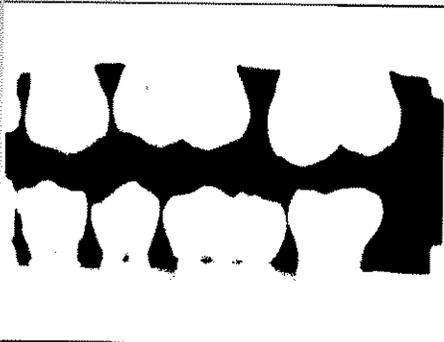
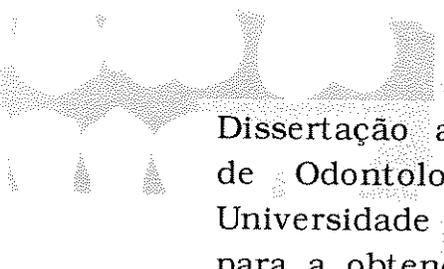


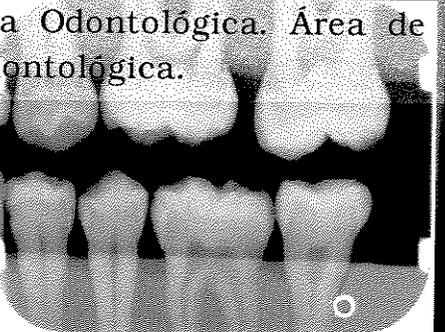
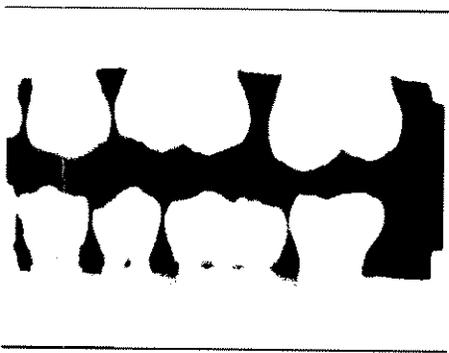
ANDRÉA DOS ANJOS PONTUAL



*COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DIGITAIS E FILME
RADIOGRÁFICO CONVENCIONAL NO
DIAGNÓSTICO DE CÁRIES PROXIMAIS EM
ESMALTE*



Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do Título de Mestre em Radiologia Odontológica. Área de Radiologia Odontológica.



PIRACICABA

2005



ANDRÉA DOS ANJOS PONTUAL



***COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DIGITAIS E FILME
RADIOGRÁFICO CONVENCIONAL NO
DIAGNÓSTICO DE CÁRIES PROXIMAIS EM
ESMALTE***

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do Título de Mestre em Radiologia Odontológica. Área de Radiologia Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

Profa. Dra. Márcia Maria da Fonseca Silvera

Profa. Dra. Solange Maria de Almeida

PIRACICABA

2005

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**
Bibliotecário: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

P779c

Pontual, Andréa dos Anjos.
Comparação de sistemas digitais e filme radiográfico
convencional no diagnóstico de cáries proximais em esmalte. /
Andréa dos Anjos Pontual. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2005.

Orientador: Francisco Haiter Neto.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Radiografia interproximal. 3. Intensificação de imagem
radiográfica. 4. Diagnóstico. 5. Cáries dentárias. I. Haiter Neto,
Francisco. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(mg/fop)

Título em inglês: Comparison of digital radiography systems and conventional radiographic film for enamel approximal carious lesions diagnosis

Palavras-chave em inglês (*Keywords*): Radiography, bitewing; X-ray film; Diagnosis; Dental caries

Área de concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Mestre em Radiologia Odontológica

Banca examinadora: Márcia Maria da Fonseca Silvera; Solange Maria de Almeida; Francisco Haiter Neto

Data da defesa: 24/02/2005

Dedico este trabalho...

A minha família,

A minha mãe, Fernanda Pontual, força e alma da nossa família, exemplo de mãe e de mulher, sempre presente nos momentos importantes da vida de seus filhos, principal responsável por nossa formação.

Ao meu querido pai, Ricardo Pontual, por insistir em ter mais filhos e, assim, me trazer ao mundo. Nunca esquecerei o seu amor, que foi tão intenso nos poucos anos de convivência.

Ao meu irmão Eduardo, a minha cunhada Raquel, à querida sobrinha Luíza e ao já amado sobrinho Ricardo, pelo amor, cumplicidade, amizade e confiança.

A minha irmã Maria Luíza, pessoa iluminada, que me ensinou a amar a Odontologia e a Radiologia. Nossa convivência, principalmente nestes últimos anos, foi fundamental para meu crescimento tanto no aspecto profissional como no pessoal.

A minha irmã e alma gêmea, Marina, sem o seu apoio, amor, atenção e paciência tudo seria mais difícil, quase impossível!

A minha “irmã Paulista”, Karina Devito, que foi simplesmente maravilhosa, acolheu-me como só uma irmã faria. Sem sua ajuda não seria possível realizar este trabalho, obrigada por fazer parte da minha vida!

Agradeço a Deus pelo privilégio de fazer parte desta família!

Muito obrigada por tudo!

Agradecimentos

À Deus,

Pela oportunidade de conviver com pessoas maravilhosas e por todas as bênçãos que me concedeu.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba,

Na pessoa de seu diretor Thales Rocha de Mattos Filho.

Ao Prof. Dr. Francisco Haiter Neto,

Por me orientar na execução deste trabalho e, sobretudo, por me ensinar a ser persistente e confiar no meu potencial. Sempre me lembrarei do meu orientador como um exemplo de dedicação, profissionalismo e competência.

Ao Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo,

Pela atenção, por ser um exemplo de liderança e por ensinar aos alunos que passam pela Radiologia a importância da dedicação durante a vida acadêmica.

À Profa. Dra. Solange Maria de Almeida,

Por estar sempre disposta a me ajudar e apoiar de maneira tão carinhosa. Ser-lhe-ei eternamente grata pelo incentivo e confiança.

Ao Prof. Dr. Pedro Duarte Novaes,

Pela inestimável ajuda, atenção e paciência dispensadas a mim durante a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Gláucia Maria Ambrosano,

Por auxiliar na análise dos resultados deste trabalho, mesmo quando estava muito ocupada e parecia ser impossível.

Aos funcionários da disciplina de Radiologia,

Roberta, Giselda, Waldeck e Fernando, sempre prestativos, eficientes e atenciosos e, também, pela atenção e amizade.

Aos funcionários da disciplina de Histologia,

Cidinha, Gustavo e Li, por tornarem meus dias de trabalho mais prazerosos e pela alegria, carinho e atenção.

À minha eterna Professora: Profa. Dra. Márcia Maria Silveira,

Que admiro e respeito imensamente por ser uma pessoa íntegra e de incomensurável coração. Tive o privilégio de ser sua orientada na graduação e de poder conviver um pouco mais com uma pessoa que sempre será referência para minha vida profissional.

A minha avó Luíza e aos meus tios Maria Joaquina, Eduardo e Marita,

Pelo amor, cumplicidade, amizade, apoio e incentivo e pela presença constante em minha vida, ultrapassando o papel de avó e de tios, sou muito grata!

Aos meus queridos amigos recifenses...

Patrícia Campos, minha eterna amiga, que participou e me apoiou em todos os momentos decisivos, mesmo quando estávamos separadas por milhares de quilômetros.

Bruno Andrade Lima, que me apóia em todos os passos necessários para meu crescimento profissional, mesmo que isso represente mais alguns anos separados. Muito obrigada pelo seu amor e compreensão!

Karla Freitas, Fernanda Cristina, Valêska Dantas, Érika Andrade Lima, Gabriela Queiroz, Cecília Ventura e Suzana Andrade, fiéis amigas desde a graduação, não cruzaram o meu caminho por acaso, sempre me incentivaram, apoiaram e auxiliaram, muito obrigada!

Fabiano, o mais novo “recifense”, meu cunhado predileto, sempre alegre e animado, sua energia é contagiante e inesgotável!

Mauro Guilherme, grande amigo, que me recebeu de braços abertos em Piracicaba, muito obrigada pelo carinho!

Flávia Maria, recifense que conheci em Piracicaba, compartilhou tantos momentos importantes nos últimos dois anos, obrigada pelo carinho e atenção. Espero que nossa amizade seja eterna.

Aos meus amigos,

Juliana Bittar Cortez, por sempre me ajudar com tanto carinho e pela grande amizade que, com certeza, sempre nos unirá.

Karllinha, por ser tão doce, atenciosa, companheira e amiga.

Janaina, por me receber com tanto carinho durante o período de seleção, muito obrigada por tudo!

Andréa, pelas orações e pela amizade, e Flávio, por estar presente quando precisei de um ombro amigo, nossa convivência sempre foi muito agradável.

Bruno e Rodrigo, meus queridos vizinhos, pela amizade sincera!

Melissa, seu carinho, companheirismo, incentivo e apoio foram essenciais para o término desta pesquisa.

Etienne por me apoiar nos momentos difíceis e de saudade de casa.

E aos demais amigos do curso de Pós-graduação em Radiologia: Fábio, André e Adriana, Rívia, Anna Silvia, Lúcio, Nilson, Fabrício, Élcio, Ricardo, Cláudia, João Batista, Luciane, Manzi, Mariliani, e Osmar.

Agradecimento especial

A todos os examinadores, que realizaram a avaliação das radiografias desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUÇÃO	3
2 REVISÃO DA LITERATURA	6
3 PROPOSIÇÃO	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57
ANEXO 1	62
ANEXO 2	63

RESUMO

O objetivo nesse trabalho foi avaliar a eficácia dos sistemas digitais Digora[®], com as placas de fósforo branca e azul, e DenOptix[®], assim como do filme radiográfico Insight[®], na detecção de cáries proximais incipientes em esmalte, comparando os resultados obtidos na avaliação radiográfica com a mensuração histológica de extensão destas lesões. Em seguida, foi verificado se o aumento da extensão da lesão cariosa acarretaria maior detecção radiográfica das mesmas. Foram obtidas imagens interproximais de 20 *phantoms*, constituídos de dentes humanos, que foram avaliadas por 17 cirurgiões-dentistas quanto à presença e extensão de lesões cariosas por meio da atribuição de escores. Posteriormente, os dentes foram seccionados e analisados microscopicamente para obtenção do padrão ouro. As faces que apresentaram cárie em esmalte, 64 (42,1%), foram avaliadas quanto a sua extensão na camada de esmalte. Utilizou-se o teste de Friedman ($p < 0,05$) para verificar se existiu diferença estatisticamente significativa entre a moda das avaliações radiográficas das modalidades de imagem e entre estas e o padrão ouro. Foi aplicado o teste não-paramétrico de comparações múltiplas ($p < 0,05$), para revelar quais métodos em questão apresentaram diferença estatisticamente significativa. Os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas digitais e o filme radiográfico no diagnóstico de cáries proximais em esmalte, entretanto, todas as modalidades de imagem foram diferentes do padrão ouro. Na comparação das avaliações radiográficas com a extensão da lesão de cárie em relação à camada de esmalte, observou-se que aumento da extensão da lesão cariosa não acarretou maior detecção radiográfica.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the efficacy of the digital systems Digora[®], with white and blue phosphor plates, and DenOptix[®], as well as of the radiographic film Insight[®], for detection of incipient proximal caries in enamel, comparing the results achieved in the radiographic evaluation with histological measurement of the extension of these lesions. Thereafter, it was observed whether the increase in the extension of the carious lesion would increase their radiographic detection. Interproximal images were achieved from 20 *phantoms*, composed of human teeth, which were evaluated by 17 dental professionals as to the presence and extension of carious lesions by assigning scores. Then, the teeth were sectioned and microscopically analyzed for achievement of the gold standard. The surfaces presenting enamel caries, 64 (42.1%), were evaluated as to their extension in the enamel layer. The Friedman test was used ($p < 0.05$) to check if there was a statistically significant difference between the mode of the radiographic evaluations of each type of image and between them and the gold standard. The non-parametric test for multiple comparisons was applied ($p < 0.05$) to reveal which methods analyzed presented a statistically significant difference. The results did not demonstrated statistically significant differences between the digital systems and the radiographic film for diagnosis of proximal caries in enamel; however, all types of image were different from the gold standard. Comparison between the radiographic evaluations and the extension of the carious lesion in relation to the enamel layer revealed that the increase in extension of the carious lesion did not increase the radiographic detection.

1 INTRODUÇÃO

A cárie dentária é uma doença crônica que apresenta etiologia multifatorial. Esta doença constitui um dos principais problemas na área da saúde bucal, demandando atenção e dedicação do profissional. Os avanços científicos, especialmente na área da Odontologia Preventiva, alteraram quantitativa e qualitativamente a forma de manifestação desta doença, que atualmente apresenta lenta progressão.

A filosofia de tratamento desta patologia evoluiu com a substituição do diagnóstico tardio e restauração imediata pelo diagnóstico precoce e tratamento não invasivo. A decisão de intervenção no processo de evolução da cárie está relacionada com o seu correto diagnóstico. Atualmente, a maior dificuldade no diagnóstico da cárie é referente às lesões em estágios iniciais de desenvolvimento, quando não ocorreu a formação de cavitações (Wenzel, 1995; Pine & Bosch, 1996; Kaillara *et al.*, 1997; Verdonschot *et al.*, 1993). Busca-se, portanto, o aperfeiçoamento dos métodos de diagnóstico de cáries existentes e o desenvolvimento de novos métodos para que as exigências dessa nova filosofia de tratamento sejam satisfeitas.

O exame radiográfico é utilizado em larga escala na Odontologia como importante meio auxiliar no diagnóstico, visto que o exame clínico mesmo em condições ideais apresenta limitações em determinar a presença e o estado superficial de lesões cariosas proximais, principalmente quando existem pontos de contato estabelecidos que dificultam a inspeção (Benn, 1994).

O desenvolvimento e o aperfeiçoamento no emprego dos raios X aliados à aplicação da informática resultou no surgimento da Radiologia Digital.

Diversos sistemas radiográficos digitais são utilizados na prática odontológica em substituição ao filme radiográfico convencional. Estes sistemas apresentam como vantagens, em relação ao filme, diminuição no número de repetições, visto que o contraste e a densidade da imagem digital podem ser modificados por meio da manipulação da imagem, eliminação de erros de processamento, pois que não é necessário o processamento químico-úmido e possibilidade de redução em até 80% da dose de radiação necessária em relação aos filmes convencionais (Tyndall *et al.*, 1998; Wenzel, 2000; Hintze *et al.*, 2002; Pai & Zimmerman, 2002; Moore, 2002).

