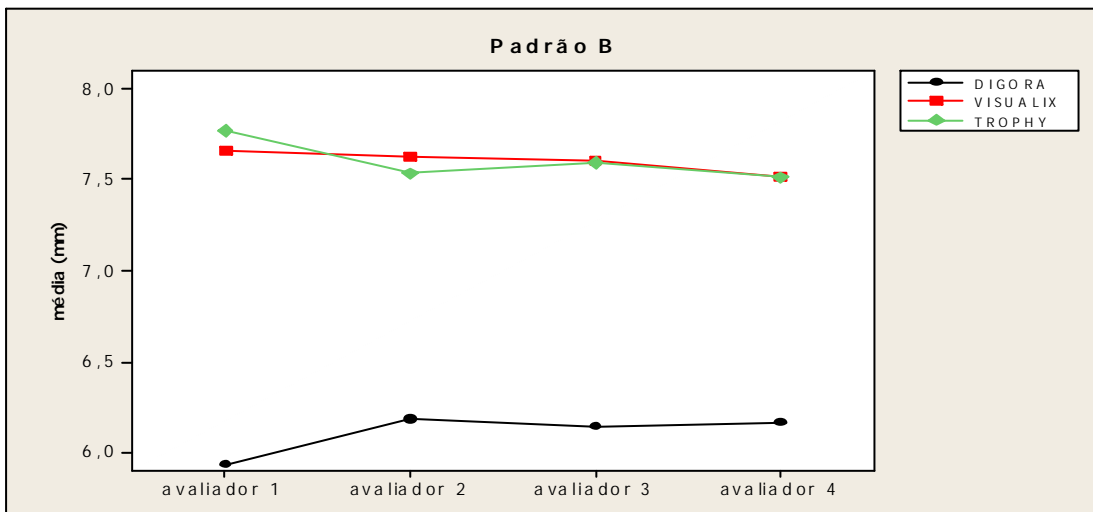


Gráfico 5.4 - Médias para as medidas realizadas com o padrão B de calibragem

Tabela 5.5 - Resultado das comparações múltiplas entre as medidas realizadas por cada avaliador, com cada um dos aparelhos, sem o padrão de calibragem.

AP. AVAL.	DIG 1	DIG 2	DIG 3	DIG 4	VIS 1	VIS 2	VIS 3	VIS 4	TRO 1	TRO 2	TRO 3	TRO 4	
DIG 1		ns	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	
DIG 2			*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	
DIG 3				*	*	*	*	*	*	*	*	*	
DIG 4					*	*	*	*	*	*	*	*	
VIS 1						ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	
VIS 2							ns	ns	ns	ns	Ns	ns	
VIS 3								ns	ns	ns	Ns	ns	
VIS 4									ns	ns	Ns	ns	
TRO 1										ns	Ns	ns	
TRO 2												Ns	ns
TRO 3													ns
TRO 4													

\* = comparações significantes, método de Tukey

ns = não significante

Na segunda parte, o interesse estava em comparar as médias das medidas obtidas pelos aparelhos, com a medida considerada de referência (obtida através de um paquímetro).

Como a medida obtida pelo paquímetro foi realizada uma única vez (por apenas 1 dos avaliadores), a análise foi feita separadamente para cada um dos avaliadores, através de um modelo da ANOVA com apenas 1 fator. O fator neste caso é a

combinação do aparelho utilizado, com o padrão de calibragem, ou seja, a comparação será feita entre a medida do paquímetro e as medidas obtidas pelo aparelho DIGORA-sem padrão, DIGORA-padrão A, DIGORA-padrão B, VISUALIX-sem padrão, VISUALIX-padrão A, VISUALIX-padrão B, TROPHY-sem padrão, TROPHY-padrão A e TROPHY-padrão B.

No caso de significância estatística, foi utilizado o método de Dunnett para as comparações múltiplas entre a medida de referência e as medidas obtidas pelos aparelhos.

Comparações múltiplas, pelo método de Dunnett, foram realizadas para identificar qual das combinações aparelho/padrão calibragem produziu média significativamente diferente do valor de referência.

O método de Dunnett foi escolhido por ser o mais indicado no caso de comparações múltiplas com um grupo considerado controle (medidas consideradas como valor de referência obtidas através do paquímetro).

Os resultados obtidos através da ANOVA foram todos significativos, indicando que pelo menos 1 par de médias apresentou diferença estatística significativa. As comparações múltiplas (método de Dunnett) indicadas nas tabelas a seguir, mostram o comportamento dos aparelhos com e sem padrão.

Tabela 5.6 - Resultado da ANOVA, modelo com 1 fator<sup>2</sup>, para cada um dos avaliadores

	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	p
avaliador 1	9	116,009	12,890	35,21	< 0,001
avaliador 2	9	83,665	9,296	26,06	< 0,001
avaliador 3	9	71,533	7,948	18,40	< 0,001
avaliador 4	9	100,644	11,183	35,21	< 0,001

g.l. = graus de liberdade

Tabela 5.7- Medidas resumo para a distância méso-distal de coroas de dentes pré-molares permanentes, de acordo com o aparelho e o padrão de calibragem utilizado, obtidas pelo avaliador 1

AVALIADOR 1	média	d.p.	mínimo	mediana	máximo	dunnett*
<b>Valor referência:</b>	<b>7,62</b>	<b>0,62</b>	<b>6,22</b>	<b>7,59</b>	<b>8,65</b>	<b>-</b>
DIGORA - s/ padrão	6,00	0,62	4,43	6,05	7,04	*
DIGORA - padrão A	6,06	0,46	5,12	6,05	6,72	*
DIGORA - padrão B	5,94	0,48	5,00	5,87	6,66	*
VISUALIX – s/ padrão	7,61	0,64	6,10	7,55	8,60	ns
VISUALIX - padrão A	7,60	0,63	6,20	7,60	8,50	ns
VISUALIX - padrão B	7,65	0,64	6,10	7,50	8,50	ns
TROPHY – s/ padrão	7,72	0,64	6,00	7,70	8,60	ns
TROPHY - padrão A	7,65	0,67	5,80	7,65	8,60	ns
TROPHY - padrão B	7,77	0,61	6,10	7,80	8,70	ns

\* = comparação estatística significante com o valor de referência, método de Dunnett

ns = não significante

<sup>2</sup> O fator, neste caso, é a combinação do aparelho utilizado, com o padrão de calibragem, ou seja, a comparação será feita entre a medida do paquímetro (REFERÊNCIA) e as medidas obtidas pelo aparelho DIGORA-sem padrão (DIG), DIGORA-padrão A (DIG-A), DIGORA-padrão B (DIG-B), VISUALIX-sem padrão (VIS), VISUALIX-padrão A (VIS-A), VISUALIX-padrão B (VIS-B), TROPHY-sem padrão (TRO), TROPHY-padrão A (TRO-A) e TROPHY-padrão B (TRO-B).

