

**FERNANDA BASSO BIASI**

**COMPARAÇÃO ENTRE IMAGEM DIGITAL  
CONVENCIONAL E INVERTIDA NA DETECÇÃO E  
ESTIMATIVA DA PROFUNDIDADE DE CÁRIES PROXIMAIS**

FLORIANÓPOLIS  
2003

**FERNANDA BASSO BIASI**

**COMPARAÇÃO ENTRE IMAGEM DIGITAL  
CONVENCIONAL E INVERTIDA NA DETECÇÃO E  
ESTIMATIVA DA PROFUNDIDADE DE CÁRIES PROXIMAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, área de concentração em Radiologia Buco-Maxilo-Facial, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Murillo José Nunes de Abreu Júnior.

**FLORIANÓPOLIS  
2003**

**FERNANDA BASSO BIASI**

**COMPARAÇÃO ENTRE IMAGEM DIGITAL CONVENCIONAL E  
INVERTIDA NA DETECÇÃO E ESTIMATIVA DA PROFUNDIDADE  
DE CÁRIES PROXIMAIS**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Radiologia Buco-Maxilo-Facial e aprovada em sua forma final pela banca examinadora composta pelos professores abaixo relacionados e designada pela Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof. Dr. Murillo José Nunes de Abreu Júnior  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Data

---

Prof. Dr. Delmo Tavares  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Data

---

Prof. Dra. Rejane Faria Ribeiro-Rotta  
Universidade Federal de Goiás

---

Data

## **Dedico este Trabalho**

Aos **meus queridos pais**, por me proporcionarem tantas oportunidades de crescimento pessoal, e mais ainda, pela grande afeição e carinho demonstrados durante minha vida.

Ao meu marido **Alexandre**, cujo amor, companheirismo e compreensão de minha ausência contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Murillo José Nunes de Abreu Jr., sempre solícito e extremamente capaz, meu sincero agradecimento pelas numerosas horas de imprescindível orientação prestada na realização deste trabalho.

Aos colegas, César, Daniela, Débora, Diego, Enzo, Fernanda, Fernando, Gédria, Giuliano, Humberto, João Rafael, Juliane, Kenya, Luana, Luciane, Márcio, Maurício, Michella, Scheila e Sheila, por terem dedicado tempo precioso na interpretação radiográfica das imagens.

Aos professores Delmo, Edemir, Edú, Inês, Liliane, Maria Inês, Murillo, Murillo Jr. e Naira, pelos valiosos conhecimentos transmitidos e pela amizade.

Aos funcionários do Setor de Radiologia, Cida, Delmo, Gisela, Roberta, Ronaldo e Zulenir, pela alegria e solicitude.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIASI, Fernanda Basso. **Comparação entre imagem digital convencional e invertida na detecção e estimativa da profundidade de cáries proximais.** 2003. 78f. Dissertação (Mestrado em Radiologia Buco-Maxilo-Facial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

O presente trabalho teve como propósito comparar o desempenho diagnóstico da imagem digital convencional (modalidade 1), imagem digital invertida (modalidade 2) e a análise simultânea de ambas (modalidade 3) na detecção e estimativa da profundidade de lesões cáries proximais. Imagens digitais diretas de 41 dentes posteriores foram utilizadas neste estudo. Vinte observadores, sendo dois radiologistas, doze alunos de curso de especialização em Imaginologia Dento-Maxilo-Facial e seis clínicos gerais, foram treinados e calibrados para a interpretação dos dois tipos de imagens digitais quanto à presença ou ausência de cárie e determinação da profundidade da lesão quando presente, utilizando para isto duas escalas de cinco pontos. As respostas dos observadores, obtidas em três sessões de observação, uma para cada modalidade, foram comparadas ao estado real das superfícies dentais conhecido pelo exame histológico. Áreas sob as curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) e valores de sensibilidade, especificidade e acurácia foram utilizados como medidas do desempenho dos observadores na detecção de lesões cáries, e o teste estatístico Kappa ponderado como medida do desempenho dos observadores na tarefa da estimativa da profundidade das lesões cáries. Todos os valores foram avaliados por análise de variância (ANOVA). Valores médios da área sob a curva ROC ( $A_z$ ) para imagem digital convencional, imagem digital invertida e para o uso simultâneo das duas foram 0,702, 0,690 e 0,712, respectivamente. Valores médios de sensibilidade foram 0,697, 0,658 e 0,733, respectivamente. Valores médios de especificidade foram 0,860, 0,875 e 0,843, respectivamente. Valores médios de acurácia foram 0,795, 0,787 e 0,799, respectivamente. Os

valores médios do teste estatístico Kappa ponderado para as três modalidades foram 0,3777, 0,3825 e 0,4197, respectivamente. ANOVA não demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre as três modalidades testadas tanto na tarefa de detecção de lesões cariosas quanto na tarefa de determinação de sua profundidade. Conclui-se que imagens invertidas não devem ser consideradas fundamentais na detecção de cárie e na avaliação de sua profundidade.

Palavras-chave: imagem digital convencional, imagem digital invertida, cárie dental, detecção, estimativa da profundidade

BIASI, Fernanda Basso. **Comparação entre imagem digital convencional e invertida na detecção e estimativa da profundidade de cáries proximais.** 2003. 78f. Dissertação (Mestrado em Radiologia Buco-Maxilo-Facial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## ABSTRACT

The aim of the present was to compare the diagnostic performances provided by conventional digital image (modality 1), inverted digital image (modality 2) and the use of both simultaneously (modality 3) in the detection and depth estimation of primary caries on the proximal surfaces of posterior teeth. Direct digital radiography images of forty-one posterior teeth were used in the present study. Twenty trained observers – two radiologists, twelve Graduate students and six general practitioners were calibrated in the interpretation of the three modalities. Observer's assessments were compared to the ground truth provided by the histologic examination of tooth sections. Areas ( $A_z$ ) under receiver operating characteristic (ROC) curves, sensitivity, specificity and accuracy values were used as the measure of observer performance in caries detection. Weighted-Kappa values were used as the measure of diagnostic performance in the depth estimation task. Analysis of variance (ANOVA) was used to test the modalities for potential statistical differences. Mean ROC  $A_z$  values for conventional digital images, inverted digital images and the simultaneous use of both, were 0,702, 0,690 and 0,712, respectively. Mean sensitivity values were 0,697, 0,658 and 0,733, respectively. Mean specificities values were 0,860, 0,875 and 0,843, respectively. Mean accuracy values were 0,795, 0,787 and 0,799, respectively. Mean Weighted-Kappa values for the three modalities were 0,3777, 0,3825 and 0,4197, respectively. ANOVA showed no statistically significant differences between the three modalities tested neither in the detection task nor in the depth estimation task. It is concluded that inverted digital images should not be regarded as essential for caries diagnosis and caries depth assessment.

Keywords: conventional digital image, inverted digital image, dental caries, diagnosis,  
depth estimation

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	03
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	04
<b>RESUMO</b> .....	05
<b>ABSTRACT</b> .....	07
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	16
<b>2.1 Processamento digital da imagem radiográfica</b> .....	17
<b>2.2 A imagem digital invertida na área médica</b> .....	20
<b>2.3 A imagem digital invertida na área odontológica</b> .....	21
<b>2.4 A imagem digital invertida na detecção de lesões cariosas</b> .....	27
<b>2.5 A imagem digital invertida na estimativa da profundidade de lesões cariosas</b> .....	28
<b>3 PROPOSIÇÃO</b> .....	30
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
<b>4.1 Preparação da amostra</b> .....	31
<b>4.2 Aquisição das imagens</b> .....	32
<b>4.3 Obtenção do “padrão ouro”</b> .....	33
<b>4.4 Modalidades comparadas</b> .....	34
<b>4.5 Sessões de observação das imagens</b> .....	37
<b>4.6 Análise estatística</b> .....	38
<b>5 RESULTADOS</b> .....	41
<b>5.1 Detecção de cárie</b> .....	41
<b>5.2 Estimativa da profundidade de cárie</b> .....	49

<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	52
<b>6.1 Comparação com outros estudos</b> .....	52
<b>6.2 A imagem digital invertida e a percepção visual</b> .....	55
<b>6.3 Análise dos resultados</b> .....	57
<b>6.4 Variabilidade no desempenho entre observadores</b> .....	59
<b>6.5 Justificativas para a metodologia aplicada</b> .....	61
<b>6.6 Limitações do estudo</b> .....	62
<b>6.7 Futuros estudos</b> .....	62
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	63
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	64
<b>ANEXOS</b> .....	71

## 1 INTRODUÇÃO

A cárie dentária continua sendo um problema para a odontologia atual, mesmo com todos os procedimentos utilizados para a sua prevenção. Para o seu diagnóstico, a associação de um exame clínico criterioso e exame radiográfico de qualidade tem sido utilizada como a maneira usual de se avaliar as superfícies dentais, especialmente quando se tratam de lesões proximais de pequenas dimensões, que se tornam difíceis ou mesmo impossíveis de serem descobertas apenas com o exame clínico isolado.

Previamente ao advento dos fluoretos, as lesões cariosas se desenvolviam mais rapidamente e cavitavam em estágio inicial da doença, devido à progressão rápida da cárie na dentina, fazendo com que o esmalte se rompesse. As lesões podiam ser detectadas facilmente através de exame clínico devido à perda do esmalte na superfície externa. Como a tendência atual das lesões cariosas é de se desenvolverem mais lentamente e de cavitarem mais tardiamente (WENZEL et al., 1993), deixando a maioria dos contornos externos do esmalte intactos enquanto a estrutura sub-superficial vai sendo gradualmente socavada pela lenta desmineralização da dentina, o exame radiográfico adquire um papel ainda mais importante no diagnóstico precoce destas lesões, visto que a determinação da presença de perdas do conteúdo mineral no esmalte e na dentina muitas vezes só é possível com o auxílio de radiografias. Além disso, mesmo que a cárie seja descoberta apenas através do exame clínico, a determinação de sua profundidade previamente à intervenção clínica se torna impossível sem o auxílio de imagens radiográficas. Entretanto, a exata extensão da doença cárie só é possível de ser determinada através do seccionamento do elemento dental e análise microscópica de suas secções (WENZEL, 1998), visto que a aparência radiográfica de lesões cariosas não corresponde exatamente ao estado real destas superfícies.

Comparando o exame histológico e radiográfico de uma mesma lesão cáriosa, constata-se que a lesão tem profundidade maior histologicamente do que o visualizado radiograficamente (MARTHALER e GERMANN, 1970; BILLE e THYLSTRUP, 1982; PITTS, 1984; PITTS e RENSON, 1986; WENZEL et al., 1990; SHROUT et al., 1996; VERSTEEG et al., 1997; EICKHOLZ et al., 1999). Existe um consenso da necessidade de uma perda mineral substancial para que uma lesão cáriosa tenha expressão radiográfica (WENZEL et al., 1990).

A detecção e determinação da profundidade de lesões cárias proximais pela técnica radiográfica interproximal é um método clínico já aprovado (BENN e WATSON, 1989; PITTS e RENSON, 1986). Apesar de sofrer a limitação de subestimar a extensão da doença cárie, o método radiográfico é em geral o único disponível para o estudo do comportamento de lesões cárias proximais em dentes posteriores *in vivo* (PITTS e RENSON, 1986).

A determinação da profundidade de lesões cárias proximais é de fundamental importância na decisão entre um tratamento conservador (ex: controle de placa, aplicação de flúor), e um invasivo (ex: restaurações). A opinião dos autores diverge quanto aos critérios utilizados na decisão por um tratamento de maior ou menor agressividade. Antigamente, devido à alta prevalência e progressão da doença cárie e à subestimação de sua profundidade histológica pela radiografia, a simples detecção radiográfica de uma lesão cáriosa já indicava o tratamento restaurador (PITTS, 1996; DODDS, 1993). Como nos dias atuais a progressão das lesões ocorre mais lentamente, a atitude dos profissionais também sofreu modificações. De acordo com Horsted-Bindslev e Mjör (1999), a invasão da dentina pela lesão cáriosa é condição que indica usualmente a necessidade de uma restauração. Elderton (2002), mais conservador, prega o tratamento restaurador somente onde a cárie penetrar significativamente (mais do que apenas superficialmente) na dentina. Dodds (1993) relaciona a presença de

cavitação dental à necessidade de tratamento restaurador, mas salienta que uma lesão cariiosa pode atingir a dentina sem que esteja cavitada.

Os avanços tecnológicos ocorridos na odontologia na última década, associados ao fato de os computadores atuais terem capacidade de armazenar e apresentar imagens de boa qualidade permitem que o diagnóstico radiográfico utilizando sistemas digitais torne-se cada vez mais utilizado. Os sistemas de radiologia digital mostram algumas vantagens sobre o método convencional, tais como:

- obtenção quase instantânea da imagem;
- inexistência do processamento químico dos filmes, o que conseqüentemente reduzirá problemas ambientais e custos com películas radiográficas e soluções químicas, além de estabelecer uma melhor relação de radioproteção, visto que reduz o número de repetições devido a erros desta etapa da obtenção da imagem;
- facilidade de armazenamento das imagens obtidas no computador;
- possibilidade de transmissão via internet;
- possibilidade de processamento digital das imagens alterando suas características de acordo com a tarefa de diagnóstico, podendo desta forma reduzir o número de repetições de tomadas;
- possibilidade de utilização de programas de diagnóstico automatizados;
- análises de densidade de áreas de interesse;
- possibilidade de análises quantitativas;
- diminuição da dose de radiação a qual o paciente é exposto;

Dentre as limitações que devem ser avaliadas, destaca-se o alto custo dos equipamentos, a acentuada curva de aprendizado para profissionais e técnicos, a necessidade de computadores para a visualização da imagem por parte dos profissionais que solicitam o

exame, e o fato de a imagem digital impressa ser de qualidade geralmente inferior à imagem exibida na tela do computador.

Como o desenvolvimento tecnológico no campo das radiografias digitais diretas tem se mostrado bastante promissor, é possível imaginar uma evolução que resulte na superação das limitações. Apesar das pequenas desvantagens dos sistemas digitais, inúmeros benefícios foram introduzidos à prática clínica com a sua utilização, e estes devem ser ressaltados.