Existem sistemas digitais diretos e semi-diretos. Os sistemas digitais diretos utilizam sensores CCD (*Charge Coupled Device*) e CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor Active Pixel*) conectados ao computador. A característica destes sistemas é o aparecimento da imagem no monitor logo após à exposição dos sensores aos raios X. Já nos sistemas digitais semi-diretos, a imagem digital é obtida por meio de placas de armazenamento de fósforo que, ao serem expostas aos raios X, armazenam uma imagem latente, sendo necessário o escaneamento da placa para a visualização da imagem no computador.

O sistema de placa de armazenamento de fósforo possui a vantagem de oferecer a escala dinâmica mais ampla, possibilitando a obtenção de imagens com qualidade mesmo quando as placas são sub e superexpostas, evitando, assim, repetições desnecessárias e maior exposição do paciente aos raios X. Neste sistema, após a exposição da placa à radiação X, a visualização da imagem é obtida mediante o escaneamento da placa por meio de um scanner a laser, em um tempo que varia de 25 segundos a 1 minuto e 30 segundos (Wenzel, 2000; Hintze & Wenzel 2002; Hintze *et al.*, 2002; Pai & Zimmerman, 2002; Moore, 2002).

O sistema Digora[®], que utiliza a tecnologia de placa de fósforo, foi lançado em 1994 pela Soredex, Helsink, Finlândia. Este sistema de placa de

armazenamento de fósforo apresentava placa de fósforo branca posteriormente substituída pela azul, que de acordo com o fabricante possibilita a obtenção de imagens com maior contraste. Na literatura apenas um trabalho, o de Hintze *et al.* (2002), comparou estes dois tipos de placa no diagnóstico de cáries proximais. Outro sistema disponível no mercado que utiliza esta tecnologia é o sistema DenOptix[®] lançado em 1997 pela Gendex Dental Systems, Milan Italy.

Estudos *in vitro*, tais como os de Svanaes *et al.* (1996), Møystad *et al.* (1996), Tyndall *et al.* (1998), Syriopoulos *et al.* (2001), Hintze *et al.* (2002), verificaram a eficácia de diversos sistemas digitais intrabuciais no diagnóstico de cáries proximais. Estes estudos constataram que a eficácia da imagem digital é equivalente a do filme radiográfico convencional na detecção de cáries proximais. Diversos autores determinaram que a radiografia convencional e os sistemas digitais apresentam baixa sensibilidade na detecção da cárie (Hintze *et al.*, 1994; Hintze & Wenzel, 1996; White & Yoon, 1997).

Destarte, tem-se por objetivo avaliar a eficácia do sistema digital Digora[®], com as placas de fósforo branca e azul, do sistema DenOptix[®] e do filme radiográfico Insight[®] na detecção de cáries proximais incipientes e, em seguida, comparar os resultados obtidos nas avaliações radiográficas das faces cariadas com a mensuração histológica de extensão destas lesões.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Dove & McDavid (1992) desenvolveram uma pesquisa *in vitro* com o objetivo de determinar se o processamento da imagem digitalizada aumentaria a acurácia da detecção de lesões de cárie proximais. Radiografias interproximais, obtidas de *phantoms* que continham o total de 40 pré-molares e 40 molares, foram digitalizadas e procedeu-se à duas operações: equalização do histograma e inversão da escala de tons de cinza. Oito examinadores interpretaram as radiografias convencionais e três modalidades de imagem digitalizada: Imagens sem manipulação; imagens submetidas à equalização e inversão. A presença ou ausência de cárie foi confirmada por meio do exame histológico dos dentes. Os dados obtidos a partir das interpretações foram analisados em duas etapas. Na primeira, levou-se em consideração a profundidade das lesões e na segunda, apenas a presença ou ausência de lesão. De acordo com os resultados da primeira análise, as radiografias convencionais apresentaram desempenho significativamente melhor que as modalidades de imagem digitalizada manipulada. Entretanto, a segunda análise indicou que não foi possível demonstrar diferenças significativas entre as modalidades. Os autores observaram que as técnicas de manipulação não aumentaram a precisão do diagnóstico de cáries proximais.

Hintze *et al.*, em 1994, compararam o desempenho de sistemas radiográficos digitais e radiografias convencionais na acurácia do diagnóstico de cáries proximais em esmalte e cáries oclusais em dentina. A amostra foi composta por radiografias de 66 dentes humanos posteriores que apresentavam lesões naturais, caracterizadas por descoloração, sem cavitação, montados em blocos de cinco dentes. As imagens foram obtidas com dois sistemas do tipo CCD,

RadioVisioGraphy[®] e Visualix[®] e com filmes radiográficos de sensibilidade D e E. Três examinadores interpretaram as imagens dos quatro sistemas utilizando cinco escores para detectar a presença ou ausência de cáries. A validação dos exames radiográficos foi efetuada por meio da avaliação histológica. Foi possível observar que não houve diferença estatisticamente significativa entre os quatro sistemas na precisão da detecção de cáries proximais em esmalte. Utilizando o critério de cárie presente e provavelmente presente na detecção de cáries proximais, apenas 18% das lesões de cárie em esmalte foram detectadas radiograficamente. Os autores concluíram que o exame radiográfico quase não mostrou valor no diagnóstico de cáries em esmalte.

Matsuda *et al.* (1995) compararam a acurácia do diagnóstico de lesões proximais de imagens digitais obtidas com o sistema Digora[®] e radiografias convencionais. Estes autores avaliaram, ainda, o efeito de doses reduzidas de exposição na precisão deste sistema. Para tanto, foram selecionados 31 dentes pré-molares humanos. A inspeção das 62 faces proximais, por transiluminação com fibra óptica (FOTI), revelou que 33 faces apresentavam descoloração ou lesões incipientes e 29 apresentavam-se hígidas. As imagens digitais foram obtidas com os mesmos fatores do filme e com doses reduzidas a 1/2, 1/4 e 1/8. Três examinadores interpretaram as radiografias convencionais e os quatro grupos de imagens digitais. A análise das áreas sob as curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*) demonstrou que não houve diferença estatisticamente significativa entre as modalidades de imagem. Os pesquisadores sugeriram que a precisão do Digora[®] foi comparável àquela apresentada pelo filme radiográfico convencional, com significativa redução da exposição do paciente aos raios X.

Wenzel *et al.* (1995) compararam o desempenho de sistemas radiográficos digitais no diagnóstico de lesões oclusais e proximais e avaliaram o efeito da compressão das imagens na acurácia para o diagnóstico. A amostra era composta por radiografias obtidas com três sistemas do tipo CCD, RadioVisioGraphy[®], Sens-A-Ray[®] e Visualix[®] e um sistema de placa de armazenamento de fósforo, o sistema DIGORA[®]. Foram radiografados 116 dentes humanos posteriores, com lesões naturais, desde descoloração até cavitação, montados em blocos de três unidades testes. Dezesesseis imagens da amostra foram selecionadas aleatoriamente, compactadas por JPEG (*Joint Photographic Experts Group*), misturadas às demais para serem interpretadas. As 528 imagens de todas as modalidades foram interpretadas por seis radiologistas utilizando uma escala de cinco escores. A validação dos resultados foi efetuada por meio da avaliação histológica. As áreas sob a curva ROC encontradas para as faces proximais foram de 0.611 (Digora[®]), 0.572 (Radiovisiography[®]) 0.594 (Sens-A-Ray[®]), e 0.596 (Visualix[®]). Não houve diferença estatística significativa entre os quatro sistemas, todos forneceram imagens úteis para diagnóstico. As imagens submetidas a uma compressão equivalente a 8% de seu tamanho original não apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação as radiografias originais no diagnóstico de lesões de cárie.

Hintze & Wenzel (1996) avaliaram a acurácia do diagnóstico de cáries proximais e oclusais de radiografias obtidas a partir do mesmo dente, *in vivo* e *in vitro*. Para tanto, foram obtidas radiografias de 130 dentes antes e após a exodontia com os filmes radiográficos Ektaspeed Plus[®] (*In vitro*) ou Ultraspeed[®] ou M2 Comfort. Os dentes humanos posteriores foram organizados em grupos de cinco para a obtenção da radiografia após a exodontia. Quatro observadores, previamente calibrados, interpretaram os dois grupos de radiografias, atribuindo-

lhes escores conforme a presença de cáries. Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre as radiografias *in vivo* e *in vitro* no diagnóstico de cáries proximais e oclusais. No diagnóstico de cáries proximais apenas 23% das cáries proximais foram corretamente identificadas. Entretanto, como poucas faces híginas foram diagnosticadas como cariadas, em populações exibindo baixa prevalência de cárie e lenta progressão das lesões, este resultado pode ser preferível por minimizar o risco de tratamento de faces híginas. Constatou-se que, no diagnóstico de cáries, a precisão encontrada em estudos *in vitro* é comparável à encontrada em situações *in vivo*.

Møystad *et al.* (1996) compararam a precisão de radiografias convencionais e imagens digitais do sistema Digora[®] não manipuladas, com imagens digitais submetidas a um processamento especial pelo *software* Image-Pro Plus[®] 1.2 na detecção de cáries proximais. A manipulação das imagens incluiu filtração para a melhoria da nitidez, ampliação da escala de contraste, correção gama e ajuste de distorção. Foram utilizados 50 dentes posteriores, 25 pré-molares e 25 molares, incluídos em um acessório que possibilitava o contato das faces proximais. A exposição do filme e do sensor foi simultânea, o filme sem a lâmina de chumbo era mantido à frente do sensor, resultando na padronização das radiografias e das imagens. Dez cirurgiões-dentistas interpretaram três modalidades de imagem: radiografias digitais originais e manipuladas com aumento de 4x e radiografias convencionais. Os avaliadores utilizaram cinco escores para avaliar 95 faces proximais quanto à presença de cáries de esmalte e de dentina nas três modalidades de imagem. Os resultados da avaliação foram comparados com o padrão-ouro obtido por meio da avaliação histológica. Não houve diferenças significantes entre as imagens digitais originais e as radiografias convencionais. As imagens manipuladas demonstraram precisão para o

diagnóstico de lesões proximais, tanto em esmalte como em dentina, significativamente maior do que as demais modalidades de imagem. Os autores sugeriram que as placas de armazenamento de fósforo têm potencial para tornarem-se uma alternativa ao filme convencional no diagnóstico de cáries proximais.

Nielsen *et al.* (1996) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a acurácia de radiografias convencionais e das imagens digitais obtidas com o sistema Digora[®] na detecção de cáries proximais em molares decíduos e relacionar a extensão radiográfica das lesões à presença ou à ausência de cavitação nas faces dos dentes. Os autores selecionaram 46 dentes apresentando faces hígidas e cariadas. Os dentes foram organizados em blocos de gesso, em grupos de cinco e seis elementos e radiografados utilizando os filmes radiográficos Ektaspeed Plus[®] e as placas de fósforo do sistema Digora[®]. As radiografias foram avaliadas por três examinadores, que atribuíram escores de acordo com a presença ou ausência de cavidade. Em seguida, os mesmos determinaram a profundidade radiográfica das lesões. Para a validação da presença ou ausência de cavidade, os três examinadores inspecionaram as faces dos dentes polidos, sob luz direta, com o auxílio de uma sonda exploradora. Não houve diferenças estatisticamente significantes quanto ao desempenho no diagnóstico de cárie entre as radiografias convencionais e as imagens digitais. A maioria das lesões classificadas radiograficamente como sendo em dentina, apresentavam-se cavitadas.

Svanaes *et al.* (1996) compararam o sistema digital Digora[®] com o filme radiográfico convencional Ektaspeed[®] na detecção de cáries proximais,

considerando o fator magnificação da imagem e a influência de elementos de fundo na tela do monitor do computador. As placas e os filmes foram expostos simultaneamente para obtenção das radiografias e das imagens digitais de 50 dentes humanos extraídos, que foram empregados no estudo. Dez avaliadores interpretaram 95 faces proximais em cada uma das quatro modalidades de imagem: radiografias convencionais, utilizando negatoscópio com máscara, porém, sem lupa; imagem digital ao monitor, do mesmo tamanho que o filme; imagem digital, com aumento de 4x, podendo apresentar fundo preto ou apresentando texto e gráficos ao redor. Os resultados foram validados pelo exame histológico das faces dos dentes. Na análise dos resultados, foi utilizada a curva ROC. Nas lesões em esmalte, a variação interexaminador das áreas sob as curvas ROC foi mais baixa para as radiografias convencionais e mais alta para as imagens digitais com texto e gráficos. Já a variação interexaminador para as imagens digitais com fundo preto foi próxima à obtida pela radiografia convencional. Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os filmes radiográficos convencionais e o sistema digital no diagnóstico de cáries proximais. A magnificação das imagens aumentou a precisão do diagnóstico de cáries proximais.

Versteeg *et al.* (1997) compararam, em um estudo *in vivo*, a profundidade de cáries proximais nas imagens obtidas com placas de fósforo do sistema digital Digora[®] e as obtidas por meio de filmes radiográficos convencionais Ektaspeed[®]. A primeira etapa deste trabalho foi realizada *in vitro*, com a finalidade de avaliar o efeito da radiação secundária produzida ao serem utilizados filmes, sem a lâmina de chumbo, associado à placa de fósforo. Os autores observaram no estudo *in vitro* que o contraste não foi reduzido, assim, a qualidade das imagens não foi diminuída. Esta observação possibilitou que as placas de

armazenamento de fósforo e os filmes fossem expostos simultaneamente. Sendo assim, foram obtidas 240 radiografias interproximais convencionais e 240 imagens digitais de 120 pacientes. Três radiologistas e um cariologista avaliaram essas imagens e classificaram a profundidade das cáries proximais de acordo com quatro escores. Apenas as 60 faces proximais que receberam o mesmo escore foram incluídas no estudo. As imagens selecionadas foram agrupadas aleatoriamente em dois grupos e avaliadas em duas sessões por seis cirurgiões-dentistas, com o intervalo de uma semana entre as avaliações. Os autores observaram uma diferença estatisticamente significativa entre as modalidades de imagens, quando a extensão da cárie proximal foi subestimada nas imagens digitais e superestimada nas radiografias convencionais.

Em 1997, Price & Ergül realizaram estudo com duas finalidades: comparar o filme radiográfico convencional Ektaspeed Plus[®] com o sistema digital Sens-A-Ray[®] na detecção de lesões de cáries proximais, naturais e artificiais, e observar a influência da experiência profissional neste diagnóstico. Foram radiografados 20 dentes pré-molares extraídos, sendo que 10 faces proximais eram híginas, 15 apresentavam lesões de cárie e 15 foram submetidas a preparos com brocas esféricas de tamanhos ½, 2 e 6. Os dentes foram incluídos em blocos individuais de resina acrílica, que foram agrupados antes da aquisição das imagens. As imagens foram avaliadas por sete cirurgiões-dentistas e sete estudantes da graduação, que classificaram a presença de cárie nas faces proximais por meio de cinco escores. Os dentes foram seccionados e foi realizada a avaliação histológica das faces proximais. As áreas abaixo das curvas ROC e os valores de sensibilidade foram maiores para as imagens das lesões artificiais. Os autores concluíram que o filme radiográfico foi superior ao sistema digital na detecção de cáries proximais. Na interpretação das faces cariadas, os avaliadores

apresentaram desempenho equivalente. Entretanto na avaliação das faces hígidas, os estudantes foram menos precisos.

Em 1997, Schmage *et al.*, avaliaram o efeito de diferentes parâmetros de exposição na qualidade da imagem obtida por meio do sistema DIGORA[®] e dois sistemas CCD, Sidexis[®] e RadioVisioGraphy[®], e do filme radiográfico Ektaspeed Plus[®]. Analisaram, ainda, a precisão destes sistemas no diagnóstico de lesões de cárie em dentes humanos extraídos. Os autores observaram que a identificação das lesões menores era mais difícil com os sistemas digitais. Com relação ao tempo de exposição, os autores concluíram que o tempo de exposição ideal para a aquisição da imagem depende do objeto a ser radiografado e do sistema utilizado. Para os sistemas digitais foi de aproximadamente 50% do tempo necessário para exposição do filme radiográfico. As lesões de cárie naturais eram mais difíceis para serem diagnosticadas do que as cavidades artificiais. A qualidade das imagens digitais das lesões apresentava-se inferior caso a dentina estivesse apenas desmineralizada, não cavitada. Os autores sugeriram que a imagem digital não apresenta a mesma resolução de detalhes e nitidez quando comparada à radiografia convencional, não sendo capaz de substituir o filme radiográfico convencional principalmente no diagnóstico de cáries incipientes. Os autores sugeriram que embora o sistema DIGORA[®] apresente resolução mais baixa do que os sistemas CCD, o mesmo mostrou resultados promissores.

White & Yoon (1997) compararam o desempenho do sistema CDR[®] e do filme Ektaspeed Plus[®] no diagnóstico de cáries proximais. Foram obtidas imagens radiográficas, tanto com o filme convencional como com o sistema digital, de 790 dentes humanos anteriores e posteriores. Dentre estes, foram

selecionadas 320 faces proximais para serem avaliadas, sendo 80 de cada grupo de dentes (molares, pré-molares, caninos e incisivos). Estas faces proximais apresentavam-se hígidas, com lesões limitadas às metades externa e interna do esmalte e lesões em dentina. As imagens foram avaliadas por dezesseis cirurgiões-dentistas quanto à presença ou ausência de cárie proximal, utilizando uma escala de cinco escores. As imagens radiográficas dos molares e incisivos foram interpretadas por dez destes profissionais, já as dos caninos e pré-molares, por onze examinadores. Após os dentes serem seccionados ao meio no sentido méso-distal, foram avaliados com um aumento de 30x para determinar a presença e a extensão da lesão. Os autores observaram que entre os dois métodos de registro de imagem não houve diferença estatisticamente significativa, apesar dos autores terem observado relutância dos examinadores em atribuir escores que correspondiam à presença de cárie ao interpretarem as imagens digitais.

Tyndall *et al.* (1998) verificaram a acurácia do sistema digital CCD e o efeito da manipulação do contraste e do brilho no diagnóstico de cáries proximais, em comparação aos filmes convencionais Ektaspeed Plus[®]. Imagens digitais e radiografias de 60 dentes extraídos, 24 posteriores e 36 anteriores, foram obtidas sob condições padronizadas. Essas imagens foram divididas em três categorias: imagem digital sem manipulação do contraste e do brilho, imagem digital com manipulação do contraste e do brilho e filmes Ektaspeed Plus[®]. Seis examinadores calibrados avaliaram 120 faces proximais, em cada uma das três modalidades de imagem e classificaram cada face de acordo com cinco escores. O diagnóstico foi confirmado pela avaliação histológica dos dentes seccionados. Os autores chegaram à conclusão de que a imagem digital sem manipulação do brilho e do contraste apresentou a mesma eficácia do filme convencional na

detecção de cáries proximais. As imagens com manipulação, contudo, mostraram-se inferiores às demais.

Considerando a utilização de computadores na prática clínica, Ludlow & Abreu Jr. (1999) realizaram um estudo com o objetivo de comparar o desempenho de radiografias convencionais, interpretadas ao negatoscópio, e imagens digitalizadas, interpretadas na tela do monitor do computador e do laptop, na detecção de lesões proximais. Foram selecionados 64 dentes humanos posteriores, com faces proximais hígidas e apresentando descolorações ou pequenas cavidades. Na obtenção de imagens similares as radiografias interproximais os blocos, com quatro dentes cada, eram mantidos em oclusão. Seis cirurgiões-dentistas interpretaram as imagens, avaliando as descalcificações nas camadas de esmalte e dentina, separadamente. O padrão ouro foi obtido por meio da avaliação histológica das faces, no qual a maior extensão da lesão foi determinada para cada face. Não houve diferença estatisticamente significativa para os modos de exibição no diagnóstico de lesões em esmalte ou dentina. Os laptops fornecem qualidade similar à dos filmes radiográficos e aos monitores dos computadores.

Syriopoulos *et al.* (2000) compararam dois filmes radiográficos, Ektaspeed Plus[®] e Dentus M2 Comfort[®], dois sistemas digitais do tipo CCD, Sidexis[®] e Visualix[®] e dois sistemas digitais de placa de armazenamento de fósforo, Digora[®] e DenOptix[®], na detecção de cáries proximais. Os dentes, 60 pré-molares, foram incluídos em blocos de gesso, que continham 5 unidades em contato proximal. Durante a obtenção das imagens radiográficas interproximais dois blocos, superiores e inferiores, foram articulados. As leituras das placas do

DenOptix[®] foram efetuadas com as resoluções de 300 e 600 dpi (dots per inch). As imagens foram avaliadas por quatro radiologistas e por quatro cirurgiões-dentistas. Os dados obtidos nas avaliações foram comparados com a verdadeira extensão das cáries, determinadas por meio do exame histológico. Os autores observaram que não houve diferença estatisticamente relevante na precisão do diagnóstico de cáries interproximais entre os filmes radiográficos, Ektaspeed Plus[®] e Dentus M2 Comfort[®], e entre os sistemas digitais Sidexis[®] e Digora[®]. A acurácia do diagnóstico destes sistemas digitais foi comparável a dos filmes radiográficos convencionais. O sistema DenOptix[®] com 300 dpi foi significantivamente inferior aos filmes, porém, não diferiu de maneira estatisticamente significativa da leitura com 600 dpi. Os resultados mostraram que a extensão das lesões não afetou o desempenho dos sistemas, porém influenciou significativamente o desempenho dos examinadores, visto que nas sete modalidades de imagem os radiologistas forneceram o diagnóstico radiográfico mais próximo da verdadeira extensão da lesão, quando comparado com a avaliação dos cirurgiões-dentistas. Os autores afirmaram, ainda, ser a habilidade dos dentistas em diagnosticar corretamente as lesões, o principal fator no diagnóstico radiográfico.

Ganzerli (2001) comparou os sistemas digitais Digora[®] e DenOptix[®] com o filme radiográfico Ektaspeed Plus[®] na detecção de cáries proximais e oclusais, comparando os resultados da avaliação radiográfica com os obtidos pela microscopia óptica (padrão ouro). As imagens de 48 dentes extraídos, 24 pré-molares e 24 molares, apresentando lesões de cárie com diferentes profundidades, foram interpretadas por 13 alunos do último ano da graduação e um radiologista. Os avaliadores classificaram as superfícies em híidas, cárie em esmalte, cárie na junção amelo-dentinária e cárie em dentina, conferindo escores de 0 a 3 para as imagens. O autor concluiu que não houve diferença

estatisticamente significativa entre os sistemas digitais e o filme radiográfico no diagnóstico de cáries oclusais e proximais.

Haak *et al.* (2001) realizaram um estudo com o objetivo de determinar a pertinência da decisão do tratamento restaurador com base na interpretação radiográfica por meio de radiografias convencionais e imagens digitais. Ainda foi testado um novo procedimento para a melhoria do contraste. Para realização desta pesquisa, 60 dentes humanos foram agrupados e, posteriormente, radiografados. No momento da obtenção de radiografias interproximais com o filme radiográfico Ultra-speed[®], o sistema CCD Dexis[®] e sistema de placa de armazenamento de fósforo da marca DIGORA[®], os blocos foram articulados. Dez cirurgiões-dentistas interpretaram as imagens e relacionaram o estado das faces proximais a necessidade de tratamento restaurador. As imagens adquiridas pelo Dexis[®] foram avaliadas duas vezes, visto que uma ferramenta específica de manipulação do contraste deste sistema, para a melhoria do contraste, também foi avaliada. O exame visual das faces dos dentes foi correlacionado às características radiográficas e foi determinado que o limite para o tratamento restaurador seria a presença de cavitação. Não foi detectada diferença estatisticamente diferente entre as modalidades de imagem radiográfica estudadas. Os autores sugeriram que as vantagens dos sistemas digitais, como a possibilidade da manipulação do contraste que minimiza o consumo do tempo e reduz erros de manipulação potencial no processamento da imagem, possibilitam o aumento da precisão do diagnóstico.

Tosoni *et al.* (2001) avaliaram a concordância intra e interexaminador e a validade do diagnóstico de cáries proximais e oclusais em esmalte e em dentina,

utilizando radiografia convencional e digital. Nessa pesquisa, 16 dentes humanos pré-molares e molares foram distribuídos simulando a região posterior do arco dentário, apresentando as faces proximais em contato. O filme radiográfico Ektaspeed Plus[®] e a placa de fósforo branca do sistema Digora[®] foram utilizados na obtenção das imagens. As radiografias foram interpretadas duas vezes, com um intervalo de 15 dias, por dois radiologistas. Os examinadores avaliaram as imagens digitais exibidas no modo normal e, também, após a utilização de ferramentas para magnificação da imagem, três dimensões e inversão. Os dentes foram submetidos à análise microscópica para a obtenção do padrão ouro. Os examinadores apresentaram resultados equivalentes de concordância intra-examinador para o diagnóstico das faces proximais com a radiografia convencional, sendo classificada como boa. Já a concordância interexaminador nesta modalidade de imagem foi regular. Para a radiografia digital, os valores de concordância intra e interexaminador variaram, respectivamente, de regular a ótimo e de regular a bom. No diagnóstico de cáries proximais a sensibilidade variou de moderada a baixa. Tanto para a radiografia convencional como para as imagens digitais com aumento de 2X e 3X o valor de sensibilidade encontrado foi de 0,50. Para as outras modalidades de imagem digital os valores variaram entre 35% e 58%. O valor de especificidade foi equivalente a 100%, para todas as modalidades de imagem.

Nair & Nair (2001) compararam dois filmes, Insight[®] e Ektaspeed Plus[®], e um sistema digital com o sensor do tipo CMOS, no diagnóstico de lesões proximais *in vitro*. Neste estudo foram utilizados 50 dentes posteriores, molares e pré-molares, que apresentavam faces proximais com descolorações ou cavitações. Os parâmetros de exposição foram determinados por um estudo piloto. As imagens radiográficas dos dentes foram interpretadas por oito

examinadores de diferentes áreas da Odontologia. A avaliação histológica das faces foi utilizada para a obtenção do padrão ouro. A análise das áreas sob as curvas ROC não evidenciou diferenças estatisticamente significativas entre os filmes radiográficos e o sistema digital. As lesões em esmalte foram mais difíceis de serem detectadas radiograficamente. O filme InSight® propiciou os mais altos valores de sensibilidade e especificidade, entretanto, as diferenças nestes valores não foram estatisticamente significantes.

Hintze & Wenzel (2002) avaliaram a influência do método de validação, exame histológico (bem estabelecido como padrão-ouro) e a avaliação de radiografias convencionais (controverso padrão-ouro), no diagnóstico de cáries proximais e oclusais por meio da comparação de oito sistemas de imagem radiográfica. Foram radiografados 177 dentes humanos extraídos, 147 molares e 31 pré-molares, sob condições padronizadas, usando seis sistemas digitais do tipo CCD das marcas MPDx®, Dixi®, Sidexis®, Visualix® e duas gerações do RadioVisioGraphy® e os filmes radiográficos Ektaspeed Plus® e Insight®. As imagens radiográficas foram avaliadas por quatro examinadores, utilizando cinco escores para o diagnóstico de cáries proximais e oclusais. A presença de cárie foi validada pelo exame histológico e radiográfico. No estabelecimento do padrão prata, foi utilizado o consenso de dois radiologistas na avaliação radiográfica dos dentes utilizando o filme radiográfico convencional Ektaspeed Plus®. Para os dois tipos de cáries, os valores foram maiores quando o método de validação radiográfico foi utilizado. As áreas sob as curvas ROC para a detecção de cáries oclusais e proximais foram significativamente maiores com o método de validação radiográfico quando comparado com o histológico. Os autores concluíram que a comparação do desempenho dos sistemas de imagem radiográfica foi fortemente influenciada pelo padrão ouro utilizado.

Hintze *et al.* (2002) compararam a acurácia do diagnóstico de cáries proximais e oclusais de quatro sistemas de armazenamento de fósforo e de um filme radiográfico. Os autores utilizaram os sistemas digitais DenOptix[®], o Cd-Dent[®] e o Digora[®], com as placas branca e a azul, e o filme radiográfico Ektaspeed Plus[®], na obtenção de radiografias de 190 dentes extraídos sob condições padronizadas. As placas de armazenamento de fósforo foram submetidas a dois tempos de exposição, respectivamente 10% e 25% do tempo de exposição necessário para a obtenção da radiografia com o filme convencional. Quatro observadores avaliaram as imagens, usando 5 escores. O exame histológico foi o método de validação empregado. Os resultados demonstraram que para o tempo de exposição maior não houve diferença significativa na precisão do diagnóstico de cáries proximais entre os sistemas digitais Digora[®], DenOptix[®] e o filme Ektaspeed Plus[®]. Estes, por sua vez, foram mais precisos que o sistema Cd-Dent[®]. Entretanto, no tempo de exposição menor, o sistema Digora[®], com placa branca, foi o sistema mais preciso quando comparado com os demais sistemas digitais e não apresentou diferença em relação ao filme radiográfico. O tempo de exposição influenciou na precisão do diagnóstico de cáries nas imagens obtidas com os sistemas digitais DenOptix[®] e Digora[®] (placa azul), sendo que estes sistemas foram mais precisos com 25% do tempo de exposição necessário para o filme radiográfico.

Em 2003, Hintze & Wenzel avaliaram e compararam quatro métodos de validação utilizados no diagnóstico de lesões de cárie. Os resultados obtidos por meio do exame clínico, exame radiográfico convencional e avaliação histológica de cortes seriados de 373 faces proximais e 158 faces oclusais foram comparados. Na comparação e avaliação do exame histológico com cortes seriados e do exame após secção ao meio do dente, foram utilizados outros 60

dentos, resultando no final em 113 faces proximais e 53 faces oclusais. O processo de validação em todos os métodos foi realizado por apenas um examinador. Dois limiares foram utilizados no diagnóstico de cárie para cada um dos métodos, tanto no exame clínico (1. hígido *versus* escores de cárie e 2. sem cavitação *versus* com cavitação), bem como no exame radiográfico e histológico (1. hígido *versus* escores de cárie e 2. sem comprometimento na dentina *versus* com comprometimento). Observou-se, no geral, que existiu grande diferença nos resultados obtidos com os métodos estudados. De acordo com os autores a avaliação histológica preenche, quase completamente, todos os critérios universais que um método de validação deve preencher.

Jacobsen *et al.* (2004) compararam as medidas de profundidade das lesões de cáries proximais em imagens radiográficas de quatro sistemas digitais, dois do tipo CCD e dois do tipo de placa de armazenamento de fósforo, com mensurações histológicas. Foram incluídos em blocos de silicone 177 dentes humanos posteriores, contendo três dentes testes em cada bloco. As imagens radiográficas foram adquiridas pelos sistemas CCD da marca Dixi[®] e Sidexis[®] e pelos sistemas de armazenamento de fósforo, Digora[®] utilizando placas azuis e DenOptix[®]. As mensurações de profundidade das lesões nas radiografias e nas fotografias da secção que apresentava maior extensão da lesão dos dentes foram obtidas por quatro examinadores, dois estudantes de Odontologia e dois radiologistas experientes por meio do *software* Pordios[®] que efetuou os cálculos utilizando como base a espessura do esmalte na face proximal. O padrão ouro foi definido como a média das medidas de profundidade das lesões, nas secções histológicas, determinadas pelos quatro examinadores. O sistema digital DIGORA[®] foi o que menos subestimou a profundidade das lesões de cárie, seguido pelo Dixi[®], DenOptix[®] e Sidexis[®]. As diferenças entre o DIGORA[®] e o

Sidexis® e entre o Dixi® e o Sidexis® foram estatisticamente significantes. A análise de regressão linear indicou que os coeficientes foram fracos para todos os sistemas e observadores, evidenciando a inconsistência das mensurações radiográficas. As profundidades das lesões de cárie nas radiografias adquiridas com o sistema DenOptix® apresentaram menor correlação com as medidas histológicas. Os autores concluíram que as mensurações de lesões de cárie proximais nas radiografias realizadas por observadores experientes foram mais precisas quando obtidas por meio dos sistemas digitais Dixi® e DIGORA®.

3 PROPOSIÇÃO

Tendo em vista a escassez de trabalhos que comparem mensurações da extensão de cárie de esmalte com resultados obtidos com métodos radiográficos, propusemo-nos com este trabalho:

1. Avaliar a eficácia do sistema digital Digora[®], com as placas de fósforo branca e azul, do sistema DenOptix[®] e do filme radiográfico Insight[®] na detecção de cáries proximais em esmalte.

2. Comparar os resultados obtidos nas avaliações radiográficas com as mensurações histológicas de extensão das cáries em esmalte.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas – FOP/UNICAMP (Anexo).

4.1 Objetos Radiografados

Foram radiografados *phantoms* constituídos de dentes humanos (caninos, pré-molares e molares) dispostos de forma a simular a região posterior de uma hemi-arcada dentária em condições clínicas.

Preparo dos *Phantoms*

Na primeira fase do experimento foram selecionados oitenta dentes, quarenta pré-molares e quarenta molares. Os pré-requisitos para tal escolha é que fossem portadores de faces hígdas ou portadoras de pequenas desmineralizações e apresentassem aparente integridade da face oclusal. Vinte dentes caninos foram utilizados para o estabelecimento do contato proximal com o primeiro pré-molar.

Os dentes foram dispostos na seqüência natural, simulando hemi-arcadas dentárias. Vinte *phantoms* foram organizados, dos quais, dez simularam a arcada inferior e outros dez a superior (Figura 1). Cada *phantom* apresentava um dente canino, dois pré-molares e dois dentes molares portadores ou não de lesões cariosas nas faces proximais.

Com o objetivo de manter os dentes na posição correta, foi utilizado silicone industrial, visto que a flexibilidade e a estabilidade deste material permitem, depois de completada sua reação química, a manipulação dos dentes, sua retirada e inserção, sem a perda das relações pré-estabelecidas (Hintze & Wenzel, 2002). A borracha de silicone e o catalisador Dow Corning HS II da Casa do silicone (Brasil) foram utilizados conforme as especificações do fabricante (20ml da borracha para 1ml do catalisador) a fim de alcançar este escopo. Para conformar o silicone, foram utilizadas matrizes de polímero acrílico apresentando 10mm de altura, 30mm de largura, 65mm de comprimento e 4,5mm de espessura. A sobreposição das faces proximais foi evitada pela fixação de uma lâmina de chumbo entre as faces proximais dos dentes até a polimerização total do silicone. Após a polimerização do material, os conjuntos foram retirados das matrizes e o excesso de material foi removido para evitar interferências durante a avaliação das imagens (Figura 2).



Figura 1 – Todos os *phantoms* utilizados na pesquisa.



Figura 2 – Conjunto de *phantoms* articulado.

4.2 Placas de fósforo e filmes radiográficos

Sistema Digora[®]

Utilizou-se, nesta pesquisa, o sistema digital Digora[®] (Soredex, Helsink, Finlândia) com placas de fósforo branca e azul, as duas placas deste sistema foram utilizadas pois que a azul, segundo o fabricante, produz imagem com maior contraste em relação a branca (Figura 3 A e B).

Para a exposição, foram utilizadas placas com dimensões de 40 x 35 x 1,7mm e área ativa de 40 x 30mm. O Digora[®] *Scanner* apresenta uma janela na qual são introduzidas as placas de fósforo para leitura (Figura 4 A e B). Nos cinco segundos iniciais, após a introdução da placa, é realizada pré-leitura e nos vinte segundos restantes, é efetuada leitura final, resultando no aparecimento da imagem radiográfica na tela do monitor. As imagens foram exportadas e armazenadas em formato TIFF.

As imagens radiográficas deste sistema, operando na resolução de 300 dpi, apresentam tamanho do pixel de, aproximadamente, 70 x 70µm, matriz de

416 x 560 pixels com 8 bits para quantificação de níveis de cinza e resolução espacial de 6lp/mm (DIGORA Instruction Manual, 1994).

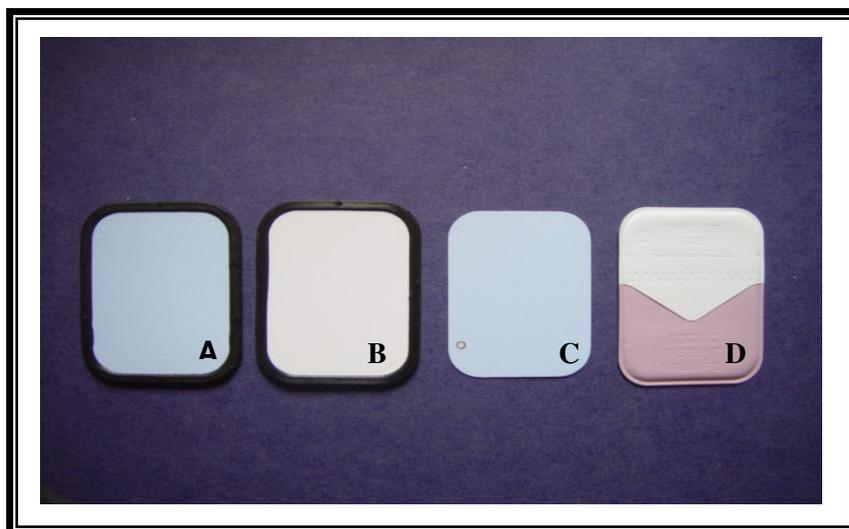


Figura 3 -Placas de fósforos do Sistema digitais utilizados:
a- placa azul do sistema Digora[®], b- placa branca do sistema Digora[®]; c- placa do sistema DenOptix[®]; d- filme radiográfico Insight[®].



Figura 4 -Scanner Digora: A - vista frontal do Digora[®] scanner e no detalhe; B - a introdução da placa para leitura.

Sistema DenOptix®

O sistema Digital DenOptix® (Gendex Dental Systems, Milan, Italy) e as respectivas placas de fósforo deste sistema também foram utilizadas nesta pesquisa. As placas apresentam dimensões de 41 x 31,2 x 1,0mm e área ativa de 41 x 31mm (Figura 3 C).

O DenOptix® *Scanner* apresenta um tambor onde são acopladas as placas de fósforo para leitura (Figura 5 A e B). O tempo de leitura é de 1 minuto e 22 segundos. Após escaneadas, as imagens foram exportadas e armazenadas em formato TIFF.

A imagem deste sistema, operando na resolução de 300 dpi, apresenta tamanho do pixel de 85 x 85µm, matriz de 485 x 367 *pixels* com 8 *bits* para quantificação de níveis de cinza e resolução espacial de 6lp/mm.

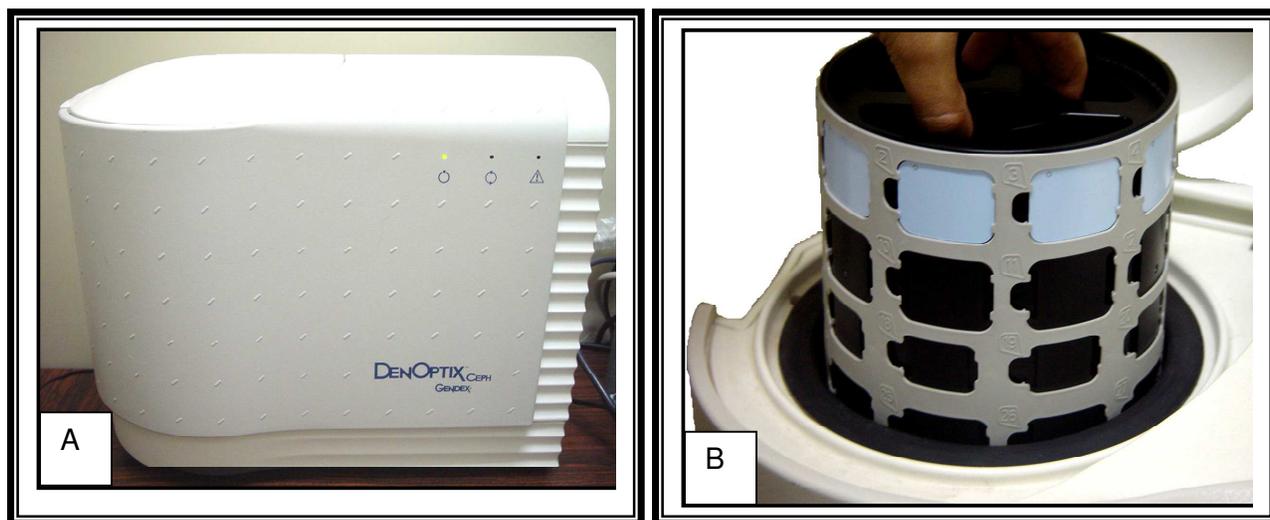


Figura 5 -A - *scanner* do sistema DenOptix® e em B- tambor onde são acopladas as placas para o escaneamento.

Filmes radiográficos

Foram utilizados filmes radiográficos periapicais Insight[®]-EP 21 (Kodak Eastman Co., EUA) classificados quanto à sensibilidade no grupo E/F. Estes filmes apresentavam prazo de validade de pelo menos um ano e pertenciam ao mesmo lote e caixa (Figura 3 D). Os filmes radiográficos foram processados na processadora automática GPX (Gendex Dental Systems, Milan, Italy) com as soluções processadoras Kodak RP X-OMAT (Kodak Eastman Co., EUA), recém preparadas.

4.3 Fonte de Radiação e Fatores Físicos da Radiação

Os conjuntos placa-*phantom* e filme-*phantom* foram expostos por um aparelho de raios X General Electric, modelo 1000, operando a 70kVp e 10mA, possuindo filtro de alumínio de 1,5mm de espessura.

Os tempos de exposição utilizados para exposição dos filmes e das placas de fósforo foram escolhidos por meio de testes prévios. O tempo de exposição para o filme selecionado foi de 21 impulsos (0,35s), que proporcionou densidade de aproximadamente 1 no degrau correspondente a 8 milímetros de alumínio da escala de densidade. De acordo com Mauriello *et al.* (1987), a densidade 1 se apresenta dentro do limite de densidade dos tecidos dentários, servindo, destarte, como densidade de referência.

Para as placas de fósforo, tanto para o sistema Digora[®] como para o DenOptix[®], a seleção do tempo de exposição foi realizada por meio da avaliação subjetiva das imagens obtidas com os tempos de exposição entre 6 (0,1s) a 24 (0,4 s) impulsos por três radiologistas que, comparando as imagens digitais com a imagem dos filmes radiográficos, determinaram o tempo de 15 impulsos (0,25 s)

para a placa azul, 8 impulsos (0,13s) para a branca e de 12 impulsos (0,2s) para o sistema DenOptix[®]. Previamente à exposição, os sensores dos sistemas de armazenamento de fósforo foram acondicionados em um invólucro protetor, para evitar a influência da luz ambiente e prevenir injúrias físicas na face ativa.

Durante a obtenção das imagens digitais e das radiografias, os phantoms superiores e inferiores foram articulados e postos sobre as placas e filmes. Acima dos *phantoms* foi posicionada uma placa de 12mm de acrílico para a atenuação da radiação X correspondente aos tecidos moles (Syriopoulos *et al.*, 2000; Hintze & Wenzel, 2002; Hintze *et al.*, 2002; Hintze & Wenzel, 2003; Jacobsen *et al.*, 2004). Para a simulação da técnica do paralelismo, as distâncias foco-placa e foco-filme foram padronizadas em 40cm com auxílio de um dispositivo em acrílico que proporciona a incidência do feixe de radiação perpendicular ao plano no qual foram colocados as placas /filme e os *phantoms* (Figura 6).



Figura 6 - Dispositivo padronizador.

4.4 Identificação das Radiografias e das Imagens digitais

Após a leitura das imagens no *scanner* específico para o sistema Digora[®], passou-se a identificá-las por códigos específicos correspondentes ao tipo de placa utilizado, para, assim, possibilitar a distribuição aleatória das mesmas durante a avaliação.

As imagens radiográficas obtidas com sistema Digora[®] com placa branca e com a placa azul foram identificadas pelas letras “B” e “A”, respectivamente e as do sistema DenOptix[®] foram identificadas com a letra C . Adicionou-se, a estas letras, um número e outra letra para identificar o *phantom* utilizado. Para o filme radiográfico convencional, foram colocados identificadores metálicos sobre o filme no ato de sua exposição, ao lado do objeto a ser radiografado, para indicação do *phantom* utilizado.

4.5 Amostragem

Para cada um dos métodos estudados, foram obtidas 20 imagens interproximais, 10 imagens da região dos dentes pré-molares e 10 imagens da região dos dentes molares, totalizando 60 imagens digitais e 20 radiografias convencionais.

4.6 Avaliação das Imagens

As radiografias dos *phantoms* foram montadas em suporte de cartolina preta (prancha), apresentando vinte aberturas para o posicionamento das radiografias (Figura 7). Para avaliação destas radiografias, foram utilizados negatoscópio industrial da marca EMB e lupa com aumento de duas vezes (2x).

Durante a avaliação, o ambiente foi mantido sem iluminação e a área do negatoscópio foi recoberta com cartolina de cor preta, deixando a luz passar apenas pelas aberturas onde foram montadas as radiografias. As imagens digitais dos *phantoms* foram distribuídas de forma aleatória e analisadas individualmente, por meio do programa *Microsoft PowerPoint®*, nas mesmas condições do ambiente da avaliação das radiografias convencionais.

Ao avaliarem a influência do modo de exibição das imagens digitais no diagnóstico de cáries proximais em esmalte, Ludlow & Abreu Jr. (1999) concluíram não haver diferença estatisticamente significativa entre laptops, monitores de computadores em relação ao filme radiográfico. Para possibilitar maior liberdade aos examinadores, na avaliação das imagens digitais foi utilizado um laptop (Compac, Pentium 4), que dispõe de tela de 14 polegadas e resolução de 1029 x 789 pixels.

Todas as imagens digitais e as radiografias convencionais passaram pela avaliação de 17 examinadores de diversas especialidades da Odontologia (Radiologia, Dentística, Odontopediatria, Periodontia e Clínica Geral) e que apresentavam experiências profissionais variadas. As pranchas das imagens digitais estão ilustradas nas Figuras 8, 9 e 10.

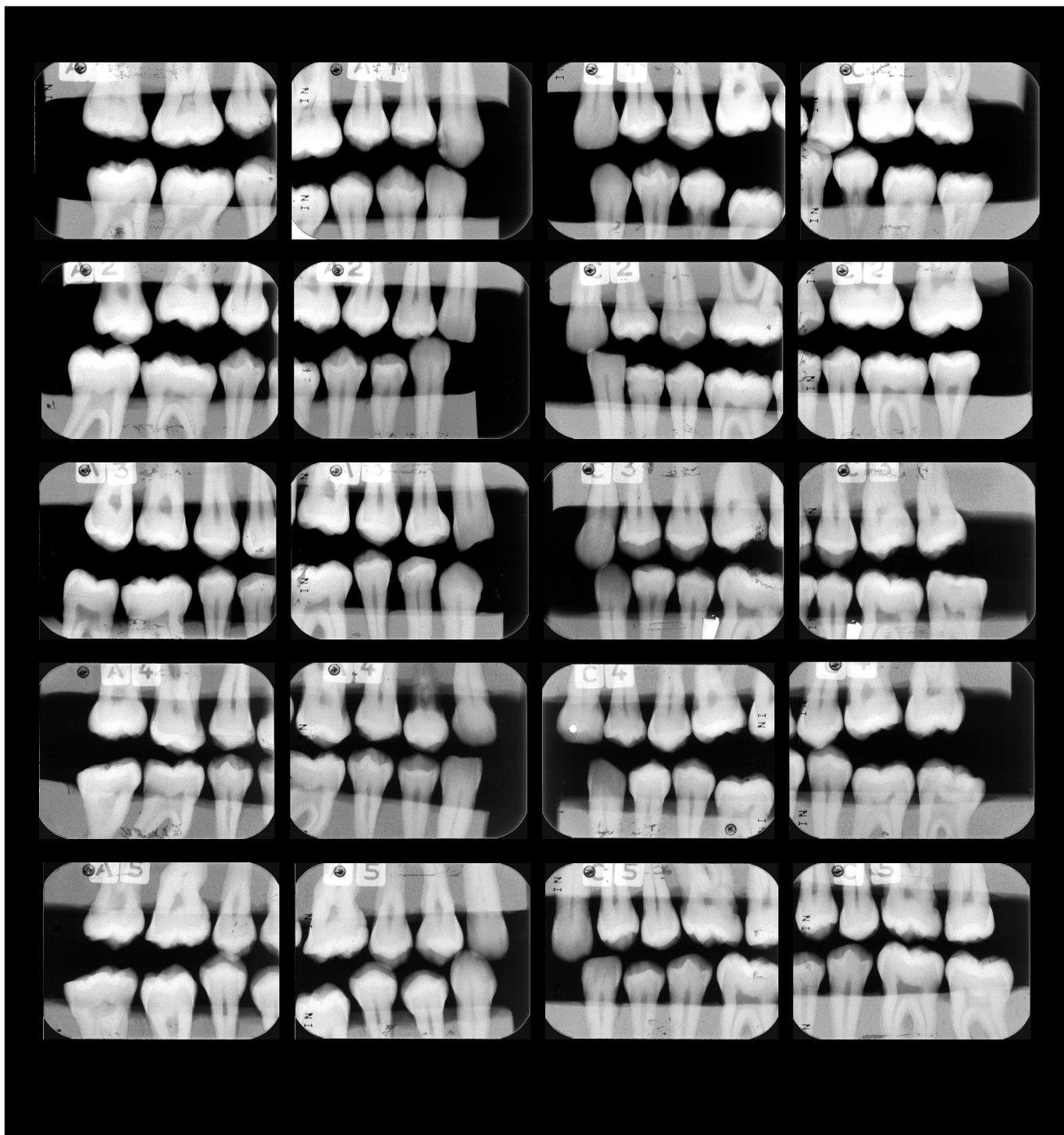


Figura 7 – Prancha das radiografias convencionais.



Figura 8 – Prancha das imagens digitais obtidas com a placa azul do sistema Digora®.

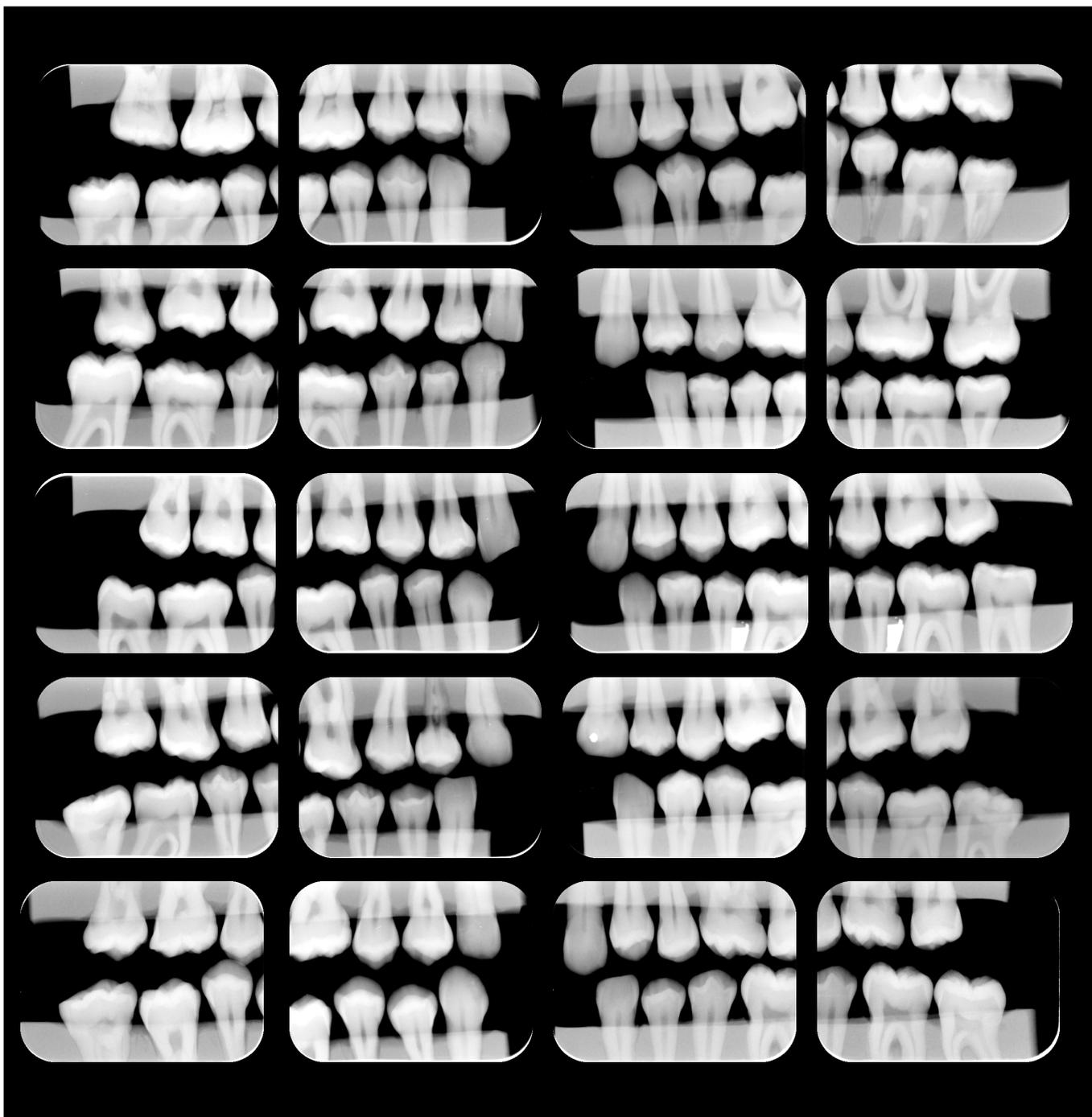


Figura 9 – Prancha das imagens digitais obtidas com a placa branca do sistema Digora®.

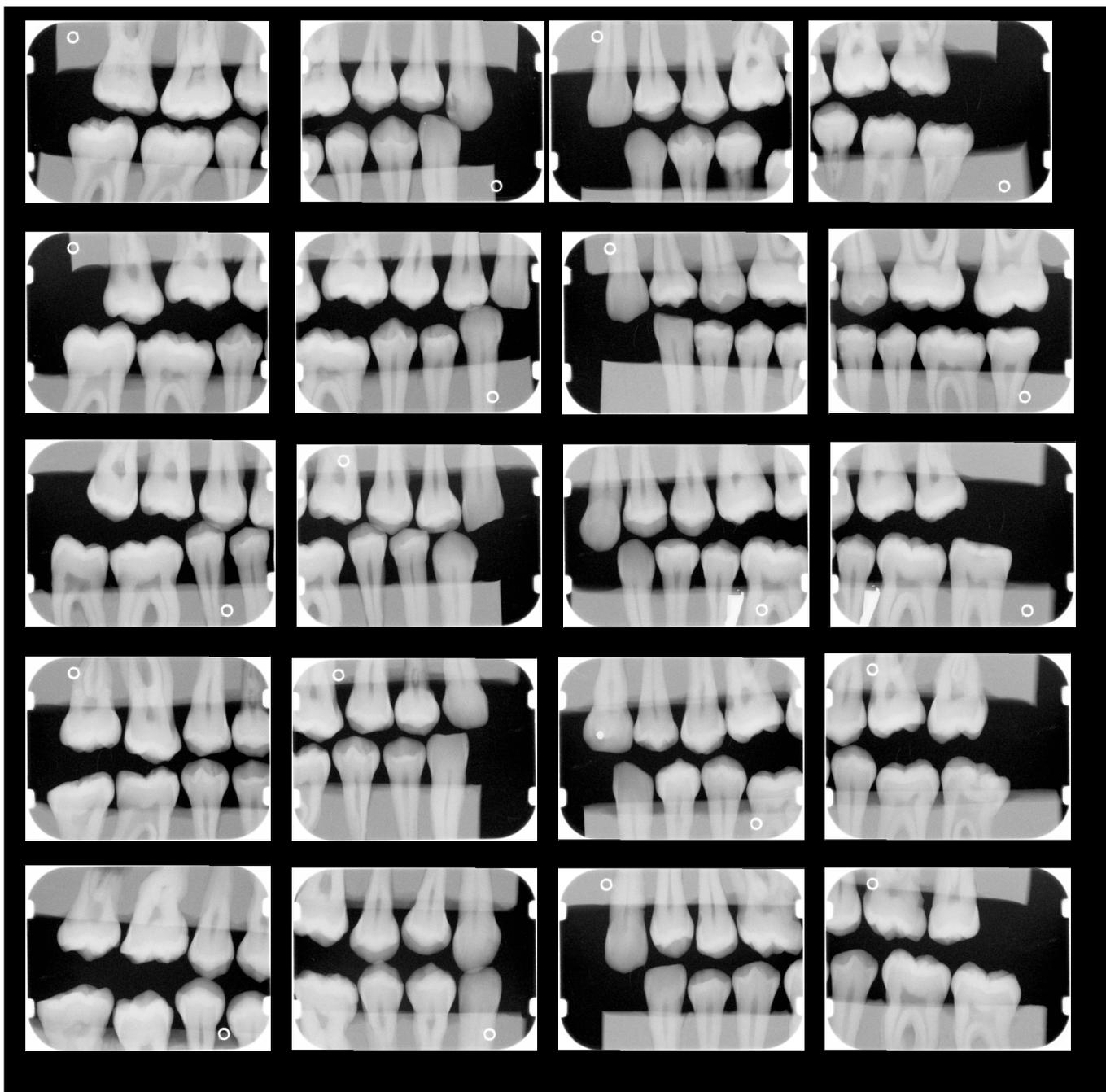


Figura 10 – Prancha das imagens digitais obtidas com o sistema DenOptix®.

Cada profissional recebeu orientações escritas e verbais de como proceder à análise das radiografias convencionais e das imagens digitais (ANEXO 2). Os examinadores avaliaram uma prancha por dia, apresentando 20 imagens, para evitar que as avaliações fossem comprometidas em virtude da fadiga visual. Um intervalo de pelo menos cinco dias entre as avaliações das pranchas foi estabelecido. As imagens digitais e as radiografias foram avaliadas individualmente, resultando na apreciação de 420 faces proximais por cada examinador, que atribuiu escores a cada uma, isoladamente, dentro das opções indicadas no quadro a seguir (Nielsen *et al.* 1996):

Quadro 1

Escore utilizado na avaliação das imagens

0	Face Hígida
1	Cárie na metade externa do esmalte
2	Cárie na porção interna do esmalte até a junção amelo-dentinária
3	Cárie em dentina

4.7 Obtenção do Padrão Ouro (*Gold Standard*)

Todos os dentes pré-molares e molares foram preparados para secção e exame em microscopia óptica, por meio do qual foram determinadas presença e extensão das lesões de cárie.

Os dentes foram desidratados em álcool absoluto e, posteriormente, incluídos em metacrilato a 5%. O metacrilato foi obtido pela dissolução do

peróxido de benzoila a 0,5% no líquido de resina acrílica termopolimerizável (Vipcril, Brasil). O processo de inclusão passou pelas seguintes etapas: imersão no líquido da resina termopolimerizável, imersão em metacrilato 0,25%, imersão em metacrilato 0,5% e inclusão em metacrilato a 5%. Cada uma das três primeiras fases apresentou duração de 24 horas. Uma bomba de vácuo (Marconi, Brasil) foi utilizada para facilitar a infiltração dos líquidos nos dentes.

Após a polimerização, os dentes foram cortados longitudinalmente no sentido méso-distal. Estes cortes foram efetuados em aparelho cortador de tecidos duros (Suth Bay Technology, EUA), dotado de disco de diamante, modelo 650, sob contínua refrigeração. Seqüencialmente, os cortes foram desgastados com lixas d' água de granulação 320 e 1200 (3M do Brasil Ltda, Brasil), até apresentarem espessura que possibilitasse a montagem dos cortes em lâminas (70 a 100µm). Os cortes foram lavados em água corrente, montados em lâminas de vidro utilizando como adesivo para as lamínulas o Bálsamo do Canadá (Møystad *et al.*, 1996; Kairalla *et al.*, 1997; Ganzerli, 2001; Tosoni *et al.*, 2001; Hintze & Wenzel, 2002; Hintze *et al.*, 2002; Hintze *et al.*, 2003; Hintze & Wenzel, 2003; Devito, 2004). Após esta fase, dois avaliadores determinaram a exata extensão da lesão cariosa utilizando os escores da avaliação radiográfica na análise em microscópio óptico de luz (Zeiss Jena, Alemanha), com aumento de 5x. Na Figura 11 é possível observar exemplos de superfície hígida, superfície apresentando cárie na metade externa do esmalte, superfície apresentando cárie metade interna do esmalte até a junção amelo-dentinária e superfície com cárie em dentina.

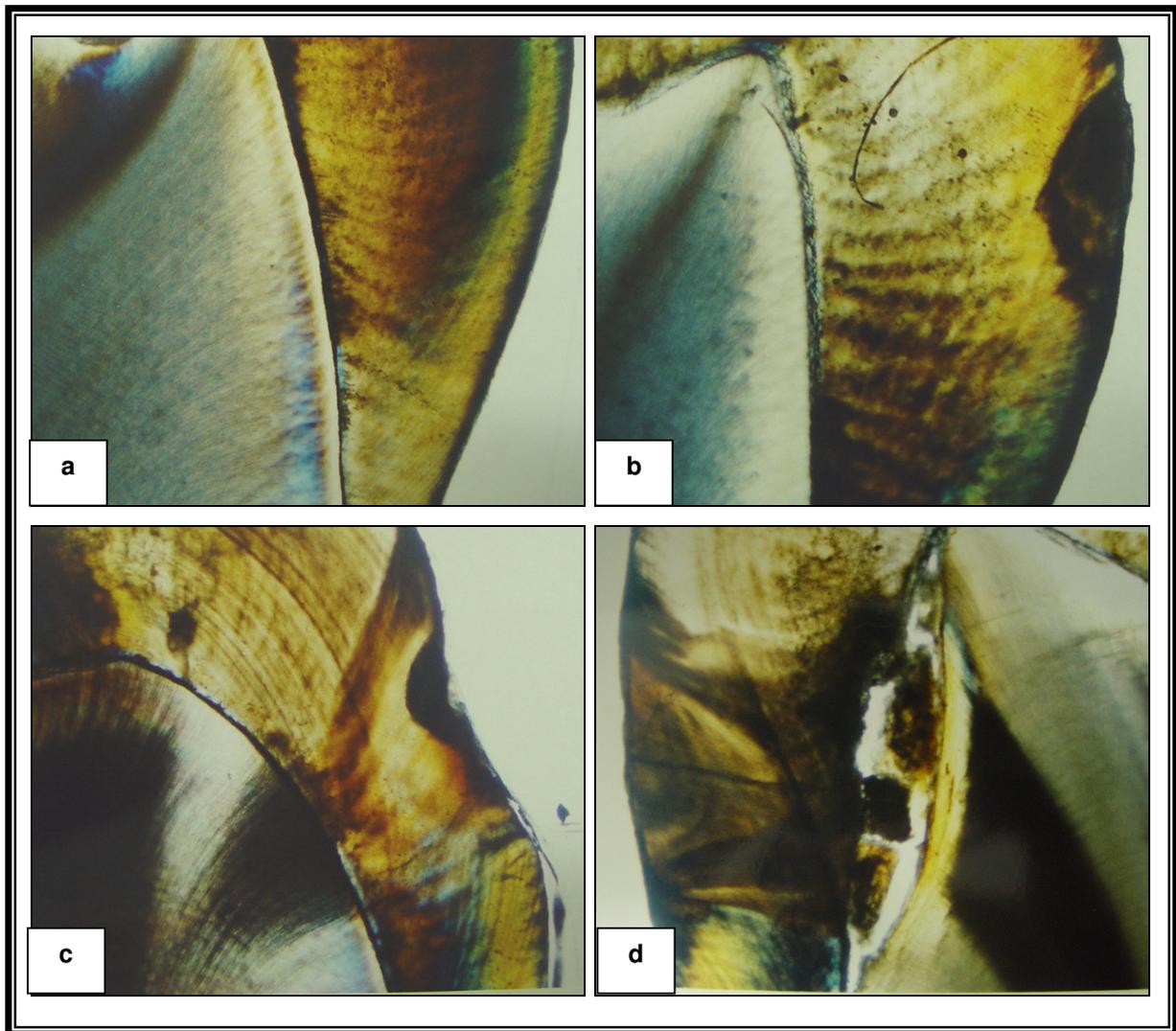


Figura 11- Avaliação histológica dos dentes seccionados (aumento 5x): a – superfície hígida; b – superfície com cárie na metade externa do esmalte; c – superfície com cárie na metade interna do esmalte até a junção amelo-dentinária; d – superfície com cárie em dentina.

4.8 Profundidade da cárie de esmalte

Das 160 faces avaliadas microscopicamente, 88 apresentavam-se hígidas e 72 apresentavam lesões de cárie, sendo que dentre estas, oito faces apresentaram cárie em dentina. Estas faces foram excluídas da amostra visto que o objetivo do trabalho era avaliar o diagnóstico radiográfico de cáries incipientes, ou seja, em esmalte. As 64 faces (42,1%) que apresentaram cárie em esmalte foram submetidas a uma nova avaliação histológica para a obtenção da extensão das lesões e da camada esmalte (Figura 12). Para esta avaliação foi utilizado o microscópio óptico de luz (Zeiss Axiolab- ZEISS, Alemanha), com aumento de 3.2x, acoplado a uma ocular milimetrada (Zeiss Axiolab- ZEISS, Alemanha). O esquema da escala milimetrada utilizada da ocular milimetrada está ilustrada na Figura 13. Inicialmente, o valor da escala, da referida ocular, foi determinado em milímetros por meio do micrômetro objeto (Zeiss Axiolab- ZEISS, Alemanha). As medidas obtidas de acordo com a escala da ocular foram transformadas em micrômetros.

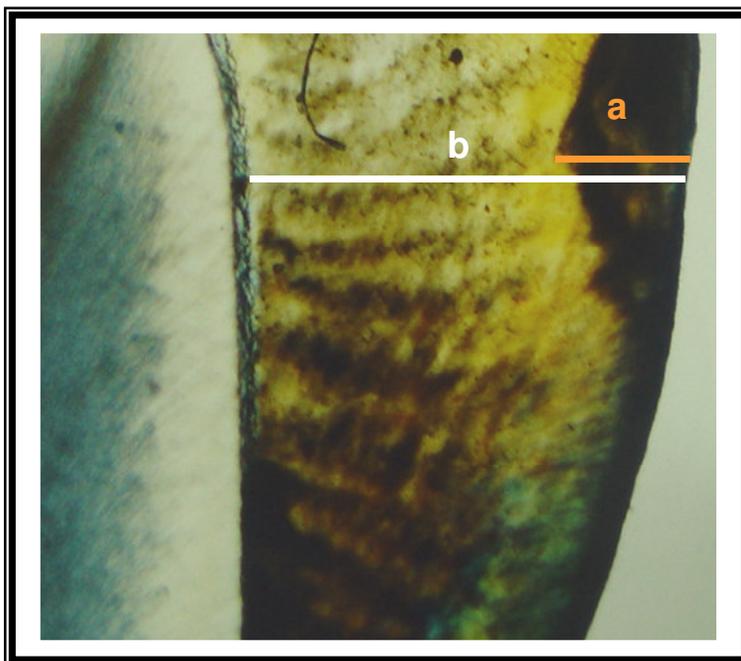


Figura 12- Obtenção da profundidade da cárie e da camada de esmalte: a - maior profundidade da cárie; b- profundidade da camada de esmalte no mesmo corte.

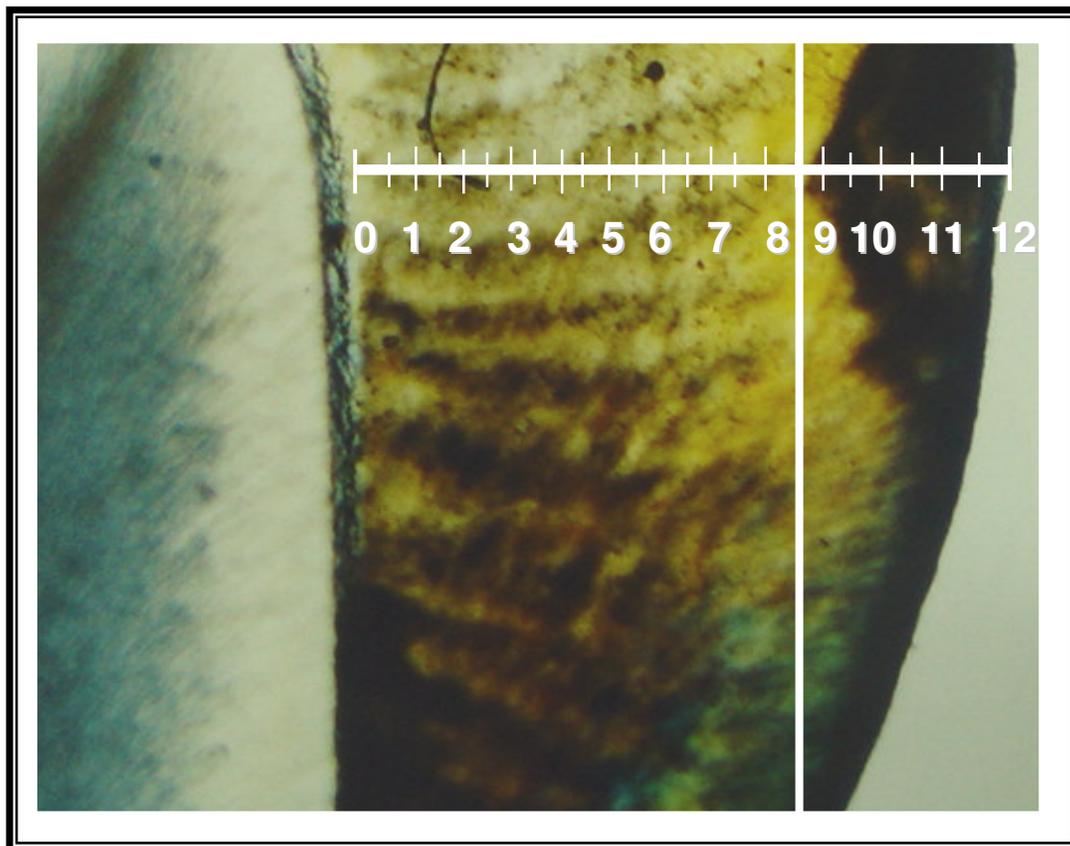


Figura 13- Esquema da escala da ocular milimetrada.

Os resultados da avaliação histológica foram comparados com a moda das interpretações radiográficas dos 17 avaliadores para cada um dos métodos radiográficos estudados, utilizando-se o teste de Friedman com a finalidade de verificar se houve diferença entre os métodos radiográficos e, entre estes e o padrão ouro. Foi aplicado, em seguida, o teste não-paramétrico de comparações múltiplas para revelar quais métodos em questão que apresentaram diferença estatisticamente significativa. Foram calculados, além disto, os valores de sensibilidade, especificidade e acurácia, a partir dos resultados obtidos com os métodos radiográficos pesquisado e com o exame histológico.

5 Resultados e Discussão

O teste de Friedman teve como função indicar se ocorreu diferença estatisticamente significativa entre todas as avaliações obtidas, comparando os dados referentes à interpretação radiográfica, bem como destes com àqueles relativos à interpretação histológica. Para a detecção dos métodos testados que apresentaram a referida diferença, foi realizado teste não paramétrico de comparações múltiplas. Os resultados destes dois testes estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1

Valores dos postos médios das modalidades obtidos por meio dos resultados dos teste de Friedman e não paramétrico de comparações múltiplas

	Faces Cárie esmalte	com Faces em Hígidas	Postos Médios
Digora® placa azul	6	146	2,84 a
Digora® placa branca	5	147	2,89 a
DenOptix®	8	144	2,79 a
Filme Insight®	10	142	2,75 a
Avaliação histológica	64	88	3,78 b

Postos médios seguidos de letras distintas na vertical diferem entre si ao nível de 5%.

Como pode ser observado, as modalidades de imagem comparadas entre si apresentaram resultados semelhantes. A ocorrência de diferença estatisticamente significativa apareceu, tão somente, ao serem comparadas as modalidades de imagem radiográfica e o padrão ouro (avaliação histológica).

Hintze *et al.* (1994), Matsuda *et al.* (1995), Nielsen *et al.* (1996), Savanaes *et al.* (1996), White & Yoon (1997), Syriopoulos *et al.* (2000), Ganzerli (2001), Tosoni (2001) e Nair & Nair (2001) efetuaram estudos para verificar a acurácia no diagnóstico de cárie, comparando sistemas radiográficos digitais e radiografias convencionais, nestes estudos não foram observadas quaisquer diferenças estatisticamente significativas entre as modalidades de imagens testadas.

Møystad *et al.* (1996) também desenvolveram estudo comparativo entre radiografias convencionais e digitais e não encontraram diferenças significativas. No entanto, ao manipular as imagens para a melhoria da nitidez e do contraste, observaram que as imagens manipuladas demonstraram precisão significativamente maior para o diagnóstico de lesões de cárie proximais, tanto em esmalte como em dentina, em relação às demais modalidades de imagem.

Tyndall *et al.* (1998) permitiram a manipulação do brilho e do contraste das imagens digitais e observaram que a imagem sem manipulação apresentou a mesma eficácia do filme convencional na detecção de cáries proximais. Contudo, as imagens com manipulação mostraram-se inferiores.

No presente estudo, as imagens digitais não foram manipuladas pelo pesquisador e tão pouco puderam ser alteradas pelos avaliadores. O padrão de qualidade das imagens foi definido subjetivamente, garantindo densidade, contraste e brilho adequados. A opção pela não manipulação das imagens teve a

finalidade de garantir uniformidade e constância das imagens durante todas as avaliações.

Versteeg *et al.* (1997), por ocasião do seu estudo sobre a profundidade de cáries proximais das imagens obtidas pelo sistema Digora[®], placa branca, e por filmes Ektaspeed Plus[®], observaram uma diferença estatisticamente significativas entre as modalidades de imagens, em que a extensão da cárie proximal foi subestimada nas imagens digitais e superestimada nas radiografias convencionais. No entanto, devemos ressaltar que a extensão real da lesão foi definida por consenso das avaliações radiográficas realizadas por três radiologistas e um cariologista e, não, por meio da avaliação histológica.

Schmage *et al.* (1997) avaliaram a precisão do diagnóstico de lesões de cárie nas imagens radiográficas dos sistemas Digora[®] com placa branca, Sidexis[®], RadioVisioGraphy[®] e filme Ektaspeed Plus[®]. Observaram que a identificação das lesões menores foi mais difícil com os sistemas digitais. Para os autores a imagem digital não apresentou a mesma resolução e nitidez quando comparada à obtida por meio da radiografia convencional, não sendo capaz de substituir os filmes radiográficos para esta finalidade, principalmente quando se trata do diagnóstico de cáries incipientes.

A comparação entre as placas branca e azul do sistema Digora[®] foi realizada apenas por Hintze *et al.* (2002). Neste estudo, os autores compararam a precisão do diagnóstico de cáries em radiografias obtidas por meio dos sistemas DenOptix[®], Cd-Dent[®], Digora[®], com as placas branca e a azul e o filme Ektaspeed Plus[®]. As placas de armazenamento de fósforo foram submetidas a dois tempos de exposição, respectivamente 10% e 25% do tempo necessário para a obtenção das imagens com o filme convencional. Houve diferença significativa, apenas, quando o menor tempo de exposição foi utilizado, sendo que o sistema Digora[®],

com a placa branca, foi o mais preciso dos sistemas digitais e não apresentou diferença em relação ao filme radiográfico.

Para os autores, a menor precisão atribuída aos sistemas digitais DenOptix[®] e Digora[®] (placa azul) pode estar relacionada à redução da espessura da camada de fósforo das placas destes sistemas. Em decorrência da redução da espessura da camada de fósforo da placa azul, a resolução da imagem aumenta conforme é reduzida a radiação secundária. No entanto, é necessário aumentar o tempo de exposição para a obtenção de uma imagem radiográfica adequada.

Este fato pode ser a causa dos diferentes resultados encontrados por esta pesquisa. Em nosso trabalho, o critério de seleção do tempo de exposição para cada sistema considerou como o tempo a ser adotado, aquele necessário à obtenção da qualidade ideal da imagem radiográfica. Da observação dos valores utilizados para a obtenção das imagens, constata-se que foram atribuídos maiores tempos para a placa azul do sistema Digora[®] (62,5% do tempo necessário para o filme Insight[®]) e para o sistema DenOptix[®] (50%). Este procedimento pode explicar a ausência de diferenças entre os sistemas testados na detecção de cáries.

De acordo com Hintze & Wenzel (2003) e Hintze, *et al.* (2003), a frequência da doença nos estudos de cárie não necessita refletir a prevalência de cárie de uma determinada população. Uma metodologia na qual o número de faces apresentando lesões é aproximadamente o mesmo número de faces híginas apresenta maior poder estatístico.

Em nosso estudo, os resultados da avaliação histológica indicaram que 57,8% das faces eram híginas e 42,2% encontraram-se cariadas. Se comparadas as avaliações de cada um dos sistemas de imagem com a avaliação histológica, observa-se diferenças estatisticamente significativas entre os exames

radiográficos e o padrão ouro. Isto já era esperado, levando-se em conta que a seleção dos dentes foi bastante criteriosa e limitou-se àqueles que possuíam lesões de cáries restritas ao esmalte.

De acordo com Cederberg *et al.* (1998) a desmineralização em lesões de cárie naturais apenas pode ser detectada radiograficamente após uma perda mineral de 40%. Por este motivo o diagnóstico de cáries em radiografias apresenta índices subestimados.

Desta forma, quanto mais incipientes as lesões, menores são as taxas de cáries detectadas radiograficamente. Isto acarreta em valores bastante reduzidos de sensibilidade (capacidade de diagnosticar corretamente a presença de doença) e acurácia (índice de acerto). As taxas de sensibilidade, especificidade (capacidade de diagnosticar corretamente a ausência de doença) e acurácia para cada método de aquisição de imagem estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2

Valores de sensibilidade, especificidade e acurácia das modalidades de imagem avaliadas

Modalidade de imagem	Sensibilidade	Especificidade	Acurácia
Digora [®] placa azul	7,8%	98,9%	60,5%
Digora [®] placa branca	7,8%	100%	61,2%
DenOptix [®]	7,8%	96,6%	59,2%
Filme Insight [®]	10,9%	96,6%	60,5%

* Intervalo de 95% de confiança.

Nos estudos de diagnóstico de lesão cariosa, o exame histológico é considerado o melhor padrão ouro para determinar a acurácia de métodos de diagnóstico (Hintze & Wenzel, 2002; Hintze & Wenzel, 2003). Nestes estudos devem ser incluídos grande número de avaliações e grande quantidade de faces para aumentar a representatividade (Hintze *et al.*, 2003). Em nosso trabalho, como método de validação para as radiografias, utilizou-se a avaliação histológica. Foram avaliadas 152 faces proximais por 17 examinadores de diversas áreas da Odontologia, o que garantiu consistência à estatística.

Os valores de sensibilidade obtidos foram de 7,8%, para os sistemas digitais e de 10,9% para o filme radiográfico. Estes baixos valores de sensibilidade no diagnóstico de cáries indicam que grande parte das lesões da amostra não foi detectada. Estes resultados podem ser explicados devido à amostra ser composta de lesões cariosas restritas ao esmalte.

Estudos como os de Hintze *et al.* (1994), White & Yoon (1997) e Nair & Nair (2001) avaliaram a presença ou ausência de cáries em esmalte por meio de cinco escores e utilizaram dois deles, os de lesão provavelmente presente e de lesão definitivamente presente, para determinar a presença de cárie. Hintze *et al.* (1994) afirmaram que, mesmo utilizando este critério, apenas 18% das lesões de cárie em esmalte foram detectadas radiograficamente. White & Yoon (1997) encontraram valores de sensibilidade de 18% para o sistema digital e de 28,7% para o filme radiográfico.

No presente trabalho, os avaliadores deveriam detectar a maior extensão radiográfica da lesão de cárie utilizando quatro escores relacionados com a extensão da desmineralização da lesão, não existindo entre estes respostas atribuídas a casos indecisos. Valores maiores de sensibilidade foram encontrados por Nair & Nair (2001), variando entre 58 e 62%.

No trabalho de Hintze & Wenzel (1996) foram identificadas corretamente 23% das lesões de cáries proximais. Já Tosoni *et al.* (2001) encontraram valores para o exame radiográfico, tanto convencional como digital, que variaram entre 35% e 58%. Porém, é importante ressaltar que a amostra destes estudos era composta, tanto por lesões de cárie em esmalte, como por lesões em dentina.

Haak *et al.* (2001) encontraram valores de sensibilidade superiores aos obtidos para todos os métodos avaliados na nossa pesquisa, variando entre 32 e 38%, entretanto a amostra utilizada por estes autores apresentava aproximadamente metade das faces cavitadas, o que facilitou a detecção radiográfica das lesões.

Os altos valores de especificidade para todas as modalidades de imagem estudadas, que variaram entre 96,6% e 100%, indicam tendência para o diagnóstico correto das faces híidas. Os valores encontrados nesta pesquisa estão muito próximos dos verificados pela maioria dos autores que estudaram o diagnóstico radiográfico de cáries proximais.

Alguns exemplos são os achados de Haak *et al.* (2001), que encontraram valores entre 94 e 97%; de White & Yoon (1997) os quais encontraram 88,8% para o filme radiográfico e 91,5% para o sistema digital. E, ainda, Tosoni *et al.* (2001) que encontraram, tanto para a radiografia convencional como para a digital, valor de especificidade equivalente a 100%. Nair & Nair (2001) que encontraram valores razoáveis de especificidade, entre 83% (filme radiográfico) e 86% (sistema digital).

Com o aumento da sensibilidade, a especificidade decresce. Se um método apresenta sensibilidade alta, inevitavelmente serão obtidos resultados falso-positivos. Isto resultará em restaurações precoces e desnecessárias de faces híidas ou naquelas com desmineralizações limitadas à camada de esmalte,

o que poderá levar a um ciclo de reparo contínuo e dispendioso, principalmente quando comparado a medidas preventivas e tratamentos não-restauradores.

A baixa sensibilidade encontrada nos estudos de Dove & McDavid (1992) e de Hintze *et al* (1994) levou estes autores a afirmarem que o exame radiográfico quase não apresenta valor no diagnóstico de cáries em esmalte e a recomendarem que os profissionais reconsiderem a prescrição geral de radiografias com o objetivo de detectar cáries incipientes.

Entretanto, de acordo com Kaillara *et al.* (1997) a apresentação clínica e o comportamento das lesões de cárie vêm mudando diante da filosofia preventiva prevalente nos últimos anos, observando-se diminuição da velocidade de progressão destas lesões.

Sendo assim, cáries incipientes mesmo quando não diagnosticadas radiograficamente poderão paralisar ou diminuir a velocidade de progressão, caso o cirurgião-dentista siga a filosofia preventiva no acompanhamento dos seus pacientes e os instrua em relação aos cuidados com higiene, utilização de dentífricos fluoretados e hábitos dietéticos adequados.

Os valores médios de acurácia encontrados neste trabalho, entre 59,2 e 61,2%, estão próximos aos valores obtidos por autores, como White & Yoon (1997), que encontraram valores de acurácia de 54,8% para o sistema digital e de 58,8% para o filme radiográfico.

Diversos estudos utilizaram as áreas sob a curva ROC para avaliar a acurácia do método radiográfico na detecção da presença ou ausência de cáries proximais. Quanto maior a área sob a curva ROC maior a acurácia. Hintze *et al.*(1994) encontraram áreas de 0,53 para o sistema digital e 0,70 para o filme radiográfico; Wenzel *et al.* (1995) ao comparar sistemas digitais na detecção de

cáries proximais, encontrou área de 0,611 para o sistema Digora[®]; Hintze & Wenzel (1996) encontraram valores entre 0,61 e 0,88; Hintze *et al.* (2002) encontraram valores de áreas entre 0,65 e 0,69.

Contudo, alguns estudos apontam para valores de acurácia superiores ao destes estudos, como os que se seguem: Dove & McDavid (1992) e Haak *et al.* (2001) encontraram valores de acurácia, situados entre 0,73 e 0,77 para os métodos radiográficos estudados; Matsuda *et al.* (1995) encontraram valores de acurácia entre 0,64 e 0,69 e Nielsen *et al.* (1996) encontraram para o sistema digital 0,85 e para o filme radiográfico de 0,87; Moystad *et al.* (1996) encontraram área de 0,68 para o filme radiográfico e de 0,78 para o sistema digital Digora[®]; Svanaes *et al.* (1996) encontraram áreas para o filme e para o sistema digital de respectivamente 0,72 e 0,71; Shumage *et al.* (1997) encontraram valores de 0,73 a 0,88 para o sistema digital Digora[®] e de 0,93 a 1,00 para o filme radiográfico. Nair & Nair (2001) obtiveram áreas de 0,77 e 0,75 para filmes radiográficos e de 0,73 para o sistema digital.

A explicação para os resultados obtidos pelos estudos citados anteriormente deve estar relacionada à utilização de amostras de características diversas, uma vez que parte das faces cariadas nos estudos desses autores apresentava desmineralização na dentina e cavitação. E também, porque alguns destes trabalhos utilizaram o exame radiográfico e o exame visual como método de validação.

Para facilitar a compreensão dos resultados obtidos por nossa pesquisa, as modas das avaliações radiográficas das 64 faces que apresentaram lesões cariosas foram distribuídas em quatro grupos de acordo com a extensão do comprometimento histológico da camada de esmalte pela lesão de cárie:

Grupo I – faces que apresentam de 1 a 25% da camada de esmalte comprometida pela lesão cariosa;

Grupo II – faces que apresentam de 25,1 a 50% da camada de esmalte comprometida pela lesão cariosa;

Grupo III – faces que apresentam de 50,1 a 75% da camada de esmalte comprometida pela lesão cariosa; e

Grupo IV – faces que apresentam de 75,1 a 100% da camada de esmalte comprometida pela lesão cariosa.