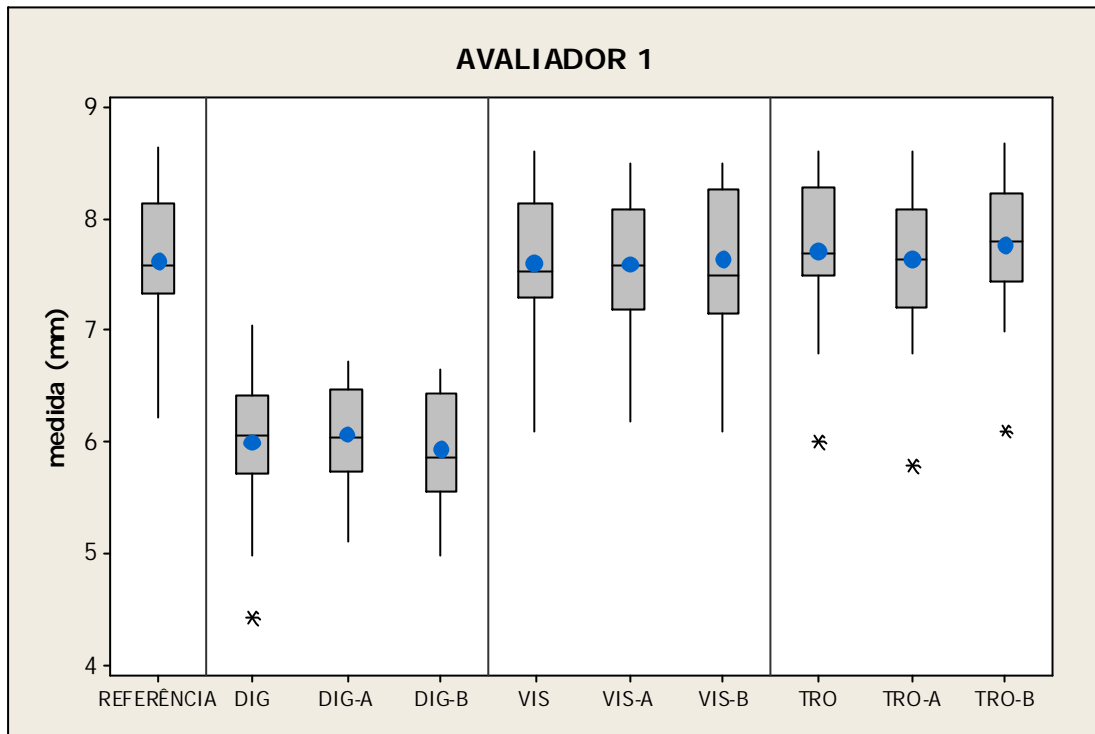


Gráfico 5.5 - Boxplot para as medidas realizadas através de cada um dos aparelhos e padrões de calibragem, obtidas pelo avaliador 1

Tabela 5.8 - Medidas resumo para a distância méso-distal de coroas de dentes pré-molares permanentes, de acordo com o aparelho e o padrão de calibragem utilizado, obtidas pelo avaliador 2

AVALIADOR 2	média	d.p.	mínimo	mediana	máximo	dunnett*
<b>Valor referência:</b>	<b>7,62</b>	<b>0,62</b>	<b>6,22</b>	<b>7,59</b>	<b>8,65</b>	<b>-</b>
DIGORA - s/ padrão	6,19	0,50	5,20	6,18	6,96	*
DIGORA - padrão A	6,22	0,46	5,20	6,20	6,88	*
DIGORA - padrão B	6,19	0,53	5,08	6,18	7,16	*
VISUALIX - s/ padrão	7,70	0,61	6,30	7,70	8,80	ns
VISUALIX - padrão A	7,67	0,60	6,20	7,65	8,60	ns
VISUALIX - padrão B	7,63	0,67	6,40	7,55	8,80	ns
TROPHY - s/ padrão	7,62	0,65	6,00	7,50	8,60	ns
TROPHY - padrão A	7,43	0,63	5,60	7,50	8,30	ns
TROPHY - padrão B	7,53	0,67	5,70	7,55	8,40	ns

\* = comparação estatística significativa com o valor de referência, método de Dunnett  
ns = não significativa

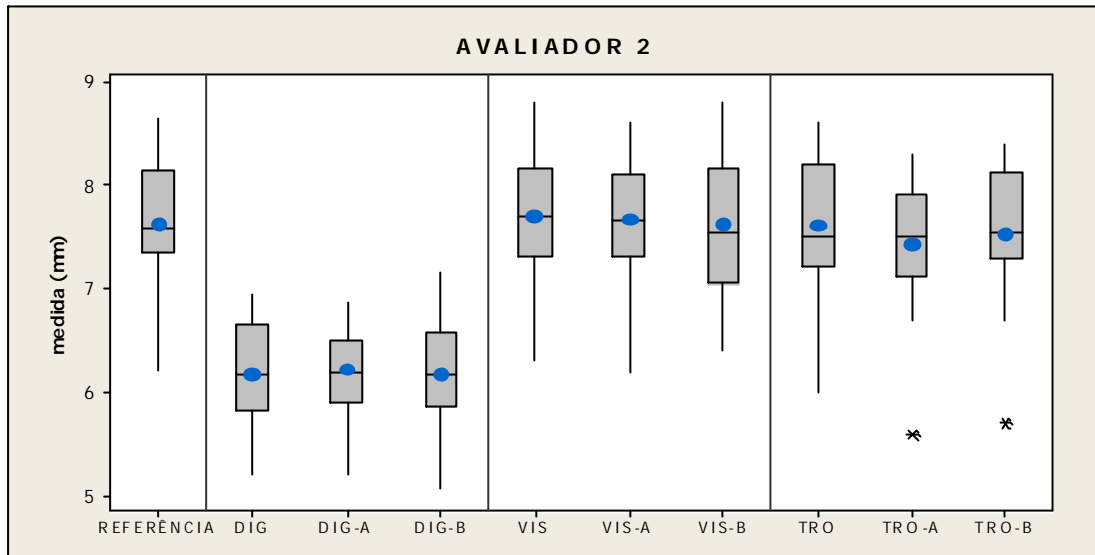


Gráfico 5.6 - Boxplot para as medidas realizadas através de cada um dos aparelhos e padrões de calibragem, obtidas pelo avaliador 2

Tabela 5.9 - Medidas resumo para a distância méso-distal de coroas de dentes pré-molares permanentes, de acordo com o aparelho e o padrão de calibragem utilizado, obtidas pelo avaliador 3

AVALIADOR 3	média	d.p.	mínimo	mediana	máximo	dunnett*
<b>Valor referência:</b>	<b>7,62</b>	<b>0,62</b>	<b>6,22</b>	<b>7,59</b>	<b>8,65</b>	<b>-</b>
DIGORA – s/ padrão	6,83	0,63	5,38	6,79	7,66	*
DIGORA - padrão A	6,14	0,61	4,83	6,10	7,03	*
DIGORA - padrão B	6,15	0,57	4,88	6,20	6,93	*
VISUALIX - s/ padrão	7,75	0,66	6,10	7,65	8,70	ns
VISUALIX - padrão A	7,64	0,65	6,10	7,65	8,50	ns
VISUALIX - padrão B	7,60	0,74	6,20	7,55	8,90	ns
TROPHY - s/ padrão	7,56	0,66	5,80	7,40	8,50	ns
TROPHY - padrão A	7,52	0,70	5,60	7,45	8,60	ns
TROPHY - padrão B	7,59	0,73	5,60	7,60	8,70	ns

\* = comparação estatística significativa com o valor de referência, método de Dunnett  
 ns = não significativa

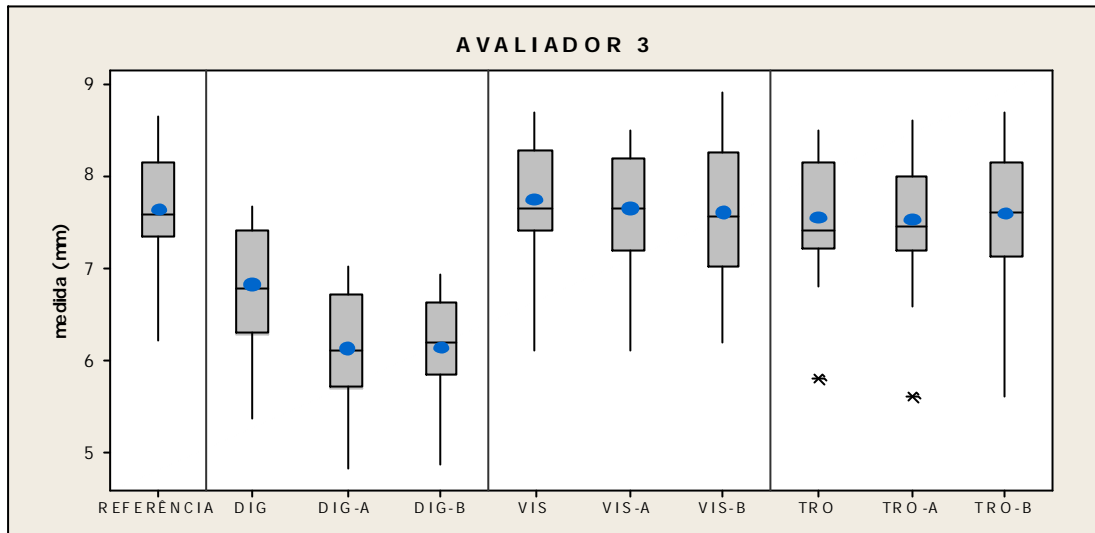


Gráfico 5.7- Boxplot para as medidas realizadas através de cada um dos aparelhos e padrões de calibragem, obtidas pelo avaliador 3

Tabela 5.10 - Medidas resumo para a distância méso-distal de coroas de dentes pré-molares permanentes, de acordo com o aparelho e o padrão de calibragem utilizado, obtidas pelo avaliador 4

AVALIADOR 4	média	d.p.	mínimo	mediana	máximo	dunnett*
<b>Valor referência:</b>	<b>7,62</b>	<b>0,62</b>	<b>6,22</b>	<b>7,59</b>	<b>8,65</b>	<b>-</b>
DIGORA – s/ padrão	5,97	0,49	5,13	6,04	6,78	*
DIGORA - padrão A	6,18	0,46	5,10	6,15	6,84	*
DIGORA - padrão B	6,17	0,51	5,13	6,14	7,01	*
VISUALIX – s/ padrão	7,84	0,61	6,30	7,80	8,80	Ns
VISUALIX - padrão A	7,63	0,57	6,20	7,60	8,40	Ns
VISUALIX - padrão B	7,52	0,58	6,10	7,45	8,50	Ns
TROPHY - s/ padrão	7,74	0,61	6,10	7,70	8,70	Ns
TROPHY - padrão A	7,60	0,60	6,00	7,50	8,50	Ns
TROPHY - padrão B	7,51	0,56	5,90	7,50	8,30	Ns

\* = comparação estatística significativa com o valor de referência, método de Dunnett  
 ns = não significativa



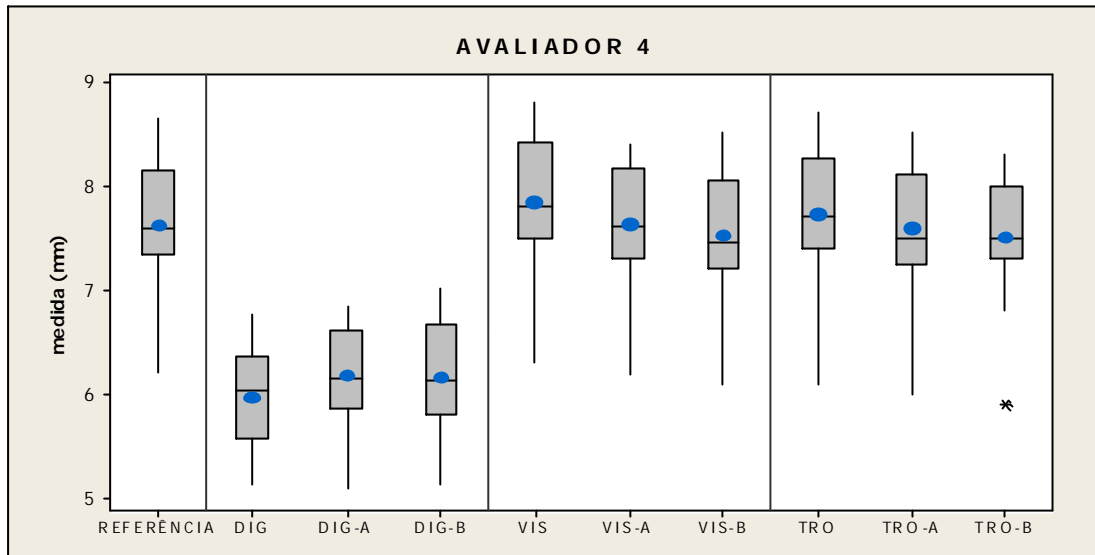


Gráfico 5.8 - Boxplot para as medidas realizadas através de cada um dos aparelhos e padrões de calibragem, obtidas pelo avaliador 4

## 6 DISCUSSÃO

Com o advento das radiografias digitais a sua aplicação vem se ampliando avaliando diferentes aspectos de sua utilização.

A tecnologia digital trouxe uma renovação completa de conceitos e aspectos relacionados à qualidade da imagem radiográfica (FENYO-PEREIRA, 1998; PINTO, 2003; PINTO; RUBIRA, 2000). Isso tem provocado amplas modificações não só nos seus aspectos técnicos mas principalmente no processo de diagnóstico em decorrência da associação dos recursos da Radiologia com os da Informática (CHILVARQUER, 1995; FENYO-PEREIRA, 1998; PINTO, 2003; PINTO; RUBIRA, 2000; TOLAZZI; PINTO; ARITA, 2000).

A grande aceitação dos sistemas de radiografias digitais se deve às suas vantagens largamente divulgadas na literatura, a começar pela possibilidade de se alterar brilho e contraste com a finalidade de melhorar a imagem ou torná-la mais atraente (BAXES, 1984; GRÖNDAHL; EKESTUBBE; GRÖNDAHL, 1996; NESSI, 1995; YOKOTA et al., 1994).

A intensificação do contraste, a utilização de filtros que realçam os limites das estruturas e diminuem a penumbra são capazes de melhorar a qualidade da imagem, favorecendo o processo diagnóstico (WENZEL, 1991; WENZEL, 1993).

Além disso, possibilita inversão de tons de cinza (positiva/negativa), ampliação, relevo, pseudo terceira dimensão (3D), vários níveis de zoom, pseudocolorização, régua para mensurações lineares e angulares, rotação da imagem, filtros digitais e o

histograma (GRÖNDAHL; EKESTUBBE; GRÖNDAHL, 1996; HAITER NETO ; OLIVEIRA; ROCHA, 2000; HAYEK, 1999; PASLER; VISSER, 2001; VALE et al., 1998; VERSTEEG et al., 1997; WENZEL; HINTZE, 1993). O histograma fornece a avaliação estatística de algum aspecto alterado pelas modificações de contraste. É um recurso apresentado sob a forma de gráfico, tendo no seu eixo horizontal o brilho (0 a 255 tons de cinza) e em seu eixo vertical o número de pixels (resolução espacial) e que demonstra numérica e graficamente a distribuição dos níveis de cinza (BAXES, 1984; GRÖNDAHL; EKESTUBBE; GRÖNDAHL, 1996).

Dentre as grandes vantagens desses sistemas devemos considerar a redução da dose de radiação a que o paciente se expõe. Há uma redução drástica no tempo de exposição decorrente da grande sensibilidade e da larga faixa dinâmica (relação existente entre maior e menor dose de radiação (BENZ; MOUYEN, 1991; CHILVARQUER; MANSINI, 2002; HAITER NETO; OLIVEIRA; ROCHA, 2000; MILES, 1993; NESSI, 1995; PAULA, 2002; PINTO; RUBIRA, 2000; SANDERINK et al., 1993; TOLAZZI; PINTO; ARITA, 2000; VANDRÉ; WEBBER; WINSTOM -SALEM, 1995; WATANABE et al., 1999; WENZEL, 1988).

Uma vez que nos sistemas digitais o filme é substituído pelo sensor óptico, além de se eliminar o filme, existe a vantagem de se eliminar a etapa do processamento do filme, resultando em menor tempo de operação e principalmente em proteção ao meio ambiente dispensando o uso da câmara escura e de produtos químicos, além do chumbo e da prata presentes nos filmes radiográficos convencionais, que poluem o meio ambiente quando são dispensados (KOTLOW, 1996; PAULA, 2002; VANDRÉ; WEBBER; WINSTOM -SALEM, 1995; VERSTEEG et al., 1997; WATANABE et al., 1999).

Mas indiscutivelmente, os atrativos maiores dos sistemas de radiografia digital se relacionam à otimização de tempo de trabalho, agilizando o tempo necessário para a realização do diagnóstico e a escolha da conduta clínica. O que dispndia um tempo mínimo de 7 minutos para se poder observar uma imagem em uma radiografia convencional, esse tempo é reduzido para 4 ou 6 segundos nas digitais (KOTLOW, 1996) e a possibilidade quase imediata de observação e manipulação na tela do monitor (ARAÚJO FILHO et al., 1999; FERREYRA, 2003; SARMENTO; PRETTO; COSTA, 1999; VERSTEEG et al., 1997; ZÁRATE-PEREIRA; ODA, 2000).

Apesar do grande número de vantagens apresentadas pelos sistemas de radiografias digitais, esses apresentam algumas dificuldades como o menor tamanho da área ativa do sensor, às vezes restrito à apenas um dente ou provocando o corte de estruturas importantes para o processo de diagnóstico levando, muitas vezes a um maior número de exposições aos raios X para possibilitar o registro de regiões com maior número de dentes. Devemos considerar, também, a dificuldade no acesso de algumas regiões da cavidade bucal, em função da espessura e rigidez do sensor, agravado quando do uso de sensores tipo CCD que possuem cabo conector ligado à unidade do computador. Podendo levar a um maior número de repetições que chegam a 28% para os sistemas digitais, frente a 6% com filmes convencionais (CLASEN; AUN, 1998; FENYO-PEREIRA, 2004; FERREYRA, 2003; GRÖNDAHL; EKESTUBBE; GRÖNDAHL, 1996; HAITER NETO; OLIVEIRA; ROCHA, 2000; HAYEK, 1999; SANDERINK, 1994; VAN DER STELT, 1996; VANDRÉ; WEBBER; WINSTOM -SALEM, 1995;; VERSTEEG et al., 1998; WATANABE et al., 1999).

A qualidade das imagens também é um fator a ser considerado. Segundo Wenzel (1991), a qualidade da imagem pode ser discutida sob dois aspectos: nitidez e

ruído (noise). Os ruídos referem-se a todos os fatores que podem interferir no sinal captado, tais como, estruturas de fundo ou a receptores manchados ou sujos. Quanto maior a sensibilidade do sensor e o tempo de exposição empregado, maior será a produção do ruído (noise) nas imagens (DUNN; KANTOR, 1993; KÜNZEL; BENZ, 1997; WENZEL, 1993; WENZEL, 1994).

Deve-se ressaltar que a possibilidade de se manipular a imagem na tela do monitor referem-se somente a ajustes de brilho e contraste (YOKOTA et al., 1994). Os princípios básicos da técnica radiográfica convencional devem ser respeitados durante a captação das imagens digitais com a finalidade de preservar a forma real do objeto e conseqüentemente a geometria da imagem (DUNN; KANTOR, 1993; SEWELL; FENYO-PEREIRA; VAROLI, 1997; TOLAZZI; PINTO; ARITA, 2000; WHAITES, 2003).

A forma de aquisição da imagem também não interfere na interpretação radiográfica, isso depende unicamente da experiência e conhecimento do examinador.

Costa (1995) afirmou que a busca da excelência é uma característica daqueles que tem como preocupação primeira a melhoria da qualidade em todos os procedimentos, por meio de uma junção de atividades e que em função dessa premissa, a Radiologia tinha sofrido modificações acentuadas, não só nos seus aspectos técnicos, mas sobretudo na proposta de diagnóstico decorrente da associação dos princípios da Radiologia com os da Informática. Entretanto, todo esse avanço tecnológico somente tem valor quando o profissional apresenta domínio da interpretação radiográfica em termos de anatomia, processos patológicos e técnicas radiográficas.

É condição indispensável que o profissional tenha domínio de técnicas e um criterioso sistema de eleição para a radiografia mais adequada para cada situação.

Outro fator de fundamental importância é que o profissional tenha conhecimento e domínio dos princípios básicos de interpretação, dos aspectos radiográficos da anatomia dento-maxilo-facial e as possíveis alterações dentro de uma normalidade, para diferenciá-los dos aspectos patológicos

O processamento digital das imagens não aumenta o conteúdo das informações presentes nas imagens mas pode alterar o valor das informações para determinar o diagnóstico (BASRANI; MAH; PASCON, 2003; CARVALHO; OLIVEIRA; PINTO, 1989/1990; CHILVARQUER; MANSINI, 2002; DUNN; KANTOR, 1993; FERREYRA, 2003; PINTO, 2003; PINTO; RUBIRA, 2000; SEWELL; FENYO-PEREIRA; VAROLI 1997).

A interpretação de uma imagem radiográfica é uma atividade cognitiva elevada que se baseia, principalmente, no conhecimento do observador e sua experiência. Não se deve deixar de considerar, porém, que a tecnologia pode facilitar tal tarefa. Certos detalhes que nas imagens radiográficas convencionais poderiam passar despercebidos, com a utilização das radiografias digitais e os seus recursos, aumenta a probabilidade de serem detectados (CLASEN; AUN, 1998).

Segundo Zárate-Pereira e Oda (2000), o sucesso de um tratamento pode ser totalmente comprometido caso o diagnóstico não corresponda à veracidade e para que isso não ocorra, os conceitos e as técnicas de diagnóstico devem ser aplicados de maneira segura e efetiva.

Nosso trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a ferramenta de mensuração de três diferentes sistemas de radiografia digital, Digora, RVG e Visualix, na eficiência de determinar o comprimento de dentes. Coloca-se em dúvida a fidelidade dessa ferramenta pois, assim como as radiografias convencionais utilizadas em

odontometria, a imagem sofre distorções em função dos procedimentos técnicos e fatores geométricos inerentes a eles.

Conforme Pasler e Visser (2001) a ferramenta de medições apresenta alta precisão numérica todavia não podemos esquecer de que estamos trabalhando com imagens radiográficas e essas apresentam ampliações e distorções decorrentes da projeção.

Devido a isso, os fabricantes vêm incluindo em seus sistemas, uma ferramenta a mais, denominada de calibração, que corrige os valores de mensuração quando lhes é fornecido um valor de referência de algum objeto de tamanho conhecido que é radiografado juntamente com a região de interesse e o programa faz a correção considerando a distorção resultante.

Frente a isso, propusemo-nos a avaliar tais ferramentas utilizando os sistemas digitais direto RVG e Visualix e semidireto Digora, empregando a ferramenta de mensuração com e sem calibração.

Preliminarmente, as dimensões anatômicas dos dentes foram determinadas com o uso de um paquímetro digital, a exemplo da técnica empregada por Almenar Garcia et al. (1997), Aun et al. (2000), Pinto (1998) e Pinto (2003).

Para a padronização da obtenção das imagens foi idealizado um dispositivo que ao mesmo tempo que funcionou como suporte para o dente e para o sensor, também possuía dois fios metálicos que serviam para fixar o dente e como referência para a calibragem da ferramenta, técnica semelhante à utilizada por Loushine et al. (2001).

Para cada aparelho foram utilizados três tipos de padrão de calibragem denominados Padrão A, Padrão B e sem Padrão.

Os examinadores procederam às mensurações méso-distais dos dentes, obedecendo às orientações fornecidas para o uso das ferramentas dos diferentes sistemas. Todos os observadores realizaram o procedimento isoladamente sem interferência de outros examinadores.

A metodologia estatística foi dividida em duas partes. Na primeira, considerou-se a comparação entre a média das medidas obtidas pelos três aparelhos, levando-se em consideração os diferentes padrões, bem como as medidas realizadas por cada um dos avaliadores.

O resultado estatisticamente significativo do fator aparelho ( $p < 0,001$ ), observado na Tabela 5.1, indica que se somando todas as medidas dos avaliadores, não fazendo distinção entre eles e todos os padrões de calibragem, sem fazer distinção entre qual o padrão de calibragem utilizado no momento da medida, houve diferença entre as médias das medidas obtidas através de cada um dos aparelhos. Nota-se na Tabela 5.2 que a média das medidas obtidas pelo aparelho Digora foi menor do que as médias obtidas através dos outros dois aparelhos, fato confirmado pelo método de Tukey (Tabela 5.3), sendo que os outros dois aparelhos não apresentaram diferenças significantes entre si.

Considerando-se a interação entre os parâmetros, aparelho, padrão e avaliador, houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ). De acordo com os resultados do ANOVA, verifica-se que para as medidas obtidas através do padrão A e padrão B, não houve interação entre aparelho e avaliador (Tabela 5.5), isso indica que os avaliadores realizaram as medidas sempre da mesma forma, independente do aparelho utilizado e neste caso houve diferença significativa entre os aparelhos. Mais uma vez demonstrando as médias baixas encontradas para o aparelho Digora.



Considerando-se os avaliadores, no caso da calibragem sem padrão, um dos avaliadores fez as medidas de forma tal a tirar conclusões diferentes dos demais avaliadores. Nota-se, pelo Gráfico 5.1 que as medidas realizadas pelo avaliador 3, com o aparelho Digora apresentaram média mais alta que a dos outros avaliadores para o mesmo aparelho.

No caso das medidas realizadas sem padrão de calibragem, o método de Tukey mostrou que com exceção das medidas realizadas por qualquer um dos quatro avaliadores, com os aparelhos Visualix e RVG não mostraram diferenças significantes entre si.

Resultado esse que se contrapõe com os obtidos por Cederberg et al. (1998) e Versteeg et al. (1997), que equipararam os resultados obtidos com o uso do Digora com as radiografias convencionais.

A segunda parte da nossa análise estatística diz respeito à comparação entre as medidas obtidas pelos aparelhos e o valor de referência obtido por meio do paquímetro.

Pelo método de ANOVA comparou-se a média obtida por meio do paquímetro e aquelas obtidas por meio dos aparelhos e os respectivos padrões de calibragem, por cada um dos avaliadores.

As comparações múltiplas realizadas pelo método de Dunnett, mostraram que as medidas realizadas com o aparelho Digora (padrão A, padrão B e sem padrão) foram as únicas que apresentaram diferença quando comparadas com os valores de referência. Os aparelhos das marcas Visualix e RVG não mostraram diferenças significativas quando comparadas com o valor de referência.

Esse resultado discorda dos encontrados por Loushine et al. (2001) que encontraram diferenças significantes entre a medida calibrada e a não calibrada utilizando o sistema Schick CDR.

Pinto (2003) não encontrou diferença estatisticamente significante entre os métodos indireto, direto (RVG) e semi-direto (Digora) quando utilizou as ferramentas de medidas, sem calibragem, comparados à um valor de referência que foi a mensuração da distância avaliada, por meio de um paquímetro digital.

Borg e Gröndahl (1996) ressaltam a aplicação do sistema Digora para medir limas endodônticas com bons resultados, até mesmo com baixos tempos de exposição, considerando-se limas de nº 15.

Há que se considerar que o calibre da lima interfere na observação da ponta e em consequência, na odontometria. Vários autores demonstraram que a mensuração de condutos radiculares por meio de sistemas digitais são eficazes quando se utiliza limas de numeração igual ou superior a 15. (LOZANO; FORNER; LLENA, 2002; SANDERINK et al., 1994; VELDEERS; SANDERINK; VAN DER STELT, 1996).

Por outro lado, Cederberg et al. (1998), utilizando o sistema Digora, observaram que a ponta do instrumento era melhor visualizada nos casos em que o calibre da lima era reduzido, embora não especificando esse calibre.

Melius, Jiang e Zhu (2002) também com o sistema Schick, observaram diferença significativa entre as medidas.

Já Lozano, Forner e Llena (2002) encontraram uma sobrestimação de 6% a 8% utilizando o sistema RVG.

Woolhiser et al. (2005) afirmam que as radiografias convencionais e as digitais se equivalem na determinação do comprimento dos condutos, ressaltando que a imagem digital se destaca pela superior qualidade da imagem.

Segundo Robinson (1997), os radiologistas se deparam com imagens cada vez mais sofisticadas, tornando-se comum demorar mais tempo na interpretação do que na aquisição das mesmas. O pesquisador também relatou que o tratamento das imagens digitais com os recursos disponíveis nos programas é bastante interessante, chegando em alguns casos a uma melhora acentuada quando se faz uso de filtros especiais para intensificação das bordas, enquanto que em outros, a imagem é melhorada com o emprego de baixo relevo ou com baixo contraste. Esses recursos sem dúvida nenhuma melhoram o desempenho do radiologista quanto ao diagnóstico, porém requerem treino e familiarização com esses novos métodos para evitar os resultados falso-positivos.

Faz-se necessária ainda, uma avaliação concreta quanto à redução no tempo de exposição na clínica diária, controle de infecção cruzada e custo/benefício para o paciente e para o profissional. (WENZEL, 1998)

Com o desenvolvimento da ciência, observa-se atualmente uma tendência em se lançar no comércio aparelhos com novos recursos e maiores vantagens sobre os já existentes, crescendo mundialmente o número de usuários da radiografia digital na Odontologia. Observa-se igualmente, uma redução no custo desses equipamentos (CLASEN ; AUN, 1998).

Quanto ao aspecto legal das radiografias digitais, amplamente discutidos em função da possibilidade de manipulação das imagens, existem soluções técnicas que acompanham alguns softwares e estão sendo utilizadas atualmente, é o caso das assinaturas digitais, onde os dados da imagem digital são somados, codificados e

arquivados com a imagem original. A chave (código) para esse cálculo não é acessível ao usuário (profissional), todavia, uma chave complementar que pode ser utilizada pelo profissional ou pode até ser de domínio público, para verificar e não para manipular a autenticidade dessa imagem (PASLER ; VISSER, 2001).

A validade legal dos arquivos digitais, após muitas discussões, finalmente foi reconhecida em âmbito internacional a partir da Medida Provisória 2200-2, de 24 de agosto de 2001, regulamentando, por intermédio da Instituição de Chaves Públicas – Brasil (ICP-Brasil), formas para que as instituições públicas e organismos privados possam atuar na validação jurídica de documentos produzidos, transmitidos ou obtidos sob a forma digital, garantindo dessa forma sua autenticidade, integridade e validade jurídica. Anteriormente, os arquivos digitais impressos em papel e autenticados pelos interessados tinham valor jurídico. Atualmente esses documentos perderam o valor legal, tendo em vista que textos, fotografias e radiografias podem ser adulterados por meio de programas digitais específicos, como, por exemplo, o Print Screen, que permite após o scaneamento do original, fazer as alterações que se quiser e depois autenticá-las novamente, embora, na nova autenticação haja uma outra data (PEREIRA, 2003).

Coutinho (2002), durante uma entrevista concedida à uma revista, disse que o saber olhar é algo que considera fundamental na vida e no trabalho do ser humano. Segundo ele, observar é rastrear o detalhe, a cor e a forma. Seria necessário treinar o olho para aprender a olhar por dentro daquilo que se está vendo. O entrevistado disse ainda que o computador é um excelente instrumental auxiliar na observação das coisas, entretanto, somente trará resultados satisfatórios quando for utilizado corretamente.

Por outro lado, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que no ano 2010, a maioria dos consultórios odontológicos dos países desenvolvidos ou em

desenvolvimento já terá incorporado os sistemas digitais na sua prática rotineira. Em função da velocidade e do avanço com que a informação tem caminhado, é possível imaginar que em breve teremos ou faremos parte dos sistemas de Telemarketing em Odontologia ou Teleodontologia, beneficiando o processo de formação profissional, incrementando a investigação e aumentando o intercâmbio de experiências. É possível, por exemplo, que o prontuário de um paciente contendo dados clínicos, laboratoriais bioquímicos ou anatomopatológicos, exames por imagens e outros, sejam compartilhados em tempo real, por diferentes profissionais, promovendo uma interdisciplinaridade com o intuito de tomar decisões sobre esse paciente. Grupos de trabalho de diferentes áreas da Saúde, Educação e Informática têm apresentado e desenvolvido projetos nesse sentido, tendo em vista a quantidade de opções e serviços de telecomunicações e ferramentas de multimídia disponíveis atualmente (SIRAGUSA; MC DONNELL, 2003).

Também faz-se necessário que Faculdades, Associações de Classe e outros órgãos pertinentes estejam preparados para formarem esse profissional do futuro. (SIRAGUSA; MC DONNELL, 2003).

## 7 CONCLUSÕES

Principais conclusões:

- 1) Existe diferença estatística significativa entre os aparelhos: a média das medidas obtidas com o aparelho Digora foi menor que as médias obtidas com os aparelhos das marcas Visualix e RVG -Trophy;
- 2) Considerando-se o padrão A e o padrão B de calibragem: não existe diferença estatística significativa entre os avaliadores;
- 3) Considerando-se a calibragem sem padrão: o avaliador 3 obteve média mais elevada que os demais avaliadores no caso das medidas realizadas com o aparelho Digora;
- 4) Os aparelhos Visualix e RVG não mostraram diferenças significantes entre si, no caso das medidas realizadas sem padrão de calibragem.
- 5) Os aparelhos das marcas Visualix e RVG não mostraram diferenças significativas quando comparados com o valor de referência.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

Almenar Garcia A, Forner Navarro L, Ubet Castello V, Minana Laliga R. Evaluation of a digital radiography to estimate working length. J Endod 1997;23(6):363- 5.

Araújo Filho WR, Clasen NF, Silva CS, Aun CE. Radiografia digital direta x radiografia convencional na obtenção da odontometria: uma comparação “in vivo”. Rev Bras Odontol 1999;56(6):323–6.

Aun CE, Araújo Filho WR, Clasen NF, Carneiro JAND. Avaliação da precisão da radiografia digital direta na determinação do comprimento de trabalho “in vitro”. Rev Odontol UNICID 2000;12(1):7–13.

Basrani B, Mah T, Pascon E. Radiología digital por sustracción. In: Basrani E, Blank AJ, Cañete MT. Radiología en endodoncia. Bogotá: Amolca; 2003. cap. 21,p. 275-81.

Baxes GA. Digital image processing. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984.

Benz C, Mouyen F. Evaluation of the new Radiovisiography system image quality. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1991;72(5):627-31.

Berkhout W, Sanderink GCH, van der Stelt PF. A comparison of digital and film radiography in Dutch dental practices assessed by questionnaire. Dentomaxillofac Radiol 2002;31(2):93-9.

Borg E, Grondahl HG. Endodontic measurements in digital radiographs acquired by a photostimulable, storage phosphor system. Endod Dent Traumatol 1996;12(1):20-4.

---

<sup>1</sup> De acordo com Estilo Vancouver .Abreviatura de periódicos segundo base de dados MEDLINE

Burger CL, Mork TO, Hutter JW, Nicoll B. Direct digital radiography versus conventional radiography for estimation of canal length in curved canals. *J Endod* 1999 Apr;25(4):260-3.

Carvalho AAF, Oliveira JÁ, Pinto MCS. Radiografias panorâmicas I. Interpretação de estruturas anatômicas. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 1989/1990;10-11:17-20.

Cederberg RA, Tidwell E, Frederiksen NL, Benson BW. Endodontic working length assessment. Comparison of storage phosphor digital imaging and radiographic film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998 Mar;85(3):325-8.

Chen SK, Pan JH, Chen CM, Jeng JY. Accuracy of supported root ratio estimation from projected length and area using digital radiographs. *J Periodontol* 2004 Jun;75(6):866-71.

Chilvarquer I. A especialidade que não cabe mais no nome. *Rev ABO Nac* 1995;3(2):87-90.

Chilvarquer I, Mansini R. Radiografia digital na odontologia. In: *Opinion Makers – Radiologia*. São Paulo: VM Comunicações Ltda; 2002. p. 52-7.

Clasen NF, Aun CE. Radiografia digital direta: análise dos principais sistemas e recursos. *Rev Odontol UNICID* 1998;10(2):109-20.

Costa NP. A linha de comunicação científica. *Rev ABO Nac* 1995;3(2):141.

Coutinho S. O olho pensa. *Atelier – Guia de Artes Plásticas* 2002;5(55):6-7.

Dunn SM, Kantor ML. Digital radiology – facts and fictions. *J Am Dent Assoc* 1993;124(12):38-47.

Eikenberg S, Vandr  R. Comparison of digital dental X-ray systems with self-developing film and manual processing for endodontic file length determination. *J Endod* 2000 Feb;26(2):65-7.



Farah EE, Yoshimura FC. Quem escapa (e até quando) do uso da informática na odontologia? *Rev Assoc Paul Cir Dent* 1994;48(2):1269–70.

Farman AG, Scarfe WC. Pixel perception and voxel vision: constructs for a new paradigm in maxillofacial imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 1994;23(1):5-9.

Fenyo-Pereira M. Avaliação por meio dos métodos convencional e digital, da radiopacidade de diferentes marcas de porcelana utilizadas na confecção de inlay/onlay [Tese de Livre Docência]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 1998.

Fenyo-Pereira M. Radiografias digitais. In: Freitas A, Rosa JE, Souza IF. *Radiologia odontológica*. 6ª ed. São Paulo: Artes Médicas, 2004. cap. 36, p. 695-703.

Ferreira S. Radiología digital: estado actual de la radiovisiografía. In: Basrani E, Blank AJ, Cañete MT. *Radiología en endodoncia*. Bogotá: Amolca; 2003. cap. 19, p. 261-64.

Fontoura HES, Cauduro CP, Bona RD. Localização radiográfica dos processos Geni. *RGO* 1990;38(4):.277-9.

Garlock JA, Scarfe WC, Kamer KR, Farman AG. Measurement algorithm accuracy of the RVG-PCi in vertical and diagonal assessments at various beam energies. *J Endod* 1996;22(12):646-50.

Gröndahl K, Ekkestubbe A, Gröndahl HG. Postoperative radiographic examinations. In: Gröndahl K, Ekkestubbe A, Gröndahl HG. *Radiography in oral endosseous prosthetics*, Göteborg: Nobel Biocare AB; 1996. cap 7, p.111-26.

Haiter Neto F, Oliveira AE, Rocha AS. Estágio atual da radiografia digital. *Rev ABRO* 2000;1(3):1–6.

Hayek JE. Aplicação dos métodos radiográficos convencionais e digitais no controle pós-operatório de implantes ósseointegrados [Monografia de Especialização]. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Odontologia da USP; 1999.

Khademi JA. Digital images & sound. *J Dent Educ* 1996;60(1):41-6.

Kotlow LA. New technology in pediatric dentistry. NY State Dent J 1996;62(2):26-30.

Künzel A, Benz C. Noise in digital dental radiographs. Dentomaxillofac Radiol 1997; 26(5):279-80.

Lamus F, Katz JO, Glaros AG. Evaluation of a digital measurement tool to estimate working length in endodontics. J Contemp Dent Pract. 2001;15(1):24-30.

Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Potter BJ. Measurement of endodontic file lengths: calibrated versus uncalibrated digital images. J Endod 2001;27(12):779-81.

Lozano A, Forner L, Llena C. In vitro comparison of root-canal measurements with conventional and digital radiology. Int Endod J 2002;35(6):542-50.

Melius B, Jiang J, Zhu Q. Measurement of the distance between the minor foramen and the anatomic apex by digital and conventional radiography. J Endod 2002;28(2):125-6.

Miles DA. Imaging using solid-state detectors. Dent Clin North Am 1993;37(4):531-40.

Mouyen F, Benz C, Sonnabend E, Lodter JP. Presentation and physical evaluation of radiovisiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1989;68(2):238-42.

Nessi R. Digital panoramic radiography with electronic magnification: comparison with intraoral radiography. Dentomaxillofac Radiol 1995;24(2):93-5.

Pasler FA, Visser H. Imagens digitais. In: Radiologia odontológica: procedimentos ilustrados. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2001. p. 129-56.

Paula MVQ. Implantação à distância de programa de radioproteção e controle de qualidade da imagem radiográfica odontológica intrabucal [Tese de Doutorado] .Rio de Janeiro: Centro Biomédico do Instituto de Biociências da UERJ; 2002..

Pereira CB. Arquivos digitais autenticados são legais. J A Assoc Paul Cir Dent 2003;37(550):17.

Pinto RHR. Avaliação radiográfica da localização do forame mental em diferentes técnicas radiográficas como recurso complementar para planejamento em implantodontia [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 1998.

Pinto RHR. Avaliação da localização do forame mental por meio de radiografias digitais pelos sistemas direto, semidireto e indireto [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2003.

Pinto RHR, Rubira CMF. Radiografia digital. Rev Ciênc Odontol 2000;3(3):47–52.

Robinson PJA. Radiology's Achilles' heel error and variation in the digitized Radiol 1997;70:1085-1098.

Rodríguez J. Processamiento electrónico de imágenes radiográficas. In: Basrani E, Blank AJ, Cañete MT. Radiología en endodoncia. Bogotá: Amolca; 2003. cap. 20, p. 265-74.

Sanderink GC, Huiskens R, F, Welander US, Stheeman SE. Image quality of direct digital intraoral x-ray sensors in assessing root canal length. The RadioVisioGraphy, Visualix/VIXA, Sens-A-Ray, and Flash Dent systems compared with Ektaspeed films. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1994;78(1):125-32.

Sarmiento VA, Pretto SM, Costa NP. Entendendo a imagem digitalizada. Rev Odonto Ciênc 1999;27(1):171-8.

Scarfe WC, Fana CR, Farman A. Radiographic detection of accessory/lateral canals: use of RadioVisioGraphy and Hypaque. J Endod 1995;21(4):185-90.

Sewell CM, Fenyó-Pereira M, Varoli OJ. Princípios de produção da imagem digitalizada. RPG 1997;4(1):55-8.

Silva AHF, Clasen NF, Aun CE. Comparação entre radiografia digital direta e convencional na determinação da distância entre a ponta do instrumento endodôntico e o ápice dentário durante a odontometria. Rev Odontol UNICID 2000;12(2):129-37.

Siragusa M, McDonnell JM. Imágenes digitales aplicaciones para la educación y salud In: Basrani E, Blank AJ, Cañete MT. Radiología en endodoncia. Bogotá: Amolca; 2003. cap. 22, p. 283-91.

Sonoda M. Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. Radiology 1983;148:833-8.

Tolazzi AL, Pinto RHR, Arita ES. Características básicas dos sistemas de radiografia digital em odontologia. In: Anais da 9ª Jornada da Associação Brasileira de Radiologia Odontológica, Passo Fundo. Passo Fundo: Gráfica e Editora Berthier 2000. 166 p.

Vale IS, Bramante AS, Bramante CM. Fator de distorção da placa ótica do sistema de imagem digital Digora. Rev Assoc Paul Cir Dent 1998;52(4):280-83.

Vale IS, Bramante AS, Bramante CM, Tavano, O. Determinação do comprimento de dentes em função da posição da placa ótica do sistema de imagem digital Digora em relação ao eixo dentário. Rev Odontol Univ São Paulo 1998a;12(2):167-71.

Vale IS, Cubilla R, Bramante AS, Bramante CM. Determinação da curvatura radicular. RGO 1998b;46(4):187-90.

van der Stelt PF. Digital radiology using the Digora registration technic. Rev Belge Med Dent 1996;51(2):93-100.

van der Stelt PF. Principles of digital imaging. Dent Clin North Am 2000;44(2):237-48.

Vandré RH, Webber RL, Winston-Salem NC. Future trends in dental radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995;80(4):471-8.

Velders XL, Sanderink GC, van der Stelt PF. Dose reduction of two digital sensor systems measuring file lengths. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996;81(5):607-12.

Versteeg KH, Sanderink GCH, van der Stelt, PF. Efficacy of digital intra-oral radiography in clinical dentistry. J Dent 1997; 25(3/4):215-24.

Versteeg KH, Sanderink GCH, Ginkel FC, van der Stelt PF. An evaluation of periapical radiography with a charge coupled Device. *Dentomaxillofac Radiol* 1998;27(2):97-101.

Versteeg KH, Sanderink GCH, Velders XL, Ginkel FC, van der Stelt PF. In vivo study of approximal caries depth on storage phosphor plate images compared with dental x-ray film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;84(2):210-13.

Watanabe PCA, Tanaka EE, Fenyó-Pereira M, Panella J. Estado atual da arte da imagem digital em odontologia. *Rev Assoc Paul Cir Dent* 1999;53(4):320-5.

Wenzel A. Computer-aided image manipulation of intraoral radiographs to enhance diagnosis in dental practice: a review. *Int Dent J* 1993;43(2):99-108.

Wenzel A. Digital radiography and caries diagnosis *Dentomaxillofac Radiol* 1998; 27(1):3-11.

Wenzel A. Effect of image enhancement for detectability of bone lesions in digitized intraoral radiographs. *Scand J Dent Res* 1988;96(2):149-60.

Wenzel A. Effect of varying gray-scale resolution for detectability of bone lesions in intraoral radiographs digitized for teletransmission. *Scand J Dent Res* 1987;95(6):483-92.

Wenzel A. Influence of computerized information technologies on image quality in dental radiographs. *Tandlaegebladet* 1991;5(2):527-59.

Wenzel A. Sensor noise in direct imaging (The RadioVisioGraphy, Sens-a-Ray and Visualix/Vixa systems) evaluated by subtraction Radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1994;77(1):70-4.

Wenzel A, Gröndahl HG. Direct digital radiography in the dental office. *Int Dent J* 1995;45(1):27-34.

Wenzel A, Hintze H. Perception of image quality in direct digital radiography after application of various image treatment filters for detectability of dental disease. *Dentomaxillofac Radiol* 1993;22(3):131-4.

Wenzel A, Kirkevang LL. Students' attitudes to digital radiography and measurement accuracy of two digital systems in connection with root canal treatment. *Eur J Dent Educ* 2004 ;8(4):167-71.

Wenzel A; Fejerskov O; Kidd E; Joyston-Bechal S, Groeneveld A. Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and by digitized, processed radiographs. *Caries Res* 1990;24(5): 327-33.

Whaites E. Métodos alternativos e especializados no diagnóstico por imagem. In: *Princípios de radiologia odontológica*. Porto Alegre: Artmed; 2003. p. 207-24.

Woolhiser GA, Brand JW, Hoen MM, Geist JR, Pikula AA, Pink FE. Accuracy of film-based, digital, and enhanced digital images for endodontic length determination. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99(4):499-504.

Yokota ET, Miles DA, Newton CW, Brown CE. Interpretation of periapical lesions using radiovisiografia. *J Radiol* 1994;20(10):490-4.

Zárate-Pereira P, Oda M. Diagnóstico de cárie dentária: considerações comparativas entre métodos. *RPG* 2000; 7(2):178 – 83.