Em relação ao processamento digital das imagens, por exemplo, existe a possibilidade de processamento das mesmas matematicamente, alterando seu brilho e contraste, ampliando-as, colorindo-as ou ainda invertendo sua escala de cinza. Qualquer operação com o objetivo de melhorar, corrigir, analisar, ou alterar de qualquer outra forma a imagem é considerada um processamento (MOL, 2000). A interpretação de uma imagem radiográfica é uma atividade cognitiva elevada, que se baseia, principalmente, no conhecimento do observador e em sua experiência. Entretanto, não se deve deixar de considerar que a tecnologia pode facilitar tal tarefa. No diagnóstico, o objetivo do processamento da imagem é tornar a informação relevante mais evidente para o observador, através da criação de imagens que são mais propícias para a percepção visual humana, a fim de facilitar sua interpretação (MOL, 2000). Se os recursos dos sistemas digitais forem utilizados corretamente, informações presentes em imagens radiográficas que poderiam passar despercebidas nos filmes convencionais terão maior probabilidade de serem detectadas.

A inversão da imagem digital é uma das opções disponíveis no arsenal de ferramentas dos sistemas digitais. Neste processo, a escala de contraste da imagem convencional é alterada, com a inversão de todas as suas porções claras (radiopacas) por porções escuras (radiolúcidas) e vice-versa. Em estudos empíricos tem-se observado que imagens digitais invertidas podem facilitar algumas tarefas do diagnóstico, tais como a avaliação de possível aumento do espaço pericementário apical em casos de suspeita de necrose pulpar e

estabelecimento inicial de lesão periapical. Hipoteticamente, a imagem digital invertida pode também se mostrar útil no diagnóstico de lesões cariosas.

O objetivo deste trabalho *in vitro* é comparar o desempenho da imagem digital convencional, da imagem digital invertida, e de ambos os tipos de imagem utilizados conjuntamente na detecção de cárie proximal e estimativa de sua profundidade. Poucos trabalhos compararam o desempenho da imagem digital convencional e invertida na detecção de cárie e determinação de sua extensão. Entretanto, não foi possível encontrar relato de um estudo na literatura onde a imagem digital convencional e a invertida fossem utilizadas concomitantemente. É possível que o acesso simultâneo aos dois tipos de imagens digitais facilite a interpretação e melhore o diagnóstico de cáries proximais.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Por muito tempo o filme radiográfico foi o único meio de se registrar imagens radiográficas tanto intrabucais como extrabucais. Embora progressos significantes tenham ocorrido neste sistema, tais como a redução da exposição à qual o paciente é submetido e a melhoria da qualidade da imagem, o uso “criativo” da imagem radiográfica convencional tem sido limitado. Esta situação mudou com a introdução dos sistemas digitais, que possibilitam muitas opções de processamento e análise das imagens radiográficas.(MOL, 2000).

No início, a imagem digital era obtida através da digitalização do filme radiográfico utilizando uma câmera de vídeo ou um scanner (imagem digital indireta). Os primeiros estudos sobre o diagnóstico de cárie com imagens digitais foram realizados com este método de aquisição da imagem.

Em 1989 foi introduzido no mercado o primeiro sistema de radiologia digital para odontologia, o RadioVisioGraphy (RVG), da empresa francesa Trophy (Marne-la-Vallée, França), baseado na tecnologia do dispositivo com carga acoplada (CCD). Nos sistemas CCD, um fio elétrico conecta o sensor digital ao computador, e após a exposição radiográfica do sensor, a imagem é formada instantaneamente, ou quase instantaneamente, no monitor de computador.

Posteriormente, em 1994, o primeiro sistema utilizando fósforo foto-estimulável foi lançado comercialmente (Digora, Soredex Orion Corporation, Helsinque, Finlândia) (WENZEL, 2000). Neste sistema, uma placa de fósforo foto-estimulável é exposta à radiação X para a formação de uma imagem latente. A informação contida na placa é emitida quando estimulada por luz de um comprimento de onda específico, e capturada por um escaner a laser. Atualmente, há muitos aparelhos no mercado utilizando estes dois sistemas.

## 2.1 Processamento digital da imagem radiográfica

Embora o método radiográfico convencional ainda seja o mais utilizado atualmente, a imagem digital é uma tecnologia em franca expansão. Sua aplicação vem crescendo devido às novas possibilidades proporcionadas na área do diagnóstico, não disponíveis com as radiografias convencionais, como o processamento digital da imagem radiográfica. Não obstante às novas possibilidades, deve-se ressaltar que a quantidade de informação contida em uma imagem digital não pode ser aumentada por um mero processamento da imagem.

Uma peculiaridade da radiografia digital é que uma mesma imagem pode ser utilizada em diferentes tarefas de diagnóstico, por exemplo, diminuindo-se propositalmente sua densidade e contraste para a detecção de perda óssea marginal, ou acentuando-se estas características da imagem para a detecção de lesões cáries. Muitos estudos têm demonstrado, como veremos no desenvolvimento deste capítulo, que o processamento de imagens radiográficas digitais auxilia no diagnóstico de lesões cáries.

Wenzel et al. (1990) compararam radiografias convencionais e imagens digitais indiretas na detecção da profundidade de cáries oclusais. A acurácia da avaliação dos exames radiográficos aumentou substancialmente com o processamento digital. As medições da profundidade das lesões cáries nas radiografias digitalizadas apresentaram grande correlação com a análise histológica (91%). A concordância interobservadores foi maior nas imagens melhoradas digitalmente. Por este estudo, os autores sugeriram que o processamento digital das imagens radiográficas constitui-se em uma ferramenta que pode melhorar a estimativa da profundidade de cáries oclusais.

Wenzel e Hintze (1993) avaliaram a percepção dos dentistas em relação à qualidade de imagens digitais originais e processadas digitalmente na detecção de doenças dentárias e ósseas, e avaliação da anatomia dental e óssea. Cada imagem foi processada com três filtros diferentes: “otimizar”, “realçar” e “realçar + regularizar”. A maioria dos dentistas preferiu a imagem processada à original. As imagens “otimizadas” e “realçadas” foram utilizadas mais frequentemente como primeira e segunda escolha para avaliar anatomia normal e lesões ósseas. A imagem original obteve a menor preferência em mais da metade (55%) dos casos. Para as radiografias interproximais, as imagens “regularizadas” obtiveram maior preferência.

Wenzel et al. (1993), em uma revisão de literatura, concluíram que para a detecção de lesões cáries em grupos com alta prevalência da doença, tanto em lesões proximais (principalmente as incipientes) quanto em lesões oclusais em dentina em dentes pouco ou não-cavitados, o exame radiográfico é ainda um método de acurácia diagnóstica significativa. E, apesar da limitada resolução do método digital (na época), este parece ter um desempenho diagnóstico tão bom quanto ou ainda melhor do que o filme radiográfico convencional.

Moystad et al. (1996) compararam radiografias convencionais e imagens digitais provenientes de um sensor de fósforo, processadas ou não, na detecção de cáries proximais. As imagens digitais processadas foram estatisticamente superiores às imagens digitais originais e às radiografias convencionais na detecção de cáries proximais. Não houve diferenças significativas no diagnóstico entre a imagem digital não-processada e a radiografia convencional. A variabilidade interobservadores foi menor quando foram utilizadas as imagens digitais processadas.

Gotfredsen; Wenzel; Gröndahl (1996) avaliaram o uso de três ferramentas de processamento de imagem digital na detecção de cáries em radiografias obtidas por quatro sistemas digitais: Digora, RadioVisioGraphy, Sens-A-Ray e Visualix. As imagens foram avaliadas por seis observadores quanto à presença de cáries oclusais e proximais. As ferramentas de processamento de imagem utilizadas foram o brilho, contraste e curva gama. Os resultados demonstraram que em todas as imagens foi utilizada alguma forma de processamento digital, sendo o uso da curva gama o mais freqüente. Os autores concluíram que os observadores tiraram proveito das facilidades de processamento de imagem de contraste e densidade. Também sugeriram que o potencial de processamento da curva gama necessita de mais investigação.

Shrout et al. (1996) avaliaram o desempenho de clínicos no diagnóstico de cárie utilizando radiografias convencionais e imagens digitais indiretas. O objetivo do trabalho foi investigar se o processamento digital de imagens radiográficas pode aprimorar o diagnóstico de cárie. Cada uma das 72 imagens foi analisada por três dentistas, sendo dois deles clínicos gerais e um radiologista. De acordo com o estudo, os clínicos gerais são mais propensos a subestimarem a extensão da cárie do que os radiologistas. Os escores do radiologista se aproximaram mais aos escores fornecidos pela análise microscópica quando este analisou imagens processadas digitalmente. Já com os clínicos gerais, não houve diferença entre a análise das duas imagens. Os autores concluíram que, apesar da demora do processo, a utilização do processamento de imagem foi benéfica aos clínicos como meio auxiliar no diagnóstico de cárie.

Lim et al. (1996), em um estudo *in vitro*, compararam o sistema DIGORA com filmes convencionais do grupo E em termos de qualidade de imagem, dose de radiação e valor de

diagnóstico. Os resultados demonstraram que o sistema DIGORA e filmes do grupo E possuem propriedades físicas similares em relação à diferenciação de contraste. Embora o poder de resolução tenha sido superior nos filmes do grupo E, o potencial de processamento da imagem presente no sistema digital auxiliou na obtenção de uma melhor qualidade de imagem na área de interesse.

Wenzel (1998) revisou a literatura quanto à utilização de radiografia digital direta no diagnóstico de cárie. Segundo a autora, os sistemas digitais diretos apresentam desempenho equivalente ao dos filmes radiográficos convencionais na detecção de cáries dentais. A sensibilidade é relativamente alta (0,6 a 0,8) na detecção de lesões oclusais com envolvimento de dentina, com resultados falso-positivos em 5% a 10% dos casos. Radiografias convencionais ou digitais não são úteis na detecção de lesões oclusais iniciais no esmalte. Para a detecção de lesões proximais em dentina, os valores de sensibilidade e especificidade são razoáveis, mas são muito baixos para lesões confinadas ao esmalte.

## **2.2 A imagem digital invertida na área médica**

A inversão da imagem digital foi algumas vezes estudada como ferramenta de diagnóstico na detecção de doenças pulmonares. Segundo Sheline et al. (1989), em um estudo clínico de detecção de nódulos pulmonares, a imagem digital invertida apresentou desempenho estatisticamente superior quando comparada tanto com radiografias convencionais como com imagens digitais originais.

Da mesma forma, no trabalho realizado por Kheddache et al. (1991) sobre detecção de lesões pulmonares artificiais, a imagem digital invertida mostrou-se superior à imagem digital

convencional quando nenhum outro tipo de processamento das imagens foi utilizado. Entretanto, quando outros tipos de processamento da imagem digital foram utilizados, não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre as duas modalidades de imagem.

Também não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre a imagem digital invertida, convencional e com processamento de contraste no trabalho realizado por Kehler et al. (1991) de detecção de tumores pulmonares.

Fraser et al. (1983) concluíram que imagens digitais, originais e invertidas, são significativamente superiores às radiografias convencionais na análise de estruturas anatômicas normais. Já os estados patológicos foram igualmente bem analisados com ambos os sistemas. A maioria dos observadores preferiu a imagem digital invertida à original.

Entretanto, Oestmann et al. (1988) estudaram o impacto da inversão da imagem digital na detecção de câncer de pulmão e concluíram que a utilização da imagem digital invertida piorou a detectabilidade das lesões pulmonares.

Macmahon et al. (1988), em um estudo de várias anormalidades pulmonares, também relataram que a imagem digital invertida foi significativamente inferior à imagem digital original na detecção de nódulos pulmonares. No estudo realizado por Buckeley et al. (1990) mais uma vez a imagem digital invertida foi estatisticamente inferior na detecção de doenças pulmonares quando comparada a radiografias convencionais.

### **2.3 A imagem digital invertida na área odontológica**

Mais especificamente em relação ao diagnóstico odontológico, também se verifica um número limitado de trabalhos na literatura que relate o uso da imagem digital invertida. Horner et al. (1990) concluíram, após um estudo clínico sobre o sistema digital RVG, que a

inversão da escala de cinza de uma imagem radiográfica visualizada em um monitor de computador parece não ter nenhuma vantagem ou aplicação clínica.

Hintze et al. (1992) avaliaram a subtração da imagem digital - convencional e invertida - na detecção de cavidades radiculares artificiais. A maioria dos observadores obteve melhor desempenho com a utilização da imagem invertida, sendo esta diferença estatisticamente significativa.

Yokota et al. (1994) compararam o potencial diagnóstico de radiografias convencionais e imagens digitais originais, com processamento de contraste e imagens digitais invertidas na detecção de lesões periapicais artificiais. A imagem digital invertida teve o pior desempenho quando comparada tanto às radiografias convencionais, como aos demais tipos de imagens digitais.

Leddy et al. (1994) compararam a radiografia convencional, a imagem digital convencional e a invertida adquirida pelo sistema RVG na determinação do comprimento de limas endodônticas de número 10, inseridas no interior de canais radiculares, e sua relação com os ápices radiculares. Não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre as três modalidades de imagem radiográfica utilizadas. Os autores concluíram que imagens digitais adquiridas pelo sistema RGV, invertidas ou não, são comparáveis com radiografias convencionais na mensuração de instrumentos endodônticos.

Ellingsen et al. (1995a, 1995b) compararam radiografias convencionais obtidas com filmes dos grupos D e E com cinco modalidades de imagem digital (original, processada digitalmente, original ampliada, invertida e invertida ampliada) na observação da extremidade

de limas endodônticas de número 8 e 10 em relação ao ápice radiográfico, e encontraram diferenças entre os resultados de um estudo *in vitro* e outro *in vivo*. O estudo *in vitro* mostrou que a imagem digital invertida ampliada teve igual desempenho às radiografias convencionais com filme do grupo D, e foram superiores às radiografias obtidas com filme do grupo E. Neste mesmo estudo, as imagens digitais originais, as processadas digitalmente e as invertidas foram inferiores aos filmes do grupo D e E. Já no estudo *in vivo*, radiografias convencionais com filme do grupo D foram superiores a todas as modalidades de imagem digital estudadas, inclusive à imagem digital invertida, enquanto que as radiografias convencionais com filme do grupo E tiveram desempenho estatisticamente semelhante a todas as imagens digitais estudadas, exceção feita à imagem digital original, que teve desempenho inferior.

Scarfe et al. (1995) realizaram um estudo com o propósito de comparar a acurácia de diagnóstico de imagens digitais diretas (originais, invertidas e ampliadas) e radiografias convencionais, com e sem a utilização de contraste, na detecção de canais acessórios laterais. Tanto as radiografias convencionais como as imagens digitais demonstraram baixa sensibilidade na detecção de canais laterais. Entretanto, com a utilização do material de contraste nos condutos radiculares, houve um aumento da sensibilidade das imagens digital original e invertida. A utilização da imagem digital ampliada produziu a maior sensibilidade entre todas as modalidades testadas. Estes resultados não foram testados estatisticamente.