Os quadros 3, 4, 5 e 6 apresentam a distribuição dos *escores* da avaliação radiográfica de cada modalidade de imagem para cada um dos quatro Grupos.

Quadro 3

Distribuição dos escores da avaliação radiográfica referente ao Grupo I.

Escore	Digora[®] placa azul	Digora[®] placa branca	Denoptix[®]	Filme insight[®]
0	11	12	11	11
1	1	0	1	0
2	0	0	0	1
3	0	0	0	0

* Faces com 1 a 25% da camada de esmalte comprometida pela lesão cariosa.

Quadro 4

Distribuição dos escores da avaliação radiográfica referente ao Grupo II.

Escores	Digora[®] placa azul	Digora[®] placa branca	Denoptix[®]	Filme insight[®]
0	26	26	26	26
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0

* Faces com 25,1 a 50% da camada de esmalte comprometida pela lesão cariosa.

Quadro 5

Distribuição dos escores da avaliação radiográfica referente ao Grupo III.

Escores	Digora[®] placa azul	Digora[®] placa branca	Denoptix[®]	Filme insight[®]
0	15	16	16	16
1	3	2	2	3
2	0	1	1	0
3	1	0	0	0

* Faces com 50,1 a 75% da camada de esmalte comprometida pela lesão cariosa.

Quadro 6

Distribuição dos escores da avaliação radiográfica referente ao Grupo IV.

Escores	Digora[®] placa azul	Digora[®] placa branca	Denoptix[®]	Filme insight[®]
0	7	6	6	6
1	0	1	1	1
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0

*Fases com 75,1 a 100% da camada de esmalte comprometida pela lesão cariosa.

Analisando o quadro 3, observa-se que, dentre as 12 faces que apresentaram cárie comprometendo até 25% da camada de esmalte, apenas uma foi corretamente diagnosticada quanto a sua extensão em duas das quatro modalidades de imagem. Neste grupo, a maioria das lesões não foi detectada por meio da avaliação radiográfica.

No quadro 4, pode-se observar que, a todas as 26 lesões que comprometeram até 50% da camada de esmalte, foi atribuído o escore de face hígida na avaliação radiográfica.

No grupo de lesões que comprometiam até 75% da camada de esmalte, quadro 5, é possível verificar que a maioria das lesões também foi incorretamente classificada como hígida. Apenas duas das 19 lesões foram corretamente identificadas por duas das modalidades de imagem. A extensão de

três lesões foi subestimada nas imagens do sistema Digora® com a placa azul e nas radiografias convencionais, enquanto que a extensão de uma lesão foi subestimada na avaliação radiográfica das demais modalidades de imagem.

Finalmente, no quadro 6, observa-se que nenhuma das sete faces que apresentaram comprometimento em até 100% da camada de esmalte teve sua extensão corretamente determinada por meio das avaliações radiográficas, sendo que a maioria foi classificada como hígida. Neste grupo, apenas uma lesão foi detectada por meio da avaliação radiográfica de três modalidades, entretanto sua extensão foi subestimada.

Como pode ser observado, o maior comprometimento da camada de esmalte pela cárie não resultou no aumento da quantidade de faces corretamente diagnosticadas. A explicação para os resultados obtidos pode estar ligada à utilização de uma amostra homogênea com faces que apresentavam cáries incipientes e comprometimento apenas da camada de esmalte.

De acordo com White & Yoon (1997), Syrioupoulos *et al.* (2000) quanto maior a extensão da lesão de cárie, mais facilmente esta será diagnosticada por meio do exame radiográfico. Entretanto estes autores chegaram a esta conclusão a partir da comparação da detecção de cáries de esmalte e de dentina.

Devito (2004) afirmou que a cárie dentária é diagnosticada radiograficamente por apresentar densidade óptica diferente das estruturas dentárias hígidas dos dentes, sendo a imagem radiográfica desta lesão resultante das diferentes interações entre os fótons de raios X e o teor mineral presente nas estruturas irradiadas.

Podemos sugerir que o aumento da desmineralização da camada do esmalte não alterou de maneira significativa a densidade óptica da mesma, o que

resultou em reduzida radiolucidez e, provavelmente, dificultou sua detecção por meio do exame radiográfico.

Enquanto não surgem métodos de diagnóstico mais precisos na detecção de cáries proximais em esmalte, o exame radiográfico, recurso disponível e de fácil execução, deve ser utilizado como auxiliar no diagnóstico destas lesões, uma vez que cáries incipientes, mesmo que não diagnosticadas por meio deste método, poderão paralisar ou ter sua velocidade de progressão reduzida diante da filosofia preventiva vigente.

6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados deste trabalho, é possível concluir que:

1. Os sistemas digitais Digora[®], com as placas de fósforo branca e azul, o sistema DenOptix[®] e o filme radiográfico Insight[®] demonstraram desempenhos semelhantes na detecção de cáries proximais incipientes;

2. O maior comprometimento histológico da camada de esmalte pela cárie não acarretou no aumento da quantidade de faces corretamente diagnosticadas por meio das modalidades de imagem radiográfica.

REFERÊNCIAS

Benn DK. Radiographic caries diagnosis and monitoring. **Dentomaxillofac Radiol.** 1994; 23(2): 69-72.

Cederberg RA, Frederiksen NL, Benson BW, Shulman JD. Effect of different background lighting conditions on diagnostic performance of digital and film images. **Dentomaxillofac Radiol.** 1998; 27(5): 293-7.

Devito KL. **Filtração da radiação X: uso do Estanho na avaliação da qualidade da imagem radiográfica.** [Tese]. Piracicaba (SP): FOP/UNICAMP; 2004.

Dove SB, McDavid WD. A comparison of conventional intra-oral radiography and computer imaging techniques for the detection of proximal surface dental caries. **Dentomaxillofac Radiol.** 1992; 21(3): 127-34.

Ganzerli ASR. **Avaliação interexaminadores no diagnóstico de cáries proximais e oclusais, utilizando imagens convencionais e digitais.** [Dissertação]. Piracicaba (SP): FOP/UNICAMP; 2001.

Haak R, Wicht MJ, Noack MJ. Conventional, digital and contrast-enhanced bitewing radiographs in the decision to restore approximal carious lesions. **Caries Res.** 2001; 35(3): 193-9.

Hintze H, Frydenberg M, Wenzel A. Influence of number of surfaces and observers on statistical power in a multiobserver ROC radiographic caries detection study. **Caries Res.** 2003; 37(3): 200-5.

Hintze H, Wenzel A, Frydenberg M. Accuracy of caries detection with four storage phosphor systems and E-speed radiographs. **Dentomaxillofac Radiol.** 2002; 31(3): 170-5.

Hintze H, Wenzel A, Jones C. In vitro comparison of D- and E- speed film radiography, RVG, and Visualix digital radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesions. **Caries Res.** 1994; 28(5): 363-7.

Hintze H, Wenzel A. Clinical and laboratory radiographic caries diagnosis. A study of the same teeth. **Dentomaxillofac Radiol.** 1996; 25(3): 115-8.

Hintze H, Wenzel A. Diagnostic outcome of methods frequently used for caries validation. A comparison of clinical examination, radiography and histology following hemisectioning and serial tooth sectioning. **Caries Res.** 2003; 37(2): 115-24.

Hintze H, Wenzel A. Influence of the validation method on diagnostic accuracy for caries. A comparison of six digital and two conventional radiographic systems. **Dentomaxillofac Radiol.** 2002; 31(1): 44-9.

Jacobsen JH, Hansen B, Wenzel A, Hintze H. Relationship between histological and radiographic caries lesion depth measured in images from four digital radiography systems. **Caries Res.** 2004; 38(1): 34-8.

Kaillara EC, Lage-Marques JL, Rode SM. Avaliação de métodos de diagnóstico da lesão de cárie. **Rev Odontol Univ São Paulo.** 1997; 11: 27-34.

Ludlow JB, Abreu Jr M. Performance of film, desktop monitor and laptop displays in caries detection. **Dentomaxillofac Radiol.** 1999; 28(1): 26-30.

Matsuda Y, Okano T, Igeta A, Seki K. Effects of exposure reduction on the accuracy of an intraoral photostimulable-phosphor imaging system in detecting incipient proximal caries. **Oral Radiol.** 1995; 11(1): 11-6.

Mauriello SM, Washburn DB, Matteson SR. Effects of rare-earth filters on patient exposure and image contrast. **J Dent Res.** 1987; 66(8): 1326-30.

Moore WS. Dental Digital Radiography. **Tex Den J.** 2002; 119(5): 404-12.

Møystad A, Svanaes DB, Risnes S, Larheim TA, Grøndahl HG. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film. **Dentomaxillofac Radiol.** 1996; 25(4): 202-6.

Nair MK, Nair UP. An *in vitro* evaluation of Kodak Insight and Ektaspeed Plus film with a CMOS detector for natural proximal caries: ROC analysis. **Caries Res.** 2001; 35(5): 354-9.

Nielsen LL, Hoernoe M, Wenzel A. Radiographic detection of cavitation in approximal surfaces of primary teeth using a digital storage phosphor system and conventional film, and the relationship between cavitation and radiographic lesion depth: an *in vitro* study. **Int J Paediatr Dent.** 1996; 6(3): 167-72.

Pai SS, Zimmerman JL. Digital Radiographic Imaging in Dental Practice. **Dent Today.** 2002; 21(6): 56-61.

Pine CM, ten Bosch JJ. Dynamics of and diagnostic methods for detecting small carious lesions. **Caries Res.** 1996; 30(6): 381-8.

Price C, Ergül N. A comparison of a film-based and a direct digital dental radiographic system using a proximal caries model. **Dentomaxillofac Radiol.** 1997; 26(1): 45-52.

Schmage P, Nergiz I, Pfeiffer P, Platzer U. Diagnostic accuracy of *in vitro* digital radiographs. **Dentomaxillofac Radiol.** 1997; 26(5): 274-5.

Svanaes DB, Møystad A, Risnes S, Larheim TA, Grøndahl HG. Intraoral storage phosphor radiography for approximal caries detection and effect of image magnification. Comparison with conventional radiography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 1996; 82(1): 94-100.

Syriopoulos K, Velders XL, Sanderink GCH, van der Stelt PF. Sensitometric and clinical evaluation of a new F-speed dental X-ray film. **Dentomaxillofac Radiol.** 2000; 30(1): 40-4.

Tosoni GM, Loffredo LCM, Tavano O, Scaf G, Capelozza ALA. Diagnostic quality of conventional and digital radiographic images of dental caries. **Rev Odontol UNESP.** 2001; 30(2): 277-90.

Tyndall DA, Ludlow JB, Platin E, Nair M. A comparison of Kodak Ektaspeed Plus film and the Siemens Sidexis digital imaging system for caries detection using receiver operating characteristic analysis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 1998; 85(1): 113-7.

Verdonschot EH, Wenzel A, Bronkhorst EM. Assessment of diagnostic accuracy in caries detection: an analysis of two methods. **Community Dent Oral Epidemiol.** 1993; 21(4): 203-8.

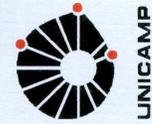
Versteeg KH, Sanderink GCH, Velders XL, van Ginkel FC, van der Stelt PF. *In vivo* study of approximal caries depth on storage phosphor plate images compared with dental X-ray film. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 1997; 84(2): 210-3.

Wenzel A, Borg E, Hintze H, Gröndahl HG. Accuracy of caries diagnosis in digital images from charge-coupled device and storage phosphor systems: an *in vitro* study. **Dentomaxillofac Radiol.** 1995; 24(4): 250-4.

Wenzel A. Current trends in radiographic caries imaging. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 1995; 80(5): 527-39.

Wenzel A. Digital imaging for dental caries. **Dent Clin North Am.** 2000; 44(2): 319-38.

White SC, Yoon DC. Comparative performance of digital and conventional images for detecting proximal surface caries. **Dentomaxillofac Radiol.** 1997; 26(1): 32-8.



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
CERTIFICADO



Certificamos que o Projeto de pesquisa "Estudo comparativo do diagnóstico radiográfico de cáries com mensurações histológicas de volume e de extensão", protocolo CEP nº **124/2004**, dos Pesquisadores **Andréa dos Anjos Pontual** e **Francisco Haiter Neto**, está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde - MS e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia - UNICAMP.

We certify that the research project "Comparative study of radiographic caries diagnoses and histologic measurement of volume and extension", register number **124/2004**, of **Andréa dos Anjos Pontual** and **Francisco Haiter Neto**, is in agreement with the recommendations of 196/96 Resolution of the National Health Committee - Brazilian Health Department and was approved by the Research Ethics Committee of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas - UNICAMP.

Piracicaba - SP, Brazil, September 13 2004

Cintília Pereira Machado Tabchoury
Prof^a. Dra. **Cintília Pereira Machado Tabchoury**

Secretaria
CEP/FOP/UNICAMP

Prof. Dr. Jacks Jorge Junior
Prof. **Dr. Jacks Jorge Junior**
Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP

ORIENTAÇÕES PARA OS EXAMINADORES

1. As radiografias convencionais e imagens digitais deverão ser avaliadas individualmente.
2. A interpretação radiográfica deverá ser realizada em um ambiente pré-determinado (sala escurecida). Deve ser avaliada uma prancha por dia.
3. As radiografias convencionais deverão ser avaliadas em um único negatoscópio, dotado de uma máscara de papel preto. O examinador poderá fazer uso de uma lupa com lente de aumento de duas vezes. As imagens digitais deverão ser avaliadas no monitor do laptop (Compac, Pentium 4), por meio do programa *Microsoft PowerPoint®*, nas mesmas condições de ambiente da avaliação das radiografias convencionais (na sala escurecida).
4. Deverão ser examinadas as faces proximais (mesial e distal) do primeiro e segundo pré-molar, nas radiografias interproximais de pré-molares, e do primeiro e segundo molares, nas radiografias interproximais de molares. Não deverá ser avaliada a porção cervical do dente.

5. As faces proximais deverão ser classificadas segundo os escores abaixo:

ESCORE	CLASSIFICAÇÃO
0	Face Hígida
1	Cárie na metade externa do esmalte
2	Cárie na metade interna do esmalte até a junção amelo-dentinária
3	Cárie em dentina

6. Todas as faces proximais dos dentes identificados deverão receber escores. Cada face proximal deverá receber um único escore.

7. Os escores deverão ser anotados em fichas separadas.

Muito Obrigada!