



**LIANA MATOS FERREIRA**

**COMPARAÇÃO DE DIFERENTES RESOLUÇÕES  
ESPACIAIS DO SISTEMA DIGITAL VISTASCAN  
PARA O DIAGNÓSTICO DE LESÃO CARIOSAS  
PROXIMAL**

PIRACICABA

2014





**Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba**

**LIANA MATOS FERREIRA**

**COMPARAÇÃO DE DIFERENTES RESOLUÇÕES  
ESPACIAIS DO SISTEMA DIGITAL VISTASCAN  
PARA O DIAGNÓSTICO DE LESÃO CARIOSA  
PROXIMAL**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Radiologia Odontológica, na Área de Radiologia Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação defendida por Liana Matos Ferreira e orientada pelo Prof. Dr. Francisco Haiter Neto.

---

Assinatura do Orientador

PIRACICABA

2014

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba  
Marlene Girello - CRB 8/6159

F413c Ferreira, Liana Matos, 1987-  
Comparação de diferentes resoluções espaciais do sistema digital Vistascan para o diagnóstico de lesão cáriosa proximal / Liana Matos Ferreira. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2014.

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

1. Radiografia dentária digital. 2. Cárie dentária. 3. Raios X. I. Haiter Neto, Francisco, 1964-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Comparison of different spacial resolutions of a digital system on the diagnosis of proximal caries

**Palavras-chave em inglês:**

Radiography, dental, digital

Dental caries

X-Rays

**Área de concentração:** Radiologia Odontológica

**Titulação:** Mestra em Radiologia Odontológica

**Banca examinadora:**

Francisco Haiter Neto [Orientador]

Rívea Inês Ferreira

Flávio Henrique Baggio Aguiar

**Data de defesa:** 26-02-2014

**Programa de Pós-Graduação:** Radiologia Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 26 de Fevereiro de 2014, considerou a candidata LIANA MATOS FERREIRA aprovada.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Francisco Haiter Neto".

---

Prof. Dr. FRANCISCO HAITER NETO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Rívea Inés Ferreira".

---

Profa. Dra. RIVEA INÉS FERREIRA

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Flávio Henrique Baggio Aguiar".

---

Prof. Dr. FLÁVIO HENRIQUE BAGGIO AGUIAR



## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito da resolução espacial em placas de armazenamento de fósforo para a detecção de lesões de cárie proximais, utilizando 10, 20, 25 e 40 lp/mm. Cento e vinte e seis dentes (252 superfícies) humanos extraídos foram radiografados utilizando o sistema digital Vistascan e avaliados por três observadores treinados e com experiência em imagem digital. A escala de confiança que foi preenchida em relação à presença ou ausência de lesão cariosa consistia de: 1 – definitivamente ausente; 2 – provavelmente ausente; 3 – incerteza; 4 – provavelmente presente e 5 – definitivamente presente. Se os itens 4 ou 5 fossem assinalados, os observadores deveriam identificar onde a lesão de cárie se encontrava: 1 – lesão de cárie na metade externa do esmalte; 2 – lesão de cárie na metade interna do esmalte e 3 – dentina. Posteriormente, os dentes foram seccionados e examinados por microscopia de polarização para se obter o padrão ouro. Os resultados foram submetidos à análise de curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), para avaliar o desempenho dos avaliadores e do sistema na detecção das lesões cariosas proximais em esmalte e dentina. As áreas sob as curvas ( $A_z$ ) representam a eficiência da modalidade de diagnóstico. A análise de variância (ANOVA) não mostrou diferenças estatisticamente significativas nas áreas sob as curvas entre as quatro resoluções de imagem ( $p > 0,05$ ). Concluiu-se que para a detecção de lesões cariosas proximais, imagens com baixas e altas resoluções são igualmente precisas.

Palavras-chave: Radiografia Dentária Digital; Diagnóstico por raios X; Cárie Dentária.



## ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of spatial resolution in photostimulable storage phosphor (PSP) plate radiographs scanned in 10, 20, 25 and 40 lp/mm, on the detection of proximal caries lesions. Radiographs of 126 extracted human teeth (252 surfaces) were taken using the VistaScan PSP system and assessed by three calibrated examiners with experience in digital imaging. The scoring scale was: 1 = definitely no lesion; 2 = probably no lesion; 3 = unsure; 4 = probably lesion; and 5 = definitely lesion. If score 4 or 5 were selected, the observers should mark 1 = lesion  $<1/3$  into enamel, 2 = lesion  $\geq 1/3$  into enamel, 3 = lesion in dentin. Subsequently, the teeth were sectioned and examined microscopically to obtain a gold standard. The results were analyzed by Receiver Operating Characteristic (ROC) analysis to evaluate the performance of examiners and resolution in the detection of proximal caries lesions in enamel and dentin. The areas under the curves, designated as Az, represents the efficiency of the diagnostic modality. Analysis of variance (ANOVA) compared the mean (among observers) ROC curve areas obtained by the various spatial resolutions. The gold standard frequency of caries lesions was 132 sound surfaces, 27 lesions  $<1/3$  into enamel, 45 lesion  $\geq 1/3$  into enamel and 48 lesions into dentin. Analysis of variance showed no statistically significant differences in ROC curve area among the four image resolutions ( $p>0.05$ ), neither when the threshold for disease was any lesion, nor when it was lesion into dentin. It was concluded that for the detection of proximal caries lesions, images with low and high resolution seem equally accurate.

Keywords: Digital Radiography; X-rays; Dental Caries.



## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	4
3 PROPOSIÇÃO	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
5 RESULTADOS	35
6 DISCUSSÃO	38
7 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
ANEXO	54



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **José Guilherme Rodrigues Ferreira** e **Nilza Matos da Silva**, por me apoiarem incondicionalmente em todas as decisões que precisei tomar na vida, pela torcida, por nunca me deixarem faltar nada, pela educação, pelos meus valores éticos e morais. Obrigada por me tornarem a pessoa que sou hoje. Amo vocês.

Ao meu irmão, padrinho, companheiro e amigo **José Guilherme Matos Ferreira**, por todos os conselhos, conversas, incentivos, por ser a pessoa que eu penso na hora que eu tenho uma grande alegria ou um grande problema pra resolver. E toda sua família, minha cunhada **Andrea Midori**; meus sobrinhos, **Guilherme** e **Luiza**, pelo carinho incondicional.

À minha grande família, primos e tios, pela amizade.

À Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), na pessoa do Magnífico Reitor **Prof. Dr. José Tadeu Jorge**.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa de seu Diretor, **Prof. Dr. Jacks Jorge Júnior**.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Francisco Haiter Neto**, pela paciência, disponibilidade em sanar dúvidas, ensinamentos, confiança, direcionamento. Obrigada por estar sempre preocupado com a evolução dos seus alunos, por dar a responsabilidade que eles necessitam e pela exigência requerida.

Aos **Prof. Dr. Matheus Oliveira**, **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deborah Queiroz**, **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cíntia Tabchoury**, **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rívea Ferreira** e **Prof. Dr. Flávio Henrique Baggio**

**Aguiar**, pelas modificações sugeridas para este trabalho no exame de qualificação e defesa de dissertação.

Aos **Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo** e **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Maria de Almeida**, pela oportunidade de aprendizado.

À **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Laiza Poskus**, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal Fluminense, que me permitiu o primeiro contato com a área acadêmica, por meio da iniciação científica e me despertou para essa caminhada. Agradeço também a todos os colegas de graduação.

Aos técnicos e funcionários da Clínica de Radiologia da FOP-UNICAMP, **Giselda, Waldeck** e **Fernando**, por facilitarem nosso trabalho e a nossa secretária, **Lú**, por resolver os problemas antes mesmo deles aparecerem.

Aos funcionários da Histologia, **Cidinha, Li** e **Adriano**; ao **Prof. Dr. Pedro Duarte**, pela gentileza e disponibilidade de sempre.

Aos amigos: **Ana Caroline Ramos de Brito, Cláudia Suzuki, Débora Távora, Francielle Verner, Helena Aguiar, Ilana Sanamaika, Karla Rovaris, Maria Augusta Visconti, Priscilla Peyneau, Saione Sá, Tiago Rosa, Yuri Nejaim**. Obrigada pelo apoio mútuo, risadas e companheirismo. Tenho certeza que essa fase permitiu nossa evolução e que nos tornássemos pessoas melhores.

Ao colega **Gustavo Narvaes**, pelo auxílio histológico na elaboração deste trabalho. Nunca vou ter como agradecer pela paciência e tempo disponibilizado para me ajudar.

Aos amigos de longa data: **Laila, Giovanna, Luana, Sebastian, Monique, Camila, Bruno, Marcos, Mário, Sarah, Lívia**, por tantos anos de amizade, por

acreditarem em mim desde sempre e por entenderem a minha ausência em tantos momentos importantes e alguns nem tão importantes assim.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal (**CAPES**) pela bolsa de Mestrado concedida.



## 1 INTRODUÇÃO

A lesão de cárie é a manifestação de uma doença crônica multifatorial que acomete os tecidos dentários quando na presença de biofilme (Fejerskovet et al., 2004), e é causada principalmente pela interação de bactérias e alimentos que contêm carboidratos (Colak et al., 2013). A combinação de substrato disponível, alta patogenicidade das bactérias e elevada predisposição do hospedeiro, formam um conjunto de fatores que irão favorecer o desenvolvimento da doença.

A incapacidade de se detectar precocemente as lesões de cárie pode levar a cavitações profundas em esmalte e dentina. Assim, o somatório de exames clínicos e complementares, além de adequada interpretação, leva a um diagnóstico completo e preciso. Os meios auxiliares mais utilizados são os exames por imagem, incluindo as radiografias periapicais e interproximais. Quando somente o exame clínico é realizado, sem o auxílio de exames radiográficos, 25% a 42% das lesões de cárie permanecem despercebidas. Enquanto as lesões cariosas em superfícies oclusais são visíveis a olho nu, as proximais muitas vezes não são, devido ao contato com o dente vizinho (Ekstrand et al., 2001; Senel et al., 2010).

A desmineralização nas áreas proximais ocorre de forma sutil, sendo normalmente difícil até de visualizá-las nas imagens radiográficas, uma vez que há a necessidade que se ocorra uma desmineralização em torno de 40% para que essa seja detectada radiograficamente (Razmus, 1994). Quando a lesão de cárie incipiente, ou seja, restrita ao esmalte dentário, é detectada nas radiografias é muito provável que exista o comprometimento da dentina subjacente. Essa limitação na detecção radiográfica encoraja estudos que comparem a acurácia de diagnóstico de diferentes sistemas de imagem (White et al., 1997).

No mercado odontológico, existem disponíveis para uso sistemas digitais que adquirem as imagens de forma direta e semi-direta. O método de aquisição direta da imagem digital substitui os filmes por receptores do tipo sensor-sólido – CCD (*Charge Coupled Device*) – Dispositivo de Carga Acoplada

ou CMOS-APS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor – Active Pixel*) – Semicondutores de Óxido de Metal Complementar – Pixel Ativado. A maioria destes sensores é conectada ao computador por um cabo de fibra óptica, que permite a transferência dos dados obtidos quase que imediatamente para o computador e o aparecimento da imagem no monitor segundos após a exposição dos sensores aos raios X (Haite Neto et al., 2010).

No método de aquisição semi-direto, o filme radiográfico é substituído por placas de armazenamento de fósforo (PSP – *Photostimulable phosphor plates*) que, após serem expostas ao feixe de raios X, absorvem a energia destes, formando uma imagem latente. Esta, só será visualizada no monitor do computador, após o escaneamento da placa (Haite Neto et al., 2010; Melo et al., 2010). Algumas vantagens desses receptores são que eles possuem espessura e dimensões semelhantes ao filme radiográfico, principalmente quando comparados aos sensores sólidos (Kalathingal et al., 2010); não possuem cabos, o que é uma facilidade no momento da aquisição da imagem radiográfica; podem ser dessensibilizadas depois de utilizadas, estando prontas para uma próxima aquisição (Parks et al., 2002).

As placas de fósforo são compostas por flúor haleto de bário, acrescido com európio e a aquisição da imagem ocorre após exposição da placa aos feixes de raios X, excitando os elétrons do fósforo de bário que são levados a um estado energético mais elevado. Em seguida, esses receptores são escaneados por uma câmara de leitura a laser, fazendo com que os elétrons excitados voltem a sua posição e estado energético originais, dando origem à imagem digital.

Teoricamente, a resolução espacial pode ser expressa pelo tamanho do *pixel* (*Picture Element*), em pontos por polegada (*dpi - dots per inch*) e pelos pares de linha por milímetro (PL/mm). O *pixel* é o menor elemento de formação da imagem digital, o conjunto de milhares de *pixels* forma a imagem como um todo. Os pontos por polegada são representados pelo número de pontos individuais que existe em uma polegada linear na superfície em que a imagem é apresentada (matriz) (Wenzel et al., 2010). Em linhas gerais, quanto maior for o número de

pontos por polegada mais detalhada e definida será a imagem. Os pares de linha por milímetro correspondem ao número de linhas radiopacas e espaços radiolúcidos na imagem. Quanto maior for a quantidade de pares de linha/mm presente, menor será a diferença entre os níveis de cinza de uma imagem. Existem no mercado várias marcas e modelos de equipamentos de imagens digitais que utiliza receptores de placa de fósforo com diferentes resoluções.

Para que um novo teste de diagnóstico seja cientificamente aceito, ele precisa ser validado contra um verdadeiro diagnóstico, chamado de padrão-ouro. Esse deve ser reproduzível e refletir a aparência de ausência e presença da doença (Wenzel et al., 1999). Nos estudos *in vitro* para a detecção de lesões de cárie, o padrão ouro mais utilizado é a avaliação histológica/microscópica de cortes dos dentes (Jablonski-Momeni et al., 2009).

É frequentemente sugerido que radiografias com altas resoluções espaciais são melhores para a detecção de detalhes radiográficos (White & Pharoah, 1999). Hoje em dia, alguns sistemas de placas de fósforo disponibilizam a escolha entre altas e baixas resoluções durante a digitalização, permitindo assim a obtenção de imagens com diferentes resoluções, o que possibilita avaliar se uma maior resolução espacial estaria relacionada a uma superior qualidade da imagem. Devido às imagens com alta resolução espacial ocuparem 18 vezes mais espaços de armazenamento e serem quatro vezes mais demoradas no tempo de escaneamento, o objetivo nesse estudo foi avaliar a influencia da resolução espacial de um sistema radiográfico digital com placas de armazenamento de fósforo na acurácia do diagnóstico de lesões de cárie.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Em 1994, Espelid et al. avaliaram a variação de diagnóstico entre 10 cirurgiões-dentistas na análise de lesões cariosas em dentina. Oitenta e quatro dentes humanos extraídos com lesão cariosa oclusal e com superfícies hígidas foram radiografados. Em média, 12% das superfícies hígidas foram erroneamente diagnosticadas como possuindo lesões cariosas (falsos positivos); 33% das lesões de esmalte foram identificadas nas radiografias; 62% de lesões pequenas e 100% de lesões grandes em dentina foram diagnosticadas radiograficamente (verdadeiros positivos). Houve uma grande variação na capacidade de identificar corretamente lesões de cárie em dentina entre os avaliadores, os valores de sensibilidade variaram 0,77-1,0 (média de 0,90) e os valores de especificidade 0,45-0,93 (média de 0,76). O cirurgião-dentista que demonstrou a mais alta capacidade de diagnóstico (medida pela área sob a curva ROC) possuía apenas cerca de 9% de falsos positivos, enquanto que o profissional que teve a menor capacidade de diagnóstico assinalou presença de lesão de cárie em cerca de 55% dos dentes no grupo controle. Ambos tinham 96% de verdadeiros positivos. Os autores concluíram que há uma tendência em se realizar diagnósticos falsos positivos na dentina adjacente ao esmalte principalmente com relação a lesões cariosas oclusais e que as grandes variações entre observadores indicam a necessidade de maior treinamento.

Hintze et al., em 1998 avaliaram a acurácia do sistema visual, transiluminação por fibra óptica e radiografias interproximais no diagnóstico de lesões cariosas proximais, que foi realizado por quatro observadores e validado pela separação dos dentes com banda ortodôntica. Os resultados obtidos pelos três métodos de diagnóstico foram comparados com os resultados obtidos pela validação, para cada observador. Um total de 338 superfícies proximais não restauradas de 53 alunos foram examinadas por quatro cirurgiões-dentistas pelos métodos de diagnóstico já citados. Os valores de sensibilidade variaram de 0,12 a 0,50 para o exame visual. Para a transiluminação e radiografias, os valores de

sensibilidade ficaram entre 0,00-0,08 e 0,56-0,69, respectivamente. Os valores de especificidade excederam 0,90 para todos os observadores e todos os métodos. Os menores valores de kappa inter-observador foram encontrados para a transiluminação por fibra óptica, seguidos pelo exame visual e radiográfico. Para o método de validação, a concordância inter-observador foi “substancial”, o que os autores sugerem que esse método não pode ser usado para a validação de lesões cáries cavitadas em superfícies proximais. No entanto, a inspeção visual após a separação do dente pode servir como uma ferramenta de diagnóstico complementar ao exame visual e radiográfico convencional para a identificação de lesões cáries proximais.