Meier et al. (1996), em um trabalho *in vitro*, compararam a imagem digital direta original (não-processada), a imagem digital direta invertida, a imagem digital direta com o uso de pseudocores e duas formas de imagens digitais diretas com equalização do histograma na detecção de lesões periapicais criadas por ácido perclórico (70%). Os resultados do trabalho mostraram que, após 8, 12, 16 e 24 horas da aplicação do ácido, as técnicas de

equalização do histograma foram estatisticamente superiores às imagens invertidas na percepção das lesões periapicais. As imagens digitais originais e com o uso de pseudocores também foram estatisticamente superiores às imagens digitais invertidas após 12, 16 e 24 horas da aplicação do ácido.

Barbat e Messer (1998) investigaram a habilidade de diferentes técnicas radiográficas na detecção de lesões periapicais criadas artificialmente na mandíbula de cadáveres humanos. Foram comparadas radiografias convencionais e imagens digitais diretas (convencionais, coloridas e invertidas), usando o sistema Digora. As lesões foram criadas na região periapical de molares em três estágios: remoção apenas da lâmina dura, extensão para o osso esponjoso e envolvimento da cortical óssea. Para todos os tipos de imagem, as lesões foram detectadas após a remoção da lâmina dura, com o aumento da detectabilidade associada com o aumento da remoção óssea. As imagens adquiridas antes da remoção óssea obtiveram maiores níveis de acurácia no diagnóstico quando foram observadas através das imagens digitais invertidas e coloridas, com significância estatística. Entretanto, após a remoção óssea, imagens digitais convencionais e radiografias convencionais foram semelhantes, ambas obtendo melhor desempenho do que as demais, também com significância estatística. As imagens digitais não aumentaram a detectabilidade das lesões.

Mistak et al. (1998) também avaliaram a interpretação de lesões ósseas periapicais artificiais com o uso de radiografias convencionais, imagem digital direta convencional, imagem digital invertida e imagem digital transmitida via internet. O diagnóstico com imagens digitais invertidas foi estatisticamente inferior às demais imagens. Não houve diferença significativa entre as demais modalidades de imagem na habilidade do avaliador identificar as lesões periapicais artificiais.

Fuge; Stuck; Love (1998) compararam imagens digitais indiretas (original, otimizada, invertida, ampliada e invertida ampliada) e radiografias convencionais na visualização de pequenos instrumentos endodônticos na região apical de canais radiculares. Os resultados demonstraram que todas as imagens digitais indiretas foram estatisticamente inferiores quando comparadas às radiografias convencionais.

Vale; Bramante; Bramante (1998a, 1998b) averiguaram o fator de distorção da placa ótica do sistema digital Digora na determinação do comprimento de dentes, utilizando imagem digital padrão, invertida e em relevo (pseudo 3D). A imagem digital que revelou resultados mais confiáveis foi a em relevo, embora ela não tenha diferido estatisticamente da imagem invertida.

Vale; Bramante; Bramante (1998c) também avaliaram a influência do posicionamento da placa ótica do Digora em relação ao eixo dentário, na determinação da curvatura radicular, utilizando três modelos de imagens digitais, a padrão, a invertida e a em relevo. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias dos ângulos obtidos nas duas posições avaliadas com os três tipos de imagem digital.

Borg et al. (2000) compararam radiografias convencionais e imagens digitais na mensuração do nível ósseo marginal ao redor de implantes. Em relação às imagens digitais, foram utilizadas cinco técnicas de processamento: realçamento das margens da imagem, imagem digital invertida, realçamento de cor única e mapeamento da intensidade das cores associado ao processamento do brilho e contraste. Em todos os métodos, exceto o que usou realçamento das margens da imagem, as mensurações feitas após a cicatrização destoaram significativamente do valor histológico, subestimando o nível ósseo. As medições do nível

ósseo ao redor dos implantes com imagem digital foram tão acuradas e precisas quanto às feitas com filme radiográfico convencional. Não houve diferença estatística entre as diferentes técnicas de processamento da imagem, incluindo a imagem digital invertida.

Angelopoulos (2002) comparou a acurácia de três modalidades de imagem (a tomografia convencional em filme, a tomografia digital com processamento de contraste, brilho e curva gama, e a tomografia digital com inversão da escala de cinza), na identificação da parede superior do canal mandibular e da crista do rebordo alveolar em regiões edêntulas. Apesar de não ter havido diferença estatisticamente significativa entre as três modalidades testadas, a tomografia convencional obteve a maior acurácia dentre elas.

Lorenzi (2002) avaliou a percepção visual de alunos de Curso de Especialização em Radiologia Odontológica na comparação da imagem digital original indireta com outras três imagens digitais indiretas (invertida, equalizada e auto-nível), para a análise de anatomia radiográfica intrabucal e de alterações patológicas dentais e ósseas. As imagens digitais invertidas obtiveram os piores resultados na análise das lesões dentais e ósseas. Entretanto, juntamente com as equalizadas, foram superiores na análise da anatomia radiográfica intrabucal.

Vale e Bramante (2002) avaliaram ainda a capacidade de diversos filmes radiográficos periapicais e imagens digitais padrão, em relevo e invertida na visibilidade de limas endodônticas de diferentes calibres. Para a visibilidade de limas de menor calibre (n<sup>os</sup> 06, 08 e 10), os filmes radiográficos foram melhores do que as imagens digitais, mas sem diferença estatisticamente significativa. Entretanto, as imagens digitais exibiram melhores resultados quanto à visibilidade de limas n<sup>o</sup> 15, destacando-se a imagem digital invertida.

## **2.4 A imagem digital invertida na detecção de lesões cariosas**

Dove e McDavid (1992) realizaram um estudo para determinar se o processamento digital de radiografias interproximais melhora o diagnóstico de cáries proximais. Radiografias interproximais convencionais com filme do grupo D, imagem digital indireta convencional (não-processada), imagem digital com equalização do histograma e imagem digital invertida foram avaliadas por oito observadores. Os resultados mostraram que as técnicas de processamento da imagem digital utilizadas não melhoraram a acurácia do diagnóstico. Não foi detectada diferença significativa entre a imagem radiográfica convencional com o filme do grupo D e a imagem digital original no diagnóstico de cáries proximais. As imagens digitais originais obtiveram melhor acurácia no diagnóstico quando comparadas às imagens digitais invertidas.

Tovo et al. (1999, 2000) compararam filmes de diferentes sensibilidades e o sistema digital Digora no diagnóstico de lesões de cárie em superfície proximal de molares decíduos, os quais foram radiografados com 50, 70 e 90 kVp. Cinco recursos de processamento de imagem (tamanho reduzido à metade, ampliação de uma vez, de duas vezes, invertida e em relevo) foram utilizados nas imagens digitais. Com a utilização do sistema digital Digora, a taxa de diagnósticos positivo-verdadeiros alcançou maior valor ao ser utilizado o recurso de imagem invertida (70kV), mas sem diferença estatisticamente significativa. O método digital foi mais sensível que o radiográfico convencional, porém, estes foram tanto ou mais específicos. A acurácia do sistema digital suplantou a dos filmes. Devido aos resultados observados, o sistema digital demonstrou-se comparável ao método radiográfico convencional no diagnóstico de lesões de cárie em superfícies proximais de molares decíduos.

Tosoni et al. (1998, 2001) verificaram a reprodutibilidade intra e interexaminador e a acurácia de radiografias convencionais e digitais originais, ampliadas, em relevo e invertidas no diagnóstico de cáries proximais e oclusais. Considerando a acurácia, não houve diferença estatisticamente significativa entre as imagens digitais e radiografias convencionais. Em razão dos diferentes níveis de reprodutibilidade apresentados pelos recursos das imagens digitais, não é recomendado, segundo os autores, a utilização de um recurso de imagem individualmente.

Mapanda (2001) comparou a acurácia no diagnóstico de cáries com o uso de radiografias convencionais realizadas com filme do grupo E, imagem digital convencional e imagem digital invertida utilizando sistema digital por placa de fósforo foto-estimável. Todas as três modalidades testadas obtiveram baixos valores de sensibilidade (0,222 a 0,433) e altos valores de especificidade (0,848 a 0,926). O resultado da análise estatística mostrou que a acurácia no diagnóstico de cáries foi maior com a utilização de radiografias convencionais, seguida da imagem digital original. De modo geral, a sensibilidade para cáries em esmalte foi menor do que para dentina, com diferença estatisticamente significativa entre radiografias convencionais e imagens digitais invertidas. Para todos os observadores, as imagens digitais invertidas foram significativamente inferiores na detecção de cáries.

## **2.5 A imagem digital invertida na estimativa da profundidade de lesões cariosas**

Eickholz et al. (1999) compararam imagens digitais originais com cinco imagens digitais processadas, dentre elas a imagem digital invertida, na estimativa da profundidade de lesões cariosas proximais. A utilização das cinco formas de processamento da imagem digital

não melhorou a reprodutibilidade e a acurácia das medidas executadas por três observadores. Entretanto, os valores obtidos na mensuração da profundidade das lesões cariosas se aproximaram mais com o resultado histológico quando utilizada a imagem digital invertida com ampliação de sete vezes. Não obstante, esta diferença não foi estatisticamente significativa. As medidas realizadas pelos observadores na mensuração das lesões em dentina mostraram maior variabilidade do que as realizadas em esmalte.

### **3 PROPOSIÇÃO**

#### **Objetivo Geral:**

Avaliar a utilidade da inversão da imagem radiográfica digital como ferramenta de diagnóstico em Radiologia.

#### **Objetivos Específicos:**

Comparar o desempenho proporcionado pela imagem digital convencional e pela imagem digital invertida na detecção de cárie primária e estimativa de sua profundidade em superfícies proximais.

Verificar se a análise simultânea da imagem digital convencional e invertida melhora a eficácia na detecção de cárie primária e na estimativa de sua profundidade em superfícies proximais.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Preparação da amostra**

Imagens radiográficas digitais diretas adquiridas para um estudo publicado anteriormente por Abreu Jr.; Mol; Ludlow (2001) de eficiência em detecção de cárie foram utilizadas neste trabalho. Fez-se uso, naquele estudo, da seguinte metodologia e materiais: 41 dentes posteriores extraídos (20 molares e 21 pré-molares), metade deles mandibulares e a outra metade maxilares, foram selecionados de modo que a amostra utilizada contivesse superfícies proximais sadias em número semelhante ao número de superfícies com lesão cariosa, assim como dentes com lesões cariosas de várias profundidades. O processo de seleção fez uso de exame clínico dos dentes com uma lente de 2X de aumento, auxiliado por triagem feita através de radiografias convencionais. As superfícies dos dentes selecionados apresentavam-se: (1) totalmente sadias, (2) com manchas brancas ou marrons, ou (3) cavitadas. Dentes com restaurações proximais ou em faces livres, com lesões cariosas vestibulares, palatais ou linguais ou com cavitações proximais amplas foram excluídos na seleção da amostra.

As raízes dos dentes foram imersas em cera e os dentes colocados em modelos de gesso. Em cada modelo de gesso, foram posicionados três dentes da amostra (2 pré-molares e 1 molar, ou 1 pré-molar e 2 molares) com as superfícies proximais em contato. Para simular os contatos proximais em todos os dentes, outros dois dentes, que não faziam parte da amostra, foram colocados um de cada lado dos dentes das extremidades de cada modelo.

## 4.2 Aquisição das imagens

Um aparelho de raios-X intrabucal (Planmeca Oy, Helsinki, Finlândia) foi usado como fonte de raios-X. O tubo de raios-X foi operado a 70 kVp, 8mA, com filtragem total equivalente a 2,0mm de alumínio. Para simular os tecidos faciais, um disco de 1 cm de material equivalente aos tecidos moles foi colocado entre a fonte de raios-X e o modelo de gesso (Radiation Measurements Inc., Middleton, WI, EUA) (FIG. 1). Material de moldagem elastomérico foi usado para manter a posição dos modelos constante em relação ao receptor de imagem e cilindro localizador do aparelho de raios-X. Um sensor digital intrabucal tipo CCD foi usado como receptor de imagem (RVGui®, Trex-Trophy Radiology Inc., Marne-la-Vallée, França)(FIG. 1). O tempo de exposição utilizado foi de 0,08s e a distância foco-sensor de 37,5cm. A resolução espacial da imagem adquirida foi de 920 x 680 pixels. Os modelos de gesso foram submetidos a incidências radiográficas onde o raio central foi dirigido para o centro do sensor digital, onde se localizavam as coroas dentárias. O ângulo horizontal orientou o feixe central dos raios X de forma que ele estivesse paralelo às faces proximais dos dentes e o ângulo vertical foi posicionado em 90° com o sensor e os dentes. A incidência deu-se no sentido vestibulo-lingual.

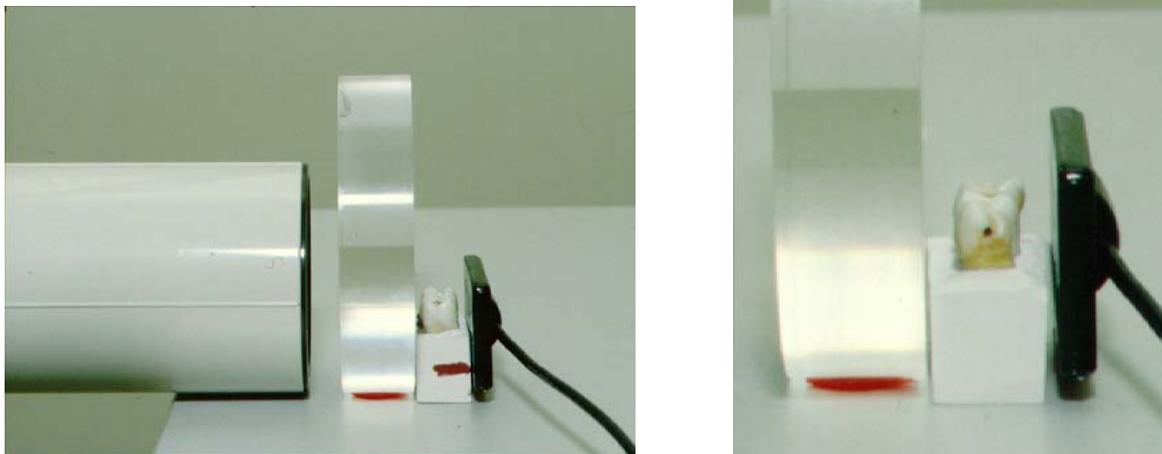


FIGURA 1 - Aparelho de raios-X intrabucal (Planmeca Oy, Helsinki, Finlândia); disco de 1 cm de material equivalente ao tecido mole entre a fonte de raios-X e o modelo de gesso; sensor digital intrabucal tipo CCD.

Todas as imagens foram arquivadas em computador no formato “TIFF”, ocupando uma memória de 565 kB cada.

#### 4.3 Obtenção do “padrão ouro”

Após a obtenção das imagens, os dentes utilizados foram seccionados em cortes méso-distais de aproximadamente 400 $\mu$ m, com o auxílio de uma serra circular em baixa rotação com disco diamantado (Buehler Ltd, Lake Bluff, Illinois, EUA). As secções foram examinadas sob um microscópio óptico, onde se verificou o estado verdadeiro (“padrão

ouro”) das superfícies dentais quanto ao seu estado de cárie (FIG. 2). Múltiplas secções de cada superfície dental foram analisadas por dois observadores, com o objetivo de determinar a correta extensão da lesão. Qualquer diferença na classificação da extensão da cárie pelos dois observadores era resolvida com nova análise e alcance de um consenso. Quando havia presença de lesão, a maior profundidade dela era determinada. As superfícies foram registradas seguindo os critérios assim definidos: 0= ausência de lesão cariiosa, 1= cárie até a metade externa do esmalte, 2= cárie até a metade interna do esmalte, incluindo o limite amelo-dentinário, 3= cárie até o terço externo da dentina, 4= cárie até o terço médio da dentina e 5= cárie até o terço interno da dentina.



FIGURA 2 – Secção mesio-distal de um dente da amostra

#### **4.4 Modalidades comparadas**

As imagens digitais, já salvas em computador, foram então replicadas três vezes e salvas em três conjuntos de arquivos de imagens. O primeiro continha um conjunto de imagens radiográficas convencionais (sem inversão da escala de cinza – modalidade 1). O segundo continha um conjunto de imagens radiográficas invertidas (com inversão da escala de

cinza – modalidade 2), e o terceiro continha dois conjuntos de imagens, um de convencionais e o outro de invertidas (modalidade 3).

As imagens digitais convencionais (não-invertidas) foram comparadas com suas respectivas imagens invertidas na detecção de cárie primária em superfícies proximais e na determinação de suas profundidades (FIG. 3, 4 e 5). As imagens receberam numerações diferentes em cada uma das modalidades a fim de que os observadores não memorizassem o número da imagem e seu respectivo escore (ANEXO A). O contraste e brilho das imagens foram subjetivamente ajustados por dois radiologistas previamente às sessões de interpretação das imagens.

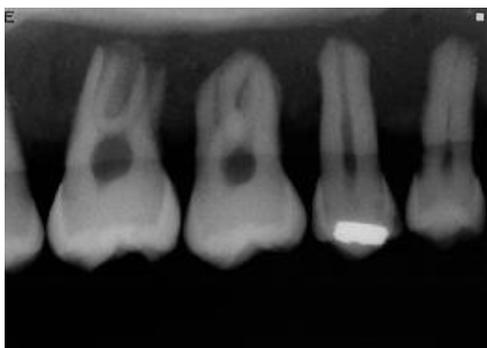


FIGURA 3 – Imagem digital convencional (modalidade 1)

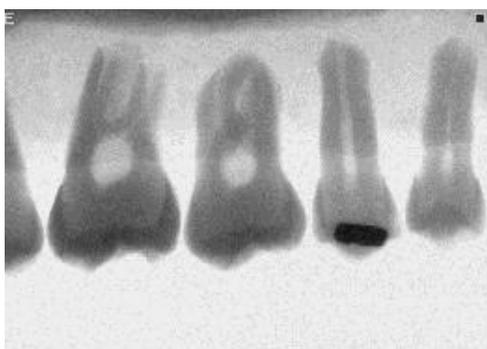


FIGURA 4 – Imagem digital invertida (modalidade 2)

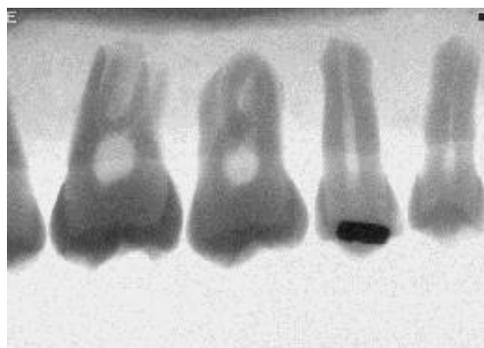
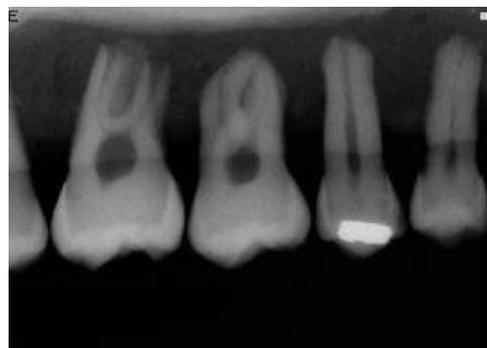


FIGURA 5 – Imagem digital convencional e invertida (modalidade 3)

#### 4.5 Sessões de observação das imagens

Vinte observadores - dois radiologistas, doze alunos de curso de especialização em Imaginologia Dento-Maxilo-Facial e seis clínicos gerais - foram treinados e calibrados na interpretação dos dois tipos de imagens.

As imagens digitais foram apresentadas aos observadores em um computador Pentium 400 MHz com um monitor Philips 15 polegadas SVGA colorido de resolução 800 x 600 pixels. O computador foi colocado em um ambiente com pouca luminosidade, sem qualquer tipo de luz ou sombra no monitor, sendo que os observadores ficavam a uma distância de aproximadamente 50cm do mesmo. As imagens foram observadas em tamanho 100% operando o software TACT (Verity Software Systems, Winston-Salem, NC, EUA). Antes de cada sessão de observação, foram fornecidas instruções verbais e escritas aos observadores, e em todas elas, uma cópia escrita das instruções ficava disponível para que fosse consultada pelos observadores (ANEXO B).

Os observadores avaliaram as imagens em três sessões de observação. Em uma sessão, foram apresentadas as imagens digitais convencionais; em outra, as imagens digitais invertidas, e em outra sessão, as imagens convencionais foram apresentadas juntamente com as suas respectivas imagens invertidas. Houve um intervalo de no mínimo duas semanas entre cada sessão. A ordem em que as três sessões foram realizadas, para cada observador, foi balanceada de modo que uma modalidade (convencional, invertida ou convencional + invertida) não fosse apresentada sempre primeiro do que a outra (ANEXO C). Os observadores utilizaram uma escala de cinco pontos para avaliar as superfícies dentais quanto à presença ou ausência de lesões cariosas proximais, que correspondeu a: 1= superfície definitivamente sadia, 2= superfície provavelmente sadia, 3= incerteza quanto à presença/ausência de cárie, 4= superfície provavelmente cariada, 5= superfície

definitivamente cariada. Para a avaliação da profundidade das lesões cariosas presentes, foi utilizada uma outra escala, que só era utilizada caso o escore dado à superfície avaliada na determinação da presença/ausência de lesão cariiosa tivesse sido 4 ou 5 (opinião de presença de cárie pelo observador). Nesta segunda escala, também de cinco pontos, os números equivaliam a: 1= cárie até a metade externa do esmalte, 2= cárie até a metade interna do esmalte incluindo o limite amelo-dentinário, 3= cárie até o terço externo da dentina, 4= cárie até o terço médio da dentina e 5= cárie até o terço interno da dentina. Os observadores foram instruídos a desconsiderar lesões cariosas radiculares e oclusais, e a avaliar somente superfícies proximais, ou seja, do limite amelo-cementário em direção à face oclusal. Eles também foram alertados de que qualquer descalcificação da estrutura dental deveria ser considerada como cárie, independente de seu tamanho, grau de penetração em esmalte e dentina ou decisão de tratamento. Não foi permitido o processamento de contraste e brilho das imagens durante as sessões de observação.

#### **4.6 Análise estatística**

As respostas dos observadores na detecção e determinação da profundidade de lesões cárias foram comparadas ao estado real das superfícies dentais, conhecido pelo exame histológico.

#### **4.6.1 Determinação da presença das lesões cariosas**

##### **4.6.1.1 Curvas ROC (Receiver Operating Characteristic)**

As áreas sob as curvas ROC ( $A_z$ ) foram utilizadas como medida do desempenho dos observadores na detecção das lesões cariosas utilizando a imagem digital convencional, a digital invertida e as duas concomitantemente. As curvas ROC fornecem um traçado do desempenho do observador e do grau de confiança de suas decisões diagnósticas, assim como um traçado da detectabilidade da doença, que é independente de sua prevalência (METZ, 1978). Os valores  $A_z$  foram calculados para cada combinação de observadores (20) e modalidades (3) resultando em 60 valores. As curvas ROC foram calculadas utilizando-se a técnica de maior probabilidade fornecida pelo software ROCKIT (Apple Macintosh version, Charles E. Metz, The University of Chicago, Chicago, IL, EUA). Análise de variância (ANOVA) testou os efeitos da variável independente - modalidade - sobre a variável dependente -  $A_z$ . O nível para diferença estatisticamente significativa foi estabelecido em  $\alpha=0.05$ .

##### **4.6.1.2 Sensibilidade, Especificidade e Acurácia**

Além das curvas ROC, também foram calculados os valores de sensibilidade, especificidade e acurácia dos observadores na detecção de lesões cariosas. Sensibilidade corresponde ao número de superfícies cariadas diagnosticadas corretamente, dividido pelo número total de superfícies cariadas da amostra; especificidade corresponde ao número de superfícies dentais sadias diagnosticadas corretamente, dividido pelo número total de superfícies sadias da amostra; e acurácia corresponde ao número total de superfícies

diagnosticadas corretamente (cariadas e sadias), dividido pelo número total de superfícies contidas na amostra. Para o cálculo destas três medidas de desempenho diagnóstico, lançou-se mão de uma dicotomização. Os escores 1, 2 e 3 dos observadores foram considerados corretos caso a superfície dental estivesse histologicamente sadia, e os escores 4 e 5 foram considerados corretos caso a superfície dental estivesse histologicamente cariada.

Os valores de sensibilidade, especificidade e acurácia foram avaliados por análise de variância (ANOVA).

#### **4.6.3 Determinação da profundidade das lesões cariosas**

Na tarefa da estimativa da profundidade das lesões cariosas, os escores foram utilizados para calcular valores Kappa ponderados, também para cada combinação de observadores e modalidades. Este teste leva em consideração não somente diagnósticos exatos da profundidade da lesão cariada pelos observadores, mas também diagnósticos que se aproximam daquele determinado pelo exame histológico. Para isto, um sistema de peso deve ser aplicado a cada escore, de modo que eles possam dar uma contribuição apropriada e realística à estatística Kappa (Bulman e Osborn, 1989).

## 5 RESULTADOS

Uma dentre as 82 superfícies proximais utilizadas foi desconsiderada no cálculo dos resultados por ter gerado muita dúvida entre os observadores em relação a sua localização em coroa ou raiz.

A análise histológica das 81 superfícies proximais restantes é mostrada na tabela 1.

TABELA 1 – Resultado da análise histológica

Estado histológico	Número de superfícies proximais	% de superfícies proximais
Sem cáries	30	37,04%
Cáries até a metade externa do esmalte	18	22,22%
Cáries até a metade interna do esmalte	8	9,88%
Cáries até o terço externo da dentina	13	16,05%
Cáries até o terço médio da dentina	9	11,11%
Cáries até o terço interno da dentina	3	3,70%
Total	81	100,0%

### 5.1 Detecção de cárie

O desempenho dos observadores na detecção das lesões cariosas utilizando as três modalidades (imagem digital convencional, imagem digital invertida e as duas

concomitantemente), representado pelas áreas sob as curvas ROC ( $A_z$ ), pode ser observado nas tabelas 2, 3 e 4.

TABELA 2 - Comparação entre os valores da área sob a curva ROC ( $A_z$ ) dos vinte observadores na detecção de cárie segundo as três modalidades estudadas

	<b>Mod. 1</b>	<b>Mod. 2</b>	<b>Mod. 3</b>
<b>Obs.</b>	<b>ROC <math>A_z</math></b>	<b>ROC <math>A_z</math></b>	<b>ROC <math>A_z</math></b>
1	<b>0,655</b>	0,652	0,649
2	0,726	<b>0,790</b>	0,758
3	0,757	0,714	<b>0,816</b>
4	<b>0,811</b>	0,795	0,782
5	0,676	0,674	<b>0,684</b>
6	0,656	0,709	<b>0,732</b>
7	<b>0,723</b>	0,624	0,676
8	0,641	0,625	<b>0,758</b>
9	<b>0,763</b>	0,681	0,694
10	0,633	0,613	<b>0,650</b>
11	<b>0,678</b>	0,658	0,645
12	0,692	0,699	<b>0,732</b>
13	0,656	0,682	<b>0,696</b>
14	0,754	0,732	<b>0,756</b>
15	0,676	0,669	<b>0,685</b>
16	0,742	<b>0,758</b>	0,746
17	0,631	<b>0,631</b>	0,622
18	0,744	0,742	<b>0,774</b>
19	<b>0,738</b>	0,638	0,716
20	0,682	<b>0,715</b>	0,678
<b>Média</b>	0,702	0,690	0,712

Obs= observadores; Mod1= Imagem digital convencional;  
Mod2= Imagem digital invertida; Mod.3= Ambas.

A tabela 2 demonstra que dez observadores obtiveram melhor desempenho na detecção de cárie (valores em negrito), representado pelas áreas sob as curvas ROC ( $A_z$ ), quando utilizaram a associação da imagem digital convencional e invertida (modalidade 3),

seis observadores quando utilizaram a imagem digital convencional isoladamente (modalidade 1) e quatro observadores quando utilizaram a imagem digital invertida isoladamente (modalidade 2).

TABELA 3 - Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo de confiança) da análise da área sob a curva ROC ( $A_z$ ) na detecção de cárie segundo as modalidades estudadas

<b>Imagem Digital</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>IC 95%</b>
Convencional	0,702	0,051	0,60 – 0,80
Invertida	0,690	0,054	0,58 – 0,79
Convencional + Invertida	0,712	0,052	0,61 – 0,81

TABELA 4 - Análise de Variância (ANOVA) da análise da área sob a curva ROC ( $A_z$ ) na detecção de cárie entre as modalidades estudadas

<b>ÁREA SOB ROC</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Média dos quadrados</b>	<b>Razão de variância</b>	<b>Valor de p</b>
Entre as Modalidades	0,005030	2	0,002515		
Dentro das Modalidades	0,157755	57	0,002767	0,90884	0,4087
TOTAL	0,162786	59			

Não houve diferença estatisticamente significativa no que se refere à área sob a curva ROC ( $A_z$ ) na detecção de cárie entre as modalidades estudadas.

Os resultados obtidos para o cálculo de sensibilidade, especificidade e acurácia podem ser observados na tabela 5.

TABELA 5 – Comparação entre sensibilidade, especificidade e acurácia obtidas pelos observadores utilizando as três modalidades de imagem

Obs.	Modalidade 1			Modalidade 2			Modalidade 3		
	Digital Convencional			Digital Invertida			Digital Convencional + Invertida		
	Sens.	Espec.	Acurác.	Sens.	Espec.	Acurác.	Sens.	Espec.	Acurác.
1	0,563	1,000	0,825	0,531	0,917	0,763	0,531	0,958	0,788
2	0,781	0,833	0,813	0,875	0,417	0,600	0,875	0,750	0,800
3	0,906	0,833	0,863	0,719	0,792	0,763	1,000	0,479	0,688
4	0,969	0,458	0,663	0,963	0,604	0,725	0,906	0,604	0,725
5	0,625	0,938	0,813	0,625	0,958	0,825	0,656	0,938	0,825
6	0,563	0,979	0,813	0,750	0,938	0,863	0,813	0,854	0,838
7	0,813	0,938	0,888	0,438	0,958	0,750	0,625	0,938	0,813
8	0,500	0,958	0,775	0,438	0,958	0,750	0,906	0,833	0,863
9	0,844	0,625	0,713	0,625	0,875	0,775	0,688	0,917	0,825
10	0,469	0,958	0,763	0,406	1,000	0,763	0,531	0,938	0,775
11	0,625	0,917	0,800	0,563	0,958	0,800	0,500	0,896	0,738
12	0,688	0,938	0,838	0,688	0,896	0,813	0,781	0,792	0,788
13	0,563	0,979	0,813	0,656	0,958	0,838	0,688	0,896	0,813
14	0,875	0,792	0,825	0,813	0,854	0,838	0,875	0,771	0,813
15	0,625	0,938	0,813	0,594	0,917	0,788	0,656	0,917	0,813
16	0,781	0,667	0,713	0,875	0,750	0,800	0,844	0,792	0,813
17	0,469	0,979	0,775	0,469	0,979	0,775	0,438	1,000	0,775
18	0,844	0,813	0,825	0,844	0,833	0,838	0,969	0,813	0,875
19	0,781	0,708	0,738	0,500	1,000	0,800	0,750	0,854	0,813
20	0,656	0,958	0,838	0,781	0,938	0,875	0,625	0,917	0,800
<b>Média</b>	<b>0,697</b>	<b>0,860</b>	<b>0,795</b>	<b>0,658</b>	<b>0,875</b>	<b>0,787</b>	<b>0,733</b>	<b>0,843</b>	<b>0,799</b>

Sens = sensibilidade; Espec = especificidade; Acurác = acurácia

Na comparação dos valores médios de sensibilidade, especificidade e acurácia dos vinte observadores nas três modalidades testadas, observa-se que ocorreu um percentual maior de acertos na detecção de superfícies sadias (especificidade) quando os observadores utilizaram a imagem digital invertida. Já na detecção de superfícies cariadas (sensibilidade), e no desempenho diagnóstico geral (acurácia), observa-se um desempenho discretamente superior com a utilização simultânea da imagem digital convencional e invertida.

Os resultados obtidos pelo cálculo do desvio padrão e intervalo de confiança das análises de sensibilidade, especificidade e acurácia podem ser observados nas tabelas 6, 8 e 10, respectivamente. Da mesma forma, os resultados da análise de variância (ANOVA) dos valores de sensibilidade, especificidade e acurácia podem ser observados nas tabelas 7, 9 e 11.

TABELA 6 - Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo de confiança) da análise de sensibilidade na detecção de cárie segundo as modalidades estudadas

<b>Imagem Digital</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>IC 95%</b>
Convencional	0,697	0,152	0,40 – 0,99
Invertida	0,658	0,166	0,33 – 0,98
Convencional + Invertida	0,733	0,164	0,41 – 1,05

TABELA 7 - Análise de variância (ANOVA) dos valores de sensibilidade na detecção de cárie entre as modalidades estudadas

<b>SENSIBILIDADE</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Média dos Quadrados</b>	<b>Razão de Variância</b>	<b>Valor de p</b>
Entre as Modalidades	0,016961	2	0,0084806		
Dentro das Modalidades	1,766879	57	0,0309978	0,2735871	0,7616
TOTAL	1,783840	59			

Não houve diferença estatisticamente significativa no que se refere à sensibilidade da detecção de cárie entre as modalidades estudadas.

TABELA 8 - Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo de confiança) da análise de especificidade na detecção de cárie segundo as modalidades estudadas

<b>Imagem Digital</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>IC 95%</b>
Convencional	0,860	0,145	0,57 – 1,14
Invertida	0,875	0,144	0,59 – 1,15
Convencional + Invertida	0,843	0,124	0,59 – 1,08

TABELA 9 - Análise de variância (ANOVA) dos valores de especificidade na detecção de cárie entre as modalidades estudadas

<b>ESPECIFICIDADE</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Média dos Quadrados</b>	<b>Razão de Variância</b>	<b>Valor de p</b>
Entre as Modalidades	0,060807	2	0,030403		
Dentro das Modalidades	2,072540	57	0,036364	0,836175	0,4386
TOTAL	2,133347	59			

Não houve diferença estatisticamente significativa no que se refere à especificidade da detecção de cárie entre as modalidades estudadas.

TABELA 10 - Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo de confiança) da análise de acurácia na detecção de cárie segundo as modalidades estudadas

<b>Imagem Digital</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>IC 95%</b>
Convencional	0,795	0,054	0,68 – 0,90
Invertida	0,787	0,059	0,67 – 0,90
Convencional + Invertida	0,799	0,044	0,71 – 0,88

TABELA 11 - Análise de variância (ANOVA) dos valores de acurácia na detecção de cárie entre as modalidades estudadas

<b>ACURÁCIA</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Média dos Quadrados</b>	<b>Razão de Variância</b>	<b>Valor de p</b>
Entre as Modalidades	0,0015937	2	0,000797		
Dentro das Modalidades	0,1636875	57	0,002871	0,27745	0,7587
<b>TOTAL</b>	<b>0,1652812</b>	<b>59</b>			

Não houve diferença estatisticamente significativa no que se refere a acurácia da detecção de cárie entre as modalidades estudadas.

Os valores de sensibilidade, especificidade e acurácia agrupados para cada observador nas três modalidades (imagem digital convencional, imagem digital invertida e ambas) podem ser observados na tabela 12.

TABELA 12 – Comparação entre o desempenho de cada observador nas diferentes modalidades estudadas

Obs.	Mod.	Sens.	Espec.	Acurác.	Obs.	Mod.	Sens.	Espec.	Acurác.
1	1	<b>0,563</b>	<b>1,000</b>	<b>0,825</b>	11	1	<b>0,625</b>	0,917	<b>0,800</b>
	2	0,531	0,917	0,763		2	0,563	<b>0,958</b>	<b>0,800</b>
	3	0,531	0,958	0,788		3	0,500	0,896	0,738
2	1	0,781	<b>0,833</b>	<b>0,813</b>	12	1	0,688	<b>0,938</b>	<b>0,838</b>
	2	<b>0,875</b>	0,417	0,600		2	0,688	0,896	0,813
	3	<b>0,875</b>	0,750	0,800		3	<b>0,781</b>	0,792	0,788
3	1	0,906	<b>0,833</b>	<b>0,863</b>	13	1	0,563	<b>0,979</b>	0,813
	2	0,719	0,792	0,763		2	0,656	0,958	<b>0,838</b>
	3	<b>1,000</b>	0,479	0,688		3	<b>0,688</b>	0,896	0,813
4	1	<b>0,969</b>	0,458	0,663	14	1	<b>0,875</b>	0,792	0,825
	2	0,963	<b>0,604</b>	<b>0,725</b>		2	0,813	<b>0,854</b>	<b>0,838</b>
	3	0,906	<b>0,604</b>	<b>0,725</b>		3	<b>0,875</b>	0,771	0,813
5	1	0,625	0,938	0,813	15	1	0,625	<b>0,938</b>	<b>0,813</b>
	2	0,625	<b>0,958</b>	<b>0,825</b>		2	0,594	0,917	0,788
	3	<b>0,656</b>	0,938	<b>0,825</b>		3	<b>0,656</b>	0,917	<b>0,813</b>
6	1	0,563	<b>0,979</b>	0,813	16	1	0,781	0,667	0,713
	2	0,750	0,938	<b>0,863</b>		2	<b>0,875</b>	0,750	0,800
	3	<b>0,813</b>	0,854	0,838		3	0,844	<b>0,792</b>	<b>0,813</b>
7	1	<b>0,813</b>	0,938	<b>0,888</b>	17	1	<b>0,469</b>	0,979	<b>0,775</b>
	2	0,438	<b>0,958</b>	0,750		2	<b>0,469</b>	0,979	<b>0,775</b>
	3	0,625	0,938	0,813		3	0,438	<b>1,000</b>	<b>0,775</b>
8	1	0,500	<b>0,958</b>	0,775	18	1	0,844	0,813	0,825
	2	0,438	<b>0,958</b>	0,750		2	0,844	<b>0,833</b>	0,838
	3	<b>0,906</b>	0,833	<b>0,863</b>		3	<b>0,969</b>	0,813	<b>0,875</b>
9	1	<b>0,844</b>	0,625	0,713	19	1	<b>0,781</b>	0,708	0,738
	2	0,625	0,875	0,775		2	0,500	<b>1,000</b>	0,800
	3	0,688	<b>0,917</b>	<b>0,825</b>		3	0,750	0,854	<b>0,813</b>
10	1	0,469	0,958	0,763	20	1	0,656	<b>0,958</b>	0,838
	2	0,406	<b>1,000</b>	0,763		2	<b>0,781</b>	0,938	<b>0,875</b>
	3	<b>0,531</b>	0,938	<b>0,775</b>		3	0,625	0,917	0,800

A tabela 12 demonstra que nove observadores obtiveram melhor desempenho na detecção de superfícies cariadas (sensibilidade) quando utilizaram a associação da imagem digital convencional e invertida (modalidade 3), seis observadores quando utilizaram a imagem digital convencional (modalidade 1) e dois observadores quando utilizaram a imagem digital invertida (modalidade 2). Um observador obteve igual desempenho com a utilização das modalidades 1 e 2, outro com a utilização das modalidades 2 e 3 e um terceiro com a utilização das modalidades 1 e 3. Na detecção de superfícies sadias (especificidade), oito observadores tiveram desempenho melhor quando analisaram a imagem digital convencional, sete observadores quando analisaram a imagem digital invertida e três observadores quando analisaram a imagem digital convencional e invertida simultaneamente. Um observador obteve igual desempenho com a utilização das modalidades 2 e 3, e outro com a utilização das modalidades 1 e 2. Em relação à acurácia, observa-se que seis observadores obtiveram melhor desempenho com a utilização da modalidade 3, cinco observadores com a utilização da modalidade 1 e quatro observadores com a utilização da modalidade 2. Dois observadores tiveram desempenho idêntico quando utilizaram as modalidades 2 e 3, um com a utilização das modalidades 1 e 2, outro com a utilização das modalidades 1 e 3, e um quinto observador obteve igual desempenho nas três modalidades.

## **5.2 Estimativa da profundidade de cárie**

Para a análise da diferença existente entre as três modalidades testadas na estimativa da profundidade das lesões cariosas presentes, os valores do teste estatístico Kappa ponderado podem ser observados a seguir nas tabelas 13, 14 e 15.

TABELA 13 – Comparação entre o desempenho de cada observador na determinação da profundidade das lesões cáries, nas diferentes modalidades, utilizando os valores do teste estatístico Kappa ponderado

obs	Digital Convencional	Digital Invertida	D. Invertida + Convencional	
1	0,303	0,321	<b>0,326</b>	<b>Valores Referência</b> 0,00 - 0,20 = Péssima 0,21 - 0,40 = Sofrível 0,41 - 0,60 = Regular 0,61 - 0,80 = Boa 0,81 - 0,99 = Ótima 1,00 = Perfeita
2	0,452	<b>0,454</b>	0,449	
3	0,370	0,373	<b>0,519</b>	
4	<b>0,497</b>	0,458	0,395	
5	0,351	0,328	<b>0,369</b>	
6	0,277	<b>0,516</b>	0,418	
7	<b>0,402</b>	0,258	0,391	
8	0,290	0,240	<b>0,473</b>	
9	0,318	<b>0,338</b>	0,331	
10	<b>0,283</b>	0,209	0,280	
11	0,323	<b>0,381</b>	0,270	
12	0,371	0,360	<b>0,445</b>	
13	0,319	<b>0,383</b>	0,358	
14	0,533	0,487	<b>0,534</b>	
15	0,346	0,321	<b>0,442</b>	
16	0,456	0,500	<b>0,542</b>	
17	0,311	0,318	<b>0,349</b>	
18	0,543	0,566	<b>0,614</b>	
19	0,403	0,292	<b>0,508</b>	
20	0,408	<b>0,550</b>	0,381	
<b>MÉDIA</b>	<b>0,378</b>	<b>0,383</b>	<b>0,420</b>	

A tabela 13 demonstra que onze observadores obtiveram melhor desempenho na determinação da profundidade das lesões cáries (valores em negrito) quando utilizaram a associação da imagem digital convencional e invertida (modalidade 3), seis observadores

quando utilizaram a imagem digital invertida (modalidade 2) e três observadores obtiveram melhor desempenho quando utilizaram a imagem digital convencional (modalidade 1).

TABELA 14 - Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo de confiança) do desempenho dos observadores na estimativa de profundidade das lesões cariosas segundo as modalidades testadas

<b>Imagem Digital</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>IC 95%</b>
Convencional	0,3777	0,082	0,21 – 0,54
Invertida	0,3825	0,104	0,18 – 0,58
Convencional + Invertida	0,4197	0,092	0,24 – 0,60

TABELA 15 - Análise de variância (ANOVA) do desempenho dos observadores na estimativa de profundidade das lesões cariosas segundo as modalidades testadas

<b>PROFUNDIDADE</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Média dos quadrados</b>	<b>Razão de variância</b>	<b>Valor de p</b>
Entre as Modalidades	0,021064	2	0,010532		
Dentro das Modalidades	0,495525	57	0,008693	1,211527	0,3053
TOTAL	0,516589	59			

Não houve diferença estatisticamente significativa no que se refere à análise da profundidade de cárie entre as modalidades estudadas.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 - Comparação com outros estudos

Muitos estudos têm demonstrado que o processamento de imagens radiográficas digitais auxilia no diagnóstico de lesões cariosas. Wenzel et al. (1990), Wenzel e Hintze (1993), Gotfredsen; Wenzel; Gröndahl (1996), Shrout et al. (1996) e Wenzel et al. (1998) sugerem que o uso de ferramentas de processamento da imagem digital constitui em um auxílio no diagnóstico de cárie.

A maioria dos pesquisadores afirma que a imagem digital apresenta eficácia diagnóstica equivalente a das radiografias convencionais no diagnóstico de cárie (WENZEL, 2000). Apenas alguns, dentre um número relativamente grande de estudos *in vitro*, mostram o contrário. Moystad et al. (1996) mostraram existir uma diferença significativa entre o uso da imagem digital processada digitalmente e a radiografia convencional no diagnóstico de cárie, sendo a primeira estatisticamente superior na detecção tanto de lesões em esmalte como em dentina.

Foram localizados poucos trabalhos na literatura que tiveram como objetivo comparar a imagem digital invertida com outros tipos de imagens na detecção de lesões cariosas. Apenas um estudo foi encontrado onde o autor teve o objetivo de determinar a profundidade de lesões cariosas. Entre estes, entretanto, não houve a preocupação de incluir uma sessão de interpretação onde a imagem digital invertida fosse avaliada juntamente com a imagem digital convencional. A consideração de tal aspecto é de fundamental importância uma vez que o uso da imagem digital invertida de forma isolada, como realizada naqueles trabalhos, não é comum em ambientes clínicos que utilizam sistemas digitais.

Dove e MacDavid (1992) e Mapanda (2001) demonstraram que a imagem digital invertida é significativamente inferior na detecção de cáries quando comparada a outras modalidades de imagem. Entretanto, no estudo realizado por Tovo et al. (1999, 2000), a imagem digital invertida (quando obtida com 70kVp) obteve os maiores valores de sensibilidade na detecção de lesões cariosas quando comparada com radiografias convencionais e outros métodos de processamento da imagem digital, mesmo que sem diferença estatisticamente significativa. Tosoni et al. (1998, 2001) não encontraram diferença estatisticamente significativa entre a imagem digital invertida e outras modalidades de imagem na detecção de lesões cariosas proximais e oclusais. Da mesma forma, Eickholz et al. (1999) não detectaram diferença estatisticamente significativa entre a imagem digital invertida e outros sete instrumentos de processamento da imagem digital, desta vez na estimativa da profundidade de lesões cariosas.

Assim como poucos estudos foram realizados com o objetivo de comparar a imagem digital invertida com outros tipos de imagem no diagnóstico de lesões cariosas, também em outras áreas da odontologia esta modalidade de imagem foi pouco estudada. Os resultados de estudos que compararam este tipo de imagem têm sido variados. Hintze et al. (1992) concluíram que a subtração radiográfica digital com imagem invertida apresenta melhor desempenho quando comparada à subtração radiográfica digital convencional na detecção de cavidades radiculares artificiais.

Leddy et al. (1994) não detectaram diferença estatisticamente significativa entre a imagem digital convencional, a invertida e a radiografia convencional na observação da ponta de instrumentos endodônticos em relação ao ápice dental radiográfico. Ellingsen et al. (1995a), em um estudo *in vitro*, também na observação da ponta de instrumentos endodônticos em relação ao ápice dental radiográfico, demonstraram que a imagem digital invertida ampliada foi superior à radiografia convencional com filme do grupo E, e equivalente à radiografia

convencional com filme do grupo D. Já em um estudo *in vivo*, Elligsen et al. (1995b) relataram que a imagem digital invertida e a invertida ampliada foram inferiores a radiografias convencionais com filme do grupo D e equivalentes a radiografias com filme do grupo E. Vale e Bramante (2002) demonstraram que a imagem digital invertida exibiu os melhores resultados na visibilidade de limas endodônticas de número 15 quando comparada a outros métodos de processamento de imagens digitais e radiografias convencionais. Entretanto, quando foram utilizadas limas de menores calibres, não houve diferença estatisticamente significativa.

Não foi também detectada diferença estatisticamente significativa entre a imagem digital invertida e outras técnicas de processamento da imagem digital na determinação do comprimento de dentes (VALE; BRAMANTE; BRAMANTE, 1998a, 1998b), na determinação da curvatura radicular (VALE; BRAMANTE; BRAMANTE, 1998c), e na mensuração do nível ósseo marginal ao redor de implantes (BORG et al., 2000).

Meier (1996) e Mistak et al. (1998) consideraram a imagem digital invertida inferior a outras modalidades de imagens na identificação de lesões periapicais artificiais.

No estudo realizado por Lorenzi (2002), as imagens digitais invertidas tiveram os piores resultados para a análise das lesões dentais e ósseas. Entretanto, juntamente com as equalizadas, foram consideradas as melhores para a análise da anatomia radiográfica intrabucal.

Na área médica, os estudos que utilizaram a imagem digital invertida como ferramenta de diagnóstico se concentram no diagnóstico de anomalias pulmonares. Estes estudos são bastante antigos quando comparados aos realizados na área odontológica, e seus resultados, mais uma vez, se apresentam de forma bastante variada.

Oestmann et al. (1988), Macmahon et al. (1988) e Buckeley et al. (1990) relataram a inferioridade da imagem digital invertida na detecção de lesões pulmonares. Entretanto, em

estudos realizados por Sheline et al. (1989) e por Kheddache et al. (1991) a imagem digital invertida apresentou melhor desempenho quando comparada à convencional. Outros dois estudos não encontraram diferença estatisticamente significativa entre a imagem digital invertida e a digital convencional (FRASER et al., 1983; KEHLER et al., 1991).

## **6.2 - A imagem digital invertida e a percepção visual**

Com a introdução dos sistemas digitais, inúmeras opções de processamento e análise da imagem radiográfica foram disponibilizadas. O objetivo do processamento digital da imagem radiográfica é de tornar mais evidente as informações relevantes através da criação de imagens mais adequadas para a percepção visual humana (MOL, 2000).

Análises psicofísicas demonstram que o sistema visual humano não responde de maneira linear a diferentes níveis de intensidade de luz. Com pouca intensidade de luz, um pequeno aumento na iluminação resulta em um grande aumento de percepção do brilho. Por outro lado, com alta intensidade de luz, o mesmo aumento na iluminação resulta em um pequeno aumento na percepção do brilho. Isto limita o observador na percepção de pequenas alterações na densidade óptica, que está associada à representação das características de cáries proximais em imagens radiográficas convencionais (BAXES, 1984 apud DOVE e MCDAVID, 1992). Tomando-se tais assertivas como verdadeiras, uma estratégia que poderia aumentar a acurácia do diagnóstico seria o uso da inversão da escala de cinza da imagem digital. Na imagem radiográfica invertida, ao contrário da imagem convencional, o esmalte é representado com baixa intensidade de luz (radiolúcido), o que levaria o observador a detectar com maior facilidade imagens associadas a lesões cariosas, representadas como aumentos da densidade óptica. Entretanto, esta hipótese não se mostrou verdadeira no presente estudo.

A luminosidade de um objeto em relação ao campo visual adjacente desempenha um papel muito importante na percepção visual. Objetos de cor clara aparentam ser mais claros quando colocados sobre fundo escuro, e da mesma forma aparentarão ser mais escuros quando colocados sobre fundo claro. Este fato é demonstrado na figura 6 (MUELLER e RUDOLPH, 1966; HOCHBERG, 1973; AUMONT, 1995; ROSA e TAVARES, 1998; ARNHEIM, 2000; DONDIS, 2000; PALMER, 2000; VILAIN, 2000).

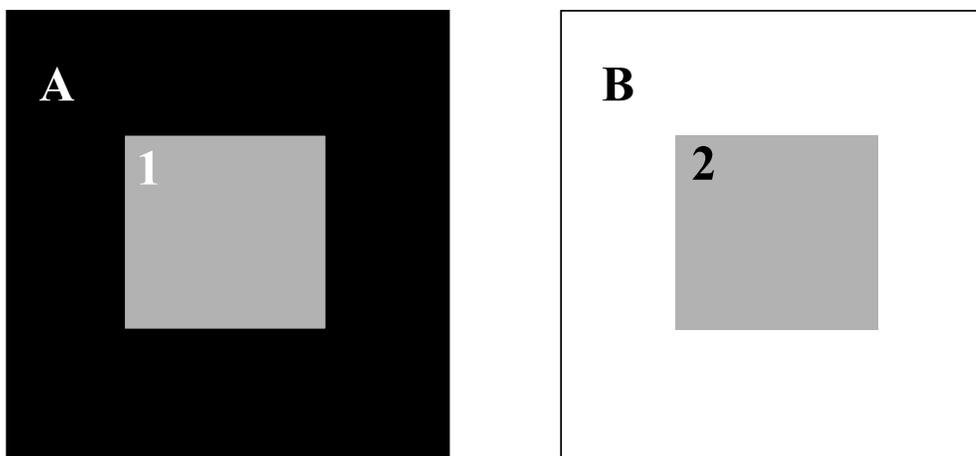


FIGURA 6 – Efeito de contraste. Tanto na figura (A) quanto na figura (B), os quadrados internos de menores dimensões (1 e 2) são de cor cinza uniforme, entretanto o do lado esquerdo (1) aparenta ser mais claro do que o do lado direito (2).

Por este motivo, e não-paradoxalmente, os mesmos efeitos da luminosidade sobre o sistema visual humano podem ser utilizados na tentativa de explicar a não ocorrência, no presente estudo, de um desempenho superior da imagem digital invertida em relação à imagem digital convencional. Como na imagem digital invertida ocorre a inversão das porções claras da imagem (radiopacas) por porções escuras (radiolúcidas) e vice-versa, a imagem correspondente ao “fundo da boca” (tudo exceto os elementos dentais e estruturas de suporte) é representada com coloração clara (radiopaca), sendo grande fonte de luminosidade,

o que não ocorre na imagem digital convencional. O efeito desta alta luminosidade no sistema visual humano pode ser comparado com o efeito da luminosidade que extravasa os extremos de uma radiografia convencional interpretada sob luz transmitida (negatoscópio), sem a utilização de máscaras para vedar a luz em torno da radiografia. A incidência desta luz nos olhos determina a contração da pupila, resultando em redução aparente do contraste e detalhe da imagem radiográfica (ROSA e TAVARES, 1998). Portanto, a densidade aparente de uma determinada sombra radiográfica pode ser afetada consideravelmente pela densidade das sombras circunvizinhas, ou seja, o contraste entre estruturas adjacentes pode alterar a densidade percebida por uma delas ou de ambas. (ROSA e TAVARES, 1998; VILAIN, 2000). Talvez este tenha sido um dos motivos que levaram a menores valores de sensibilidade com a utilização da imagem digital invertida pelos observadores.

### **6.3 - Análise dos resultados**

No presente trabalho, não houve diferença estatisticamente significativa entre imagem digital convencional, invertida e ambas utilizadas conjuntamente na detecção de lesões cariosas proximais, e também na estimativa da profundidade das lesões cariosas presentes. Os observadores, embora não tenha sido avaliado estatisticamente, mostraram preferência por avaliar as imagens digitais convencionais em detrimento das imagens digitais invertidas devido à semelhança que as primeiras apresentam com as imagens radiográficas de filmes convencionais.

O fato de que o maior percentual de acertos na detecção de superfícies sadias (especificidade) tenha ocorrido com a utilização da imagem digital invertida (modalidade 2), mesmo que sem diferença estatisticamente significativa, pode ser explicado pela falta de

familiaridade dos observadores com este tipo de imagem, o que possivelmente os levou a utilizar com maior frequência os escores 1, 2 e 3 da escala de cinco pontos utilizada para detecção de lesões cariosas nas sessões de interpretação. Esta atitude dos observadores pode ser explicada pelo comportamento clínico conservador adotado atualmente, que prega que o profissional, quando em dúvida quanto à presença ou ausência de lesão cariiosa, geralmente opte, até mesmo que inconscientemente, pela ausência da lesão e pelo controle da referida superfície.

Na detecção de superfícies cariadas (sensibilidade), e também no desempenho geral de diagnóstico (acurácia), os observadores obtiveram maior percentual de acertos com a utilização simultânea da imagem digital convencional e invertida. Da mesma forma, a média do cálculo das áreas sob as curvas ROC ( $A_z$ ), e a média dos valores do teste estatístico Kappa ponderado também foram superiores com a utilização da imagem digital convencional e invertida simultaneamente, o que sugere que a utilização da imagem digital invertida pode auxiliar na elaboração de um diagnóstico mais acurado, mesmo que as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas.

Quando imagens são apresentadas aos radiologistas em um formato não-familiar, como é o caso da imagem digital invertida, qualquer mudança na acurácia do diagnóstico deve se interpretar com cuidado. Quando imagens não-familiares resultam na melhora da acurácia, é razoável presumir que esta melhora vai ser mantida enquanto a experiência com a nova imagem cresce. Entretanto, quando o uso de um novo tipo de imagem resulta no decréscimo de acurácia, fato que ocorreu no presente trabalho, onde a imagem digital invertida obteve o pior valor médio de acurácia, surge um questionamento sobre o quanto a falta de familiaridade contribuiu para esta diferença, mais do que qualquer propriedade intrínseca da modalidade (MACMAHON et al., 1988). Mesmo que a imagem digital convencional seja, de certa forma, pouco familiar aos radiologistas, ela apresentava aparência

semelhante à radiografia convencional. Já no caso da imagem digital invertida, entretanto, a experiência dos radiologistas em procurar imagens radiolúcidas sobre o fundo radiopaco do esmalte foi agora substituída pelo empenho em procurar imagens radiopacas sobre o fundo radiolúcido do esmalte. Uma tarefa visual com esta diferença tão distinta acreditamos requerer um treinamento considerável.

#### **6.4 - Variabilidade no desempenho entre observadores**

A percepção da imagem é influenciada por vários fatores. Alguns são partes integrais da própria imagem em si e outros dependem do observador (GRÖNDAHL, 1992). A variabilidade interobservadores na interpretação radiográfica de doenças dentárias pode ser resultante de tendências clínicas, educação, treinamento e experiência dentre outros fatores (PETRIKOWSKI, 1996; ROBINSON, 1997).

Lazarchik et al. (1995) realizaram um trabalho com o objetivo de investigar o efeito do treinamento e experiência clínica na acurácia do diagnóstico de lesões cariosas oclusais. O nível de concordância entre observadores aumentou substancialmente quanto maior o treinamento e experiência clínica do grupo. O grupo de maior experiência clínica teve maior especificidade e menor sensibilidade quando comparado com os grupos de menor experiência. O surpreendente é que não houve diferença significativa entre os grupos quanto a acurácia. Entretanto, resultados semelhantes foram demonstrados por Gröndahl (1979) e Firestone (1994), que encontraram pequenas diferenças na habilidade interpretativa de lesões cariosas proximais de estudantes universitários de odontologia e radiologistas experientes. No presente trabalho, o desempenho dos observadores com maior experiência em diagnóstico odontológico (doze alunos de curso de especialização em Imaginologia Dento-Maxilo-Facial

e dois especialistas), e dos observadores com menor experiência (seis clínicos gerais), foi bastante semelhante, embora esta variável não tenha sido testada estatisticamente.

Robinson (1997) afirmou que pequenas mudanças do considerado normal levam a menor reprodutibilidade entre observadores do que mudanças maiores. No presente trabalho, aproximadamente 32% das superfícies proximais dos dentes utilizados possuíam lesões cariosas confinadas apenas ao esmalte, sendo que dois terços delas penetravam somente até a metade externa do esmalte, o que provavelmente contribuiu para a grande variabilidade no desempenho entre os observadores.

De acordo com Gröndahl (1979), com o decréscimo da prevalência de cárie, métodos de diagnóstico com maior sensibilidade são necessários, e quando consideramos o método radiográfico, é necessário lembrar que o observador é uma parte integral do método.

Apesar da variabilidade no desempenho dos observadores já ter sido enfatizada há pelo menos 50 anos, apenas estudos recentes de validade clínica de novos métodos incluem múltiplos observadores na metodologia (ROBINSON, 1997). No presente estudo, um número grande de observadores foi utilizado, verificando-se grande diferença no desempenho entre eles. Estas diferenças são comuns em estudos realizados na área de diagnóstico por imagem (GRÖNDAHL, 1979; PETRIKOWSKI, 1996; WENZEL, 2000). Como a utilização das imagens digitais invertidas não é rotineira para os observadores, esta diferença já era esperada. Isto denota a importância da calibração dos observadores para o estudo. Talvez fosse necessária uma calibração ainda mais rigorosa.

## 6.5 – Justificativas para a metodologia aplicada

No presente trabalho, a função de ampliação do sistema de radiografia digital não foi utilizada, pois isto tornaria a avaliação do efeito do processamento digital mais complicada. O efeito da ampliação da imagem foi investigado recentemente por Moystad et al. (1995), que concluíram que a ampliação da imagem tem um limite máximo até o qual seria proveitoso, e que além deste limite, a acurácia do diagnóstico seria reduzida.

Também não foi permitido o processamento do contraste e brilho pelos observadores por duas razões. Primeiramente, devido ao fato de os observadores serem inexperientes no processamento da imagem digital, um resultado inferior poderia ser alcançado com a utilização imprópria pelo observador durante as sessões de observação. Em segundo lugar, o tempo gasto pelos observadores durante as sessões de observação aumentaria consideravelmente, o que resultaria em maiores chances de fadiga mental e conseqüentemente queda de desempenho. Além do mais, acreditamos que o efeito do processamento da imagem pelo observador na acurácia do diagnóstico deveria ser avaliado em um estudo distinto.

No presente estudo, a validação das respostas dos observadores na detecção e determinação da profundidade de lesões cáries foi realizada com o seccionamento e execução de exame histológico de todas as superfícies dentais avaliadas. Wenzel (1998) relatou que muitos estudos experimentais utilizam como método de validação do estado real da superfície dental quanto à presença e extensão de lesões cáries, a avaliação radiográfica de um outro observador ou o estado clínico da superfície dental. Entretanto, segundo a autora, estes métodos deveriam ser abandonados, pois há apenas um método capaz de afirmar a verdadeira situação da superfície dental: a análise histológica. Este é o único método de validação seguro o bastante para a avaliação da eficiência de procedimentos de diagnóstico de cárie.

Este trabalho trata-se de um estudo *in vitro*, e desta forma, as condições em que se realizam um experimento nesta categoria não são exatamente iguais as de um estudo *in vivo*. Entretanto, a simulação de uma situação *in vivo* pode ser alcançada através de um modelo *in vitro*, como já comprovado através de experimentos (WENZEL, 1998).

### **6.6 – Limitações do estudo**

Os observadores que participaram deste estudo não estavam familiarizados com imagens digitais. Conseqüentemente, a apresentação das imagens em um monitor de computador ao invés de em um negatoscópio pode ter influenciado no desempenho dos mesmos na interpretação das imagens. Paralelamente, também não tinham experiência alguma na avaliação de imagens radiográficas com inversão da escala de cinza, o que pode mais uma vez ter prejudicado o desempenho dos observadores, desta vez especificamente na interpretação das imagens digitais invertidas.

### **6.7 – Futuros Estudos**

Em estudos futuros, onde esperamos um público maior de usuários dos sistemas digitais, seria muito interessante a seleção de observadores com experiência prévia na interpretação de imagens radiográficas no formato digital e na utilização de suas ferramentas de processamento da imagem.

## 7 CONCLUSÕES

Após a análise dos dados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

- 1- A detecção e estimativa da profundidade de lesões cáries proximais através do exame radiográfico (metodologia empregada no trabalho) é insatisfatório.
- 2- A imagem digital invertida proporciona desempenho diagnóstico semelhante à imagem digital convencional na detecção de cárie primária e estimativa de sua profundidade em superfícies proximais.
- 3- A análise simultânea da imagem digital convencional e invertida não melhora a eficácia na detecção de cárie primária e estimativa de sua profundidade em superfícies proximais. Por esta razão, a imagem digital invertida não deve ser considerada fundamental para tarefas desta natureza.
- 4- Existe ampla variabilidade no desempenho dos profissionais, o que pode ter contribuído para que não fosse detectada diferença estatisticamente significativa entre as modalidades testadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JR, M.; MOL, A.; LUDLOW, J.B. Performance of RVGui and Ektaspeed Plus for proximal caries detection. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v.91, n.3, p.381-385, Mar. 2001.

ANGELOPOULOS, C. **Pré-Surgical Dental Implant assessment: a Comparison Between Plain-Film Conventional Tomography and Digital Tomography Utilizing a Storage Phosphor Plate System.** Kansas City, 2002. 81p. Thesis (Master of Science) – Faculty of Oral Biology of the University of Missouri.

ARNHEIM, R. L. **A Arte e Percepção Visual: Uma Psicologia da Visão Criadora.** 13 ed. São Paulo: Pioneira. 2000. 503p.

AUMONT, J. **A Imagem.** 2 ed. Campinas: Pirus Editora, 1995. 317p.

BARBAT, J.; MESSER, H. H. Detectability of Artificial Periapical Lesions Using Direct Digital and Conventional Radiography. **J. Endod.**, Baltimore, v.24, n.12, p. 837-842, Dec. 1998.

BAXES, G. A. Digital Image Processing: A practical Primer, 1984 apud DOVE, S.B.; MCDAVID, W.D. A comparison of conventional intra-oral radiography and computer imaging techniques for the detection of proximal surface dental caries. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Hounds Millis, v. 21, n.3, p. 129, Aug. 1992.

BENN, D. K.; WATSON, T. F. Correltion between film position, bite-wing shadows, clinical pitfalls, and the histologic size of approximal lesions. **Quintessence Int.**, v.20, n.2, p.131-134. 1989.

BILLE, J.; THYLSTRUP, A. Radiographic Diagnosis and Clinical Tissue Changes in Relation to Treatment of Approximal Carious Lesions. **Caries Res.**, v.16, n.1, p.1-6, Jan.-Feb. 1982.

BORG, E. et al. Marginal bone level around implants assessed in digital and film radiographs: in vivo study in the dog. **Clin. Implant. Dent. Relat. Res.**, v. 2, n.1, p.10-17, 2000. Abstract.

BUCKLEY, K. M. et al. Detection of Bullous Lung Disease: Conventional Radiography vs Digital Storage Phosphor Radiography. **AJR**, v.156, p.467-470, Mar. 1991.

BULMAN, J. S.; OSBORN, J. F. Measuring diagnostic consistency. **Br. Dent. J.** London, v.166, p.377-381. 1989.

DODDS, M. W. J. Dilemmas in Caries Diagnosis: Applications to Current Practice and Need for Research. **J. Dent. Educ.**, v.57, n.6, p.433-438. 1993.

DONDIS, D. A. **La sintaxis de la imagen: Introducción al alfabeto visual.** 14 ed. Barcelona: GG Diseño, 2000. 211p.

DOVE, S.B.; MCDAVID, W.D. A comparison of conventional intra-oral radiography and computer imaging techniques for the detection of proximal surface dental caries. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Hounds Millis, v. 21, n.3, p. 127-134, Aug. 1992.

EICKHOLZ, P. et al. Digital Radiography of Interproximal Caries: Effect of Different Filters. **Caries. Res.**, Basel, v. 33, n.3, p. 234-241, May/June. 1999.

ELDERTON, R. J. Quando restaurar e quando deter a doença cárie. In: BARATIERI, L. N. et al. **Odontologia Restauradora: Fundamentos e Possibilidades.** São Paulo: Santos, 2002. cap.3. p.69-82.

ELLINGSEN, M. A. et al. Radiovisiography Versus Conventional Radiography for Detection of Small Instruments in Endodontic Length Determination. I. In Vitro Evaluation. **J. Endod.**, Baltimore, v. 21, n.6, p. 326-331, June. 1995.

ELLINGSEN, M. A. et al. Radiovisiography Versus Conventional Radiography for Detection of Small Instruments in Endodontic Length Determination. II. In Vivo Evaluation. **J. Endod.**, Baltimore, v. 21, n.10, p. 516-520, Oct. 1995.

FARAH, M. J. **The cognitive neuroscience of vision.** Massachusetts: Blackwell, 2000. 380p.

FIRESTONE, A. R. et al. The effect of experience and training on the diagnosis of approximal coronal caries from bitewing radiographs. **Schweiz Monatsschr Zahnmed.** v.104, p.719-723. 1994.

FRASER, R. G.; BREATNACH, E.; BARNES, G.T. Digital Radiography of the Chest: Clinical Experience with a Prototype Unit. **Diagnostic Radiology**, Chicago, v.148, n.1, p.1-5, July. 1983.

FUGE, K. N.; STUCK, A. M. C.; LOVE, R. M. A comparison of digitally scanned radiographs with conventional film for the detection of small endodontic instruments. **Int. Endod. J.**, v.31, n.1, p. 123-126, Jan. 1998.

GOTFREDSEN, E.; WENZEL, A.; GRÖNDAHL, H.G. Observers' use of image enhancement in assessing caries in radiographs taken by four intra-oral digital systems. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Hounds Millis, v.25, n. 1, p. 34-38, Mar. 1996.

GRÖNDAHL, H. G. The influence of observer performance in radiographic caries diagnosis. **Swed. Dent. J.**, v.3, n.4, p. 101-107, 1979.

GRÖNDAHL, H. G. Digital radiology in dental diagnosis: a critical view. **Dentomaxillofac. Radiol.**, v.21, n.4, p. 198-202, 1992.

HINTZE, H. et al. Digital subtraction radiography for assessment of simulated root resorption cavities. Performance of conventional and reverse contrast modes. **Endod. Dent. Traumatol.**, v.8, p.149-154. 1992.

HOCHBERG, J. E. **Percepção**. Rio de Janeiro: Zahar, 1973.

HORNER, K. et al. Radiovisiography: An initial evaluation. **Br. Dent. J.**, v.168, p.244-248, Apr. 1990.

HORSTED-BINDSLEV, P.; MJÖR, I. A. Plano de Tratamento. In:\_\_\_\_\_. **Dentística Operatória Moderna**. São Paulo: Santos, 1999. cap.3.

KEHLER, M. et al. Efficacy of Inverted Digital Luminescence Radiography in Evaluating Chest Neoplasms. **Acta Radiol.**, Copenhagen, v.32, n.6, p.442-448, Nov. 1991.

KHEDDACHE, S. et al. Digital chest radiography: should images be presented in negative or positive mode? **European Journal of Radiology.**, v.13, n.2, p.151-155. 1991.

LAZARCHIK, D. A. et al. Radiographic Evaluation of Oclusal Caries: Effect of Training and Experience. **Caries Res.**, Basel, v.29, n.5, p.355-358, Sept./Oct. 1995.

LEDDY, B. J. et al. Interpretation of Endodontic File Lengths Using RadioVisioGraphy. **J. Endod.**, v.20, n.11, p.542-545, Nov. 1994.

LIM, K. F. et al. Intra-oral computed radiography – an *in vitro* evaluation. **J. Dent.** Kidlington, v.24, n. 5, p. 359-64, Sept. 1996.

LORENZI, A. **Análise Comparativa da Imagem Digital Indireta Original com Três Tipos de Imagens Digitais Otimizadas.** 2002. 32f. Monografia (Especialização em Radiologia Odontológica). Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MACMAHON, H. et al. Digital Chest Radiography: Effect on Diagnostic Accuracy of Hard Copy, Conventional Video, and Reversed Gray Scale Video Display Formats. **Thoracic Radiology**, v.168, n.3, p. 669-673. 1988.

MAPANDA, P. Comparison of E-Speed Film, Grey Scale Digital and Inverted Digital Images Using Storage Phosphor Plates for Caries Diagnosis. **Dentomaxillofac. Radiol.**, 2001. Abstract.

MARTHALER, T. M.; GERMANN, M. Radiographic and Visual Appearance of Small Smooth Surface Caries Lesions Studied on Extracted Teeth . **Caries Res.**, v.4, p.224-242, 1970.

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

METZ, C. E. Basic principles of ROC analysis. **Semin. Nucl. Med.**, v.8, p.283-298, 1978.

MISTAK, E. J. et al. Interpretation of periapical Lesions Comparing Conventional, Direct Digital, and Telephonically Transmitted Radiographic Images. **J. Endod.**, Baltimore, v.24, n.4, p.262-266. Apr. 1998.

MOL, A. Image Processing Tools For Dental Applications. **Dent. Clin. North Am.**, Philadelphia, v.44, n.2, p.299-318, Apr. 2000.

MOYSTAD, A. et al. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X- ray film. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Hounds Millis, v.25, n.4, p. 204-206. Dec. 1996.

MOYSTAD, A. et al. Effect of image magnification of digitized bitewing radiographs on approximal caries detection: an in vitro study. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Hounds Millis, v.24, n.4, p.255-259. 1995.

MUELLER, C. G.; RUDOLPH, M. **Luz e Visão**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, 1966. 200p.

OESTMANN, J. W. et al. Subtle Lung Cancers: Impact of Edge Enhancement and Gray Scale Reversal on Detection with Digitized Chest Radiographs. **Radiology**, Chicago, v.167, n.3, p.657-658, Nov./ Dec. 1988.

PALMER, S. E. **Vision Science: Photons to Phenomenology**. London: Bradford, 2000. 810p.

PETRIKOWSKI, C. G. et al. Interobserver Variability in Radiographic Interpretation of Pediatric Dental Diseases: A Pilot Study. **J. Can. Dent. Assoc.**, Toronto, v. 62, n. 9, p.723-730, Sept. 1996.

PITTS, N. B.; RENSON, C. E. Image analysis of bitewing radiographs: a histologically validated comparison with visual assessments of radiolucency depth in enamel . **Br. Dent. J.**, London, v.160, n.6, p.205-209, Mar. 1986.

PITTS, N. B. Film-holding, beam-aiming and collimating devices as an aid to standardization in intra-oral radiography: a review. **J. Dent.**, v.12, n.1, p.36-46,1984.

PITTS, N. B. The use of bitewing radiographs in the management of dental caries: scientific and practical considerations. **Dentomaxillofac. Radiol.**, v.25, n.1, p.5-16, 1996.

ROBINSON, P. J. A. Radiology's Achilles' heel: error and variation in the interpretation of the Röntgen image. **The British Journal of Radiology**, London, v. 70, p. 1085-1098, Nov. 1997.

ROSA, J. E.; TAVARES, D. Princípios de Interpretação Radiográfica. In: FREITAS, A. de; ROSA, J. E.; SOUZA, I. F. **Radiologia Odontológica**. São Paulo: Artes Médicas, 1998. cap. 17.

ROSA, J. E.; TAVARES, D. Ilusões de Ótica e outros Aspectos Perceptuais em Interpretação Radiográfica. In: FREITAS, A. de; ROSA, J. E.; SOUZA, I. F. **Radiologia Odontológica**. São Paulo: Artes Médicas, 1998. cap. 18.

SCARF, W. C.; FANA, C. R.; FARMAN, A. G. Radiographic detection of accessory/lateral canals: use of RadioVisioGraphy and Hypaque. **J. Endod.**, Baltimore, v.21, n.4, p. 185-190, Apr. 1995.

SHELIN, M. E. et al. The Diagnosis of Pulmonary Nodules: Comparison Between Standard and Inverse Digitized Images and Conventional Chest Radiographs. **AJR**, v.152, n.2, p.261-263, Feb. 1989.

SHROUT, M.K. et al. Digital Enhancement of Radiographs: Can it improve caries diagnosis? **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.127, n.4, p.469-73, Apr. 1996.

TOSONI, G. M. et al. Diagnostic Quality of Conventional and Digital Radiographic Images of Dental Caries. **Rev. Odontol. UNESP**, São Paulo, v.30, n.2, p.277-290, July/Dec. 2001.

TOSONI, G. M. **Qualidade Diagnóstica das Imagens Radiográficas Convencional e Digitais da Cárie Dentária**. Bauru, 1998. 175p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo.

TOVO, M. F. et al. Estudo Comparativo do Método Radiográfico Utilizando Filmes de Diferentes Sensibilidades e o Sistema Digital Digora, no Diagnóstico de Lesões de Cárie em Superfície Proximal de Molares Decíduos, **Rev. FOB**, Bauru, v.7, n.1/2, p.23-30, jan./jun. 1999.

TOVO, M. F. et al. Comparação entre filmes radiográficos e o sistema digital Digora, no diagnóstico de lesões de cárie em superfície proximal de molares decíduos, **Pesqui. Odontol. Bras.**, São Paulo, v.14 n.4, p.399-405, Oct./Dec. 2000.

ULLMAN, S. **High-Level Vision: Object Recognition and Visual Cognition**. London: Bradford, 2000. 412p.

VALE, I. S. do; BRAMANTE, A. S.; BRAMANTE, C. M. Fator de Distorção da Placa Ótica do Sistema de Imagem Digital Digora. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**, São Paulo, v.52, n.4, p.280-283, jul./ago. 1998.

VALE, I. S. do et al. Determinação do comprimento de dentes em função da posição da placa óptica do sistema de imagem digital Digora em relação ao eixo dentário. **Rev. Odontol. UNESP**, São Paulo, v.12, n.2, p.167-171, abr./jun. 1998.

VALE, I. S. do; BRAMANTE, A. S.; BRAMANTE, C. M. Avaliação da influência do posicionamento da placa óptica do Digora em relação ao eixo dentário, na determinação da curvatura radicular. **Rev. FOB**, Bauru, v.6, n.1, p.79-83, jan./mar. 1998.

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

VERSTEEG, C. H. et al. 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.**, St Louis, v.84, n.2, p. 210-213, Aug. 1997.

VILAIN, I. **A influência de ferramentas de visualização no desempenho da tarefa interpretativa e sua aplicação no diagnóstico de lesões dentais coronais interproximais.** Florianópolis, 2000. 127p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

WENZEL, A. Digital Imaging for Dental Caries. **Dent. Clin. North Am.**, Philadelphia, v.44, n.2, p.319-338, Apr. 2000.

WENZEL, A. et al. Depth of Occlusal Caries Assessed Clinically, by Conventional Film Radiographs, and by Digitized, Processed Radiographs. **Caries Res.**, Basel, v.24, p.327-33, Sept./Oct.1990.

WENZEL, A. et al. Developments in radiographic caries diagnosis. **J. Dent.**, Kidlington, v.21, n.3, p.131-140, Jun. 1993.

WENZEL, A. Digital radiography and caries diagnosis. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Hounds Millis, v.27, n.1, p.3-11, Jan. 1998.

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.**, Hounds Millis, v.22, n. 3, p.131-134, Aug. 1993.

YOKOTA, E. T. et al. Interpretation of Periapical Lesions Using RadioVisioGraphy. **J. Endod.**, Baltimore, v.20, n.10, p.490-494, Oct. 1994.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

Numeração aleatória das imagens nas diferentes modalidades a fim de que os observadores não memorizassem o número da imagem e seu respectivo escore.

	<b>Mod 1</b>	<b>Mod 2</b>	<b>Mod 3</b>
1,2,3	<b>247</b>	<b>608</b>	<b>138</b>
4,5,6	<b>550</b>	<b>873</b>	<b>506</b>
7,8,9	<b>272</b>	<b>088</b>	<b>818</b>
10,11,12	<b>803</b>	<b>996</b>	<b>845</b>
13,14,15	<b>951</b>	<b>896</b>	<b>219</b>
16,17,18	<b>424</b>	<b>450</b>	<b>410</b>
19,20,21	<b>876</b>	<b>809</b>	<b>067</b>
22,23,24	<b>388</b>	<b>981</b>	<b>481</b>
25,26,27	<b>613</b>	<b>334</b>	<b>057</b>
28,29,30	<b>199</b>	<b>039</b>	<b>212</b>
31,32,33	<b>510</b>	<b>975</b>	<b>864</b>
34,35,36	<b>531</b>	<b>798</b>	<b>857</b>
37,38,39	<b>700</b>	<b>962</b>	<b>165</b>
40,41	<b>770</b>	<b>146</b>	<b>542</b>

Mod 1 = Digital Convencional

Mod 2 = Digital Invertida

Mod 3 = Digital Convencional + Invertida

vermelho = maxila
-------------------

Preto = mandíbula
-------------------

## ANEXO B

### COMPARAÇÃO ENTRE IMAGEM DIGITAL CONVENCIONAL E INVERTIDA NA DETECÇÃO E ESTIMATIVA DA PROFUNDIDADE DE CÁRIES PROXIMAIS

Instruções para os observadores:

Instruções Gerais:

- As sessões de interpretação serão realizadas na sala de fotografia da Radiologia (em frente à sala de aula principal).
- Estas sessões deverão ser realizadas em um ambiente com pouca luminosidade.
- Se você se cansar, por favor faça uma pausa.
- Sinta-se à vontade para fazer qualquer pergunta sobre as imagens, seu processamento ou sobre os escores a serem utilizados para analisá-las antes de iniciar a sessão de observação.

Instruções Específicas:

- Você irá avaliar 14 imagens radiográficas. Todas, com exceção de uma, contém a imagem de cinco dentes. A exceção irá conter a imagem de quatro dentes apenas. **Em todas as imagens, os dentes da extremidade não deverão ser interpretados.** Eles estão presentes apenas para proporcionar contatos interproximais. **Portanto, você deverá interpretar os três dentes mais centrais da imagem (ou dois dentes em um dos casos).**
- Você deve interpretar as superfícies proximais dos dentes iniciando pela superfície proximal esquerda do dente central da esquerda na imagem do computador. Após dar o(s) escore(s) para esta superfície, passe para a superfície direita do mesmo dente, fazendo o mesmo com os dois outros dentes à direita do primeiro dente. **Certifique-se que você colocou o(s) escore(s) de cada superfície proximal no local apropriado da tabela de escores.**
- Quando sua sessão de observação for relativa à **Modalidade 3**, você deverá analisar as duas imagens radiográficas fornecidas do mesmo caso antes de decidir pelo seu escore.
- Neste estudo, **Cárie** é definida como qualquer desmineralização da estrutura dental, sem que haja preocupação em relação ao tratamento da superfície. Cáries radiculares devem ser desconsideradas neste estudo.

- Você irá utilizar dois tipos de escores durante as sessões de observação. Com o primeiro você avaliará a superfície proximal quanto à presença ou ausência de lesão cariosa. Já com o segundo você irá determinar a profundidade da lesão cariosa quando presente.
- Sua avaliação a respeito da presença ou ausência de cáries proximais deve ser feita utilizando-se a seguinte escala:

Certeza da ausência de cárie	Provável ausência de cárie	Dúvida quanto à presença ou ausência de cárie	Provável presença de cárie	Certeza da presença de cárie
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

- É extremamente importante que você use todas as pontuações da tabela. **Usando apenas os escores 1 e 5, você estará invalidando sua análise, e desta forma, as avaliações terão que ser repetidas.**
- Caso o escore utilizado na determinação da presença/ausência de lesão cariosa tenha sido 1, 2 ou 3, a avaliação da referida superfície estará concluída, não sendo necessário a utilização da segunda escala de escores.
- Caso o escore utilizado tenha sido 4 ou 5, você deverá então realizar uma segunda avaliação, desta vez para a determinação da profundidade da lesão cariosa, utilizando-se a seguinte escala:

Cárie até a ½ externa do esmalte	Cárie até a ½ interna do esmalte incluindo o limite A-D	Cárie até o ⅓ externo da dentina	Cárie até o ⅓ médio da dentina	Cárie até o ⅓ interno da dentina
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

## ANEXO C

Ordem em que as três modalidades foram apresentadas para cada observador nas diferentes sessões de observação (ordem balanceada).

<b>Observador</b>	<b>1ª sessão</b>	<b>2ª sessão</b>	<b>3ª sessão</b>
1	Modalidade 1	Modalidade 2	Modalidade 3
2	Modalidade 1	Modalidade 3	Modalidade 2
3	Modalidade 2	Modalidade 1	Modalidade 3
4	Modalidade 3	Modalidade 2	Modalidade 1
5	Modalidade 2	Modalidade 3	Modalidade 1
6	Modalidade 2	Modalidade 3	Modalidade 1
7	Modalidade 3	Modalidade 1	Modalidade 2
8	Modalidade 2	Modalidade 1	Modalidade 3
9	Modalidade 1	Modalidade 3	Modalidade 2
10	Modalidade 3	Modalidade 2	Modalidade 1
11	Modalidade 3	Modalidade 1	Modalidade 2
12	Modalidade 1	Modalidade 2	Modalidade 3
13	Modalidade 2	Modalidade 3	Modalidade 1
14	Modalidade 3	Modalidade 1	Modalidade 2
15	Modalidade 1	Modalidade 2	Modalidade 3
16	Modalidade 1	Modalidade 2	Modalidade 3
17	Modalidade 2	Modalidade 3	Modalidade 1
18	Modalidade 3	Modalidade 1	Modalidade 2
19	Modalidade 3	Modalidade 1	Modalidade 2
20	Modalidade 1	Modalidade 2	Modalidade 3

ANEXO D  
Folha de Marcação dos Escores - Modalidade 1  
 Observador:

Imagem	1° dente				2° dente				3° dente			
	esquerda		direita		esquerda		direita		esquerda		direita	
	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR
199												
247												
272												
388												
424												
510												
531												
550												
613												
700												
770												
803												
876												
951												

\* P/A = Presença ou ausência de lesão cariosa

\* PR = Profundidade da lesão cariosa quando presente

ANEXO E  
Folha de Marcação dos Escores - Modalidade 2  
 Observador:

imagem	1° dente				2° dente				3° dente			
	esquerda		direita		esquerda		direita		esquerda		direita	
	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR
039												
088												
146												
334												
450												
608												
798												
809												
873												
896												
962												
975												
981												
996												

\*P/A = Presença ou ausência de lesão cariosa

\*PR = Profundidade da lesão cariosa quando presente

ANEXO F  
Folha de Marcação dos Escores -Modalidade 3  
 Observador:

imagem	1° dente				2° dente				3° dente			
	esquerda		direita		Esquerda		direita		esquerda		direita	
	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR	P/A	PR
057												
067												
138												
165												
212												
219												
410												
481												
506												
542												
818												
845												
857												
864												

\*P/A = Presença ou ausência de lesão cariosa

\*PR = Profundidade da lesão cariosa quando presente