Naitoh et al. (1998) compararam os resultados obtidos no diagnóstico das imagens de lesões cáries proximais, obtidas por sensores do tipo CCD e radiografias convencionais, a fim de se avaliar a concordância entre os observadores. Um total de 93 superfícies proximais foram radiografadas e avaliadas por seis observadores, sendo que um desses observadores avaliou as mesmas imagens seis meses após a primeira avaliação. Os valores de kappa inter-observadores foram de 0,439 e 0,424 para o sensor CCD e filme radiográfico, respectivamente. Os autores concluíram que as imagens obtidas com o sistema digital não foram as responsáveis pelo baixo valor de kappa, podendo ser utilizado na clínica diária.

Attaelmanan et al. (2000) determinaram quais parâmetros seriam ideais para digitalização de radiografias intra-orais. Os filmes (Ektaspeed Plus, Kodak), foram digitalizados em um *scanner* (Agfa-Gevaert) de 8 *bits*, com e sem máscara, utilizando 3 tipos de resolução: 200, 400 e 600 p.p.i (*pixels* por polegada). Sete observadores avaliaram as imagens resultantes, que foram exibidas em um monitor Nokia 445X. As configurações deste poderiam ser modificadas, ajustando a paleta de cores e a resolução da tela. As imagens digitalizadas com máscara se apresentaram com melhor qualidade do que as digitalizadas sem máscara. Os autores observaram que a melhor imagem foi aquela obtida com 400 p.p.i e a

opção de visualização ideal foi a que se utilizou 256 cores com resolução de tela de 1152 x 864 *pixels*.

Janhom et al. em 2001, determinaram qual resolução espacial seria ideal para a digitalização de radiografias interproximais para a detecção de lesões cariosas. Cinquenta e dois pré-molares e quarenta e oito molares foram montados em blocos de gesso e radiografados com filme Ektaspeed Plus, simulando uma projeção interproximal. As 15 radiografias foram então digitalizadas em um *scanner* de mesa em três resoluções: 150, 300 e 600 dpi. Dez observadores avaliaram a presença ou ausência das lesões cariosas de 200 superfícies proximais em uma escala de cinco pontos, assim como a profundidade em uma escala de 3 pontos. Essas respostas foram comparadas com o exame histológico, que serviu como padrão ouro e analisadas pela Análise de Variância. O intervalo de confiança do teste aumentou à medida que a resolução aumentou, porém não foi encontrada diferença significativa entre as resoluções de 300 e 600 dpi, porém o melhor resultado para a estimativa de profundidade foi encontrado na resolução de 300 dpi. Os autores concluíram que, quando radiografias interproximais são digitalizadas em um *scanner* de mesa, uma resolução de 300 dpi parece ser a melhor escolha, além do tamanho do arquivo ser aceitável e não haver perda de informações para o diagnóstico de lesões cariosas.

Hintze et al. (2002) avaliaram a acurácia no diagnóstico de lesões de cárie utilizando quatro sistemas digitais de placas de armazenamento de fósforo (PSP), expostas com dois diferentes de tempos de exposição e o sistema convencional, *in vitro*. Foram radiografadas 365 superfícies proximais e 159 oclusais, com os sistemas digitais: Denoptix, Cd-dent, Digora (placas azuis e brancas) e com o filme Ektaspeed Plus. Cada placa foi exposta a radiação duas vezes, com 10% e 25% do tempo necessário para expor o filme. Quatro observadores avaliaram as superfícies proximais (lesão de cárie em esmalte e dentina) e oclusais (lesão de cárie em dentina), utilizando uma escala de confiança de cinco pontos. A presença das lesões de cárie foi validada pelo método histológico e a acurácia dos sistemas foi obtida usando a área sob a curva

ROC - *Receiver Operating Characteristic* - ( $A_z$ ). Quando foi utilizado o menor tempo de exposição, os sistemas Digora<sub>branco</sub> ( $A_z = 0,68$ ) e o Ekta Plus ( $A_z = 0,69$ ) foram os mais precisos para o diagnóstico de lesões proximais do que os outros sistemas ( $A_z = 0,64 - 0,65$ ). Quando se utilizou o mesmo tempo de exposição, não houve diferenças significantes entre os sistemas digitais ( $A_z = 0,76 - 0,77$ ), para o diagnóstico de lesões oclusais. Porém, tais sistemas foram menos precisos que o Ekta Plus ( $A_z = 0,81$ ). Com um tempo de exposição maior, não houve diferença significativa entre os sistemas Denoptix ( $A_z = 0,68$ ), Digora<sub>azul</sub> ( $A_z = 0,69$ ), Digora<sub>branco</sub> ( $A_z = 0,69$ ) e Ekta Plus ( $A_z = 0,69$ ), mas foram mais acurados que o Cd-dent ( $A_z = 0,65$ ), para o diagnóstico de lesões proximais. Para esse mesmo tempo de exposição, o Digora<sub>azul</sub> ( $A_z = 0,81$ ) foi o sistema que apresentou o mais alto valor de acurácia, dentre todos os sistemas digitais, para o diagnóstico de lesões oclusais. Um tempo de exposição maior, resultou em altos valores de acurácia com os sistemas Denoptix e Digora<sub>azul</sub> em comparação com os sistemas Cd-dent e Digora<sub>branco</sub>, quando lesões proximais eram avaliadas. Um tempo de exposição longo, levou a uma melhora no diagnóstico somente no sistema Digora<sub>azul</sub>, para o diagnóstico de lesões oclusais. Concluiu-se que utilizando-se um longo tempo de exposição, não houve diferença significativa entre os sistemas Denoptix, Digora<sub>azul</sub>, Digora<sub>branco</sub> e Ekta Plus, para o diagnóstico de lesões oclusais. O Digora<sub>azul</sub> apresentou os maiores valores de acurácia em relação aos outros sistemas, para o diagnóstico de lesões oclusais. O tempo de exposição então, influenciou na acurácia do diagnóstico quando se utilizou os sistemas Denoptix e Digora<sub>azul</sub>, no caso de lesões proximais e com o sistema Digora<sub>azul</sub> para lesões oclusais.

Em 2003, Künzel et al. examinaram a resolução espacial de filmes odontológicos intra-orais quando vistos a olho nu, com uma ampliação óptica de duas vezes e após a digitalização através de um monitor de computador. Agfa Dentus M2, Kodak Ektaspeed Plus e Kodak InSight foram os filmes intraorais utilizados e submetidos ao teste com pares de linha (pl) de resolução de até 16, 6 pl/mm. Os filmes foram processados a 24°C na processadora Dürr Periomat e a

28°C na processadora Dürr AC245. Quarenta estudantes de Odontologia avaliaram as imagens e a melhor resolução detectável foi conseguida através da digitalização, atingindo uma média de até 16pl/mm. Com a imagem aumentada em um negatoscópio provido de lente com aumento de 2X, uma média de até 13,3 pl/mm poderia ser vista, enquanto que apenas 11,7 pl/mm poderia ser visualizada a olho nu. Ao contrário dos outros filmes utilizados, a resolução vista a olho nu ou digitalizada do Kodak Ektaspeed Plus era dependente do tipo de processamento sofrido. Houve uma tendência para estudantes acima de 29 anos de idade em detectar a olho nu, resoluções mais baixas. Mas, houve um desempenho comparável com os alunos abaixo de 29 anos de idade, quando se utilizou a lente de aumento e quando as imagens foram digitalizadas.

Rocha et al. em 2005, tiveram como intuito comparar dois sistemas digitais de placa de armazenamento de fósforo (Digora e Denoptix) com um tipo de filme convencional, assim como verificar a concordância interexaminadores para o diagnóstico radiográfico de lesões cariosas oclusais e proximais. Foram avaliadas 144 superfícies dentárias com e sem cavitação; as radiografias foram analisadas e classificadas em uma escala de quatro pontos. Participaram como examinadores 13 alunos de graduação e um radiologista odontológico. Para validar esta pesquisa foram realizadas análises em microscopia óptica. Os resultados mostraram não haver diferença significativa entre os sistemas radiográficos, entretanto, todos tiveram diferenças significantes quando comparados à microscopia óptica, com exceção do sistema Digora nas superfícies proximais, quando o radiologista foi o examinador. Na avaliação interexaminadores, foi obtida concordância moderada, e entre os alunos e o radiologista obteve-se nível sofrível a moderado. Com relação à validade (sensibilidade, especificidade, preditivos positivos e preditivos negativos), os valores foram semelhantes entre os alunos e o radiologista, com exceção dos valores de sensibilidade nas superfícies oclusais. Os estudantes obtiveram um maior número de resultados falso-positivos e o radiologista odontológico obteve um maior número de resultados falso-negativos.

Com o propósito de investigar a acurácia da detecção de desmineralizações em esmalte por meio de radiografias convencionais, digitais e digitalizadas e comparar às imagens por subtração logarítmica, Ferreira et al., em 2006, induziram desmineralizações subsuperficiais no esmalte de uma das faces proximais de 49 dentes terceiros molares hígidos. Radiografias padronizadas dos dentes foram obtidas antes e após a fase de desmineralização com o emprego de três sistemas digitais – CygnusRay MPS, Denoptix e Digora – bem como do filme InSight. Três radiologistas interpretaram os pares de radiografias convencionais, digitais e digitalizadas, em duas ocasiões diferentes. As imagens por subtração logarítmica foram avaliadas por um quarto radiologista apenas uma vez. O diagnóstico radiográfico foi validado pela mensuração da microdureza do esmalte seccionado longitudinalmente, nas áreas - teste das faces proximais. A acurácia foi estimada pela área sob a curva ROC. Aplicou-se o teste Qui-Quadrado, em um nível de significância de 5%, para comparar as áreas sob as curvas ROC ( $A_z$ ) das diferentes modalidades de imagens radiográficas. Em se tratando das radiografias, o sistema Denoptix ( $A_z = 0,91$ ) e as radiografias convencionais ( $A_z = 0,90$ ) apresentaram os maiores valores de acurácia em relação às outras três modalidades de imagem. No entanto, as imagens por subtração logarítmica ( $A_z = 0,98$ ) superaram as radiografias convencionais, digitais e digitalizadas ( $p = 0,0000$ ). Os autores concluíram que o sistema Denoptix e as radiografias convencionais demonstram melhor desempenho no diagnóstico das desmineralizações subsuperficiais em esmalte. A subtração logarítmica aprimora significativamente a detecção radiográfica.

Em um estudo *in vitro*, em que compararam a precisão de diagnóstico de lesões cariosas proximais, Haiter-Neto et al. (2007) utilizaram uma versão mais antiga e mais recente de dois sistemas digitais intraorais: Digora FMX, Digora Optime, Schick CDR e Schick CDR *Wireless*, obtendo imagens de 160 superfícies proximais não cavitadas. Oito observadores registraram a presença ou ausência das lesões cariosas em uma escala de confiança de 5 pontos e a presença da lesão foi validada histologicamente. Os novos sistemas digitais (Digora Optime e

Schick CDR *Wireless*) obtiveram valores de sensibilidade significativamente maiores do que os seus antecessores. Os autores não encontraram diferenças significativas na especificidade entre os sistemas Digora FMX, Schick CDR e Schick CDR *wireless*, os quais tinham uma especificidade significativamente mais elevada do que o sistema Digora Optime ( $P < 0,02$ ). O valor preditivo positivo para o sistema Digora Optime foi afetado por sua alta sensibilidade e baixa especificidade, e foi menor do que, para os dois sistemas de CDR ( $P < 0,02$ ). Quanto à precisão geral, as diferenças não foram estatisticamente significativas entre as versões mais antigas e mais recentes dos sistemas tipo PSP e CMOS-APS. No entanto, os autores encontraram mais resultados falso-positivos com o sistema Digora Optime do que com o sistema Digora FMX. Embora a diferença de especificidade fosse estatisticamente significativa, os autores questionam se a diferença entre o Digora Optime e os outros sistemas é clinicamente relevante. Portanto, os profissionais podem adquirir qualquer um dos sistemas depois de considerar outros fatores do que os avaliados nesse estudo.

Em 2007, Wenzel et al., compararam a precisão no diagnóstico de lesões cariosas entre sistemas digitais intraorais que fornecem imagens em mais de uma resolução. Oitenta dentes humanos extraídos não cavitados foram radiografados e analisados com os seguintes sistemas digitais: Digora Optime (Soredex) *8-bit high-* e *8-bit super-resolution*, VistaScan (Dürr) *8-bit high-* e *8-bit max-resolution* e *16-bit high-* e *16-bit max-resolution*, Dixi2 (Planmeca) *8-bit* e *12-bit depths*. Um filme *Insight* foi incluído como referência. Seis observadores analisaram 160 superfícies proximais e o método histológico foi estabelecido como padrão ouro. A análise de variância com dois critérios foi utilizada para verificar diferenças na sensibilidade, especificidade, preditivo positivo e preditivo negativo e na acurácia geral (preditivo positivo + preditivo negativo) entre as modalidades. A sensibilidade não apresentou diferença significativa entre as marcas, com exceção do VistaScan *8-bit max-resolution*, o qual mostrou alto valor de sensibilidade em comparação com as outras duas modalidades de VistaScan *high-resolution*. ( $p=0.003$ ). O sistema Digora *super-resolution* apresentou maior sensibilidade do

que quase todas as outras modalidades ( $p < 0.02$ ), mas apresentou a menor especificidade entre todos os sistemas, dentre os quais não houve diferença. A acurácia geral foi significativamente mais baixa para o Digora *high-resolution* do que para as modalidades *high-resolution* do Dixi2 e VistaScan ( $p < 0,03$ ); não houve diferença entre os outros sistemas. Os autores concluíram que a acurácia no diagnóstico de lesões de cárie parece ser pouco influenciada por um aumento na resolução espacial. O Digora *super-resolution* proporcionou maior sensibilidade, porém baixa especificidade em relação a maioria dos outros receptores.

Berkhout et al., em 2007, compararam a acurácia de quatro sistemas digitais (Planmeca Dixi 2; Gendex Visualix HDI; Du"rr Vistascan; Digora Optime) com configurações do tipo *high-resolution* e *standard resolution* para o diagnóstico de lesões de cárie. Além disso, os autores compararam o efeito no diagnóstico final quando se reduzia o tamanho das imagens obtidas com a configuração do tipo *high-resolution* para o tamanho das obtidas com o *standard resolution* e vice-versa. Noventa molares extraídos de humanos foram montados em blocos de gesso em grupos de cinco, em que quatro dentes eram utilizados para o teste. Dois blocos de cada vez foram posicionados em um *jig*, para que, no final se simulasse uma radiografia interproximal. Os dentes foram radiografados nos quatro sistemas e pelos dois tipos de resolução cada um. E, após esta etapa, foram seccionados, obtendo-se no final um total de 65 superfícies. Foi utilizado um método de interpolação para reduzir as imagens obtidas em *high-resolution* e para aumentar as obtidas em *standard resolution*. As imagens originais, reduzidas e ampliadas foram aleatorizadas e mostradas a cinco avaliadores em duas diferentes sessões, que avaliaram a profundidade das lesões cariosas em uma escala de quatro pontos. Não houve diferenças significativas na probabilidade de detecção das lesões de cárie ( $\chi^2 = 26.59$ ,  $df = 26$ ,  $P < 0.50$ ), quando as resoluções espaciais foram comparadas ou quando os arquivos foram aumentados ou diminuídos. Todos os sistemas digitais utilizados no estudo, diferem significativamente na probabilidade de detecção das lesões ( $\chi^2 = 41.55$ ,  $df = 24$ ,

P<0.02). Em comparação com o padrão ouro, o Gendex Visualix HDI sensor tipo CCD, apresenta o maior valor de concordância ( $\kappa=0.31$ ). Os autores observaram que não há melhora para o diagnóstico de lesões de cárie, quando se usa configurações do tipo *high-resolution* e *standard resolution*. O uso da interpolação para aumentar ou diminuir as imagens não produziu efeito no diagnóstico final das lesões, podendo ser utilizada. Porém, a probabilidade para a detecção das lesões cariosas foi desigual para os sistemas de diferentes fabricantes.

Li et al. (2008) investigaram o efeito da resolução espacial das placas de armazenamento de fósforo para a detecção de lesões cariosas proximais. Dez cirurgiões-dentistas avaliaram 72 superfícies proximais de pré-molares radiografados utilizando os seguintes sistemas: Digora FMX com 7,8 pl/mm; Digora Optime com 7,8 pl/mm e 12,5 pl/mm; e Dürr VistaScan com 10 pl/mm e 20pl/mm, respectivamente. As lesões foram validadas pelo método histológico. A curva ROC foi a análise empregada. No resultado final, os valores de  $A_z$  das radiografias realizadas com o sistema Dürr VistaScan na configuração de 10pl/mm é significativamente mais baixo que os outros sistemas e configurações ( $P=0,000$ ). Os autores concluíram que um aumento na resolução espacial por si só, não está relacionado com uma melhor detecção de lesões cariosas proximais.

Haiter-Neto et al. (2008), compararam dois tipos de tomógrafo *cone bean* com dois receptores intra-orais, um digital e um convencional, para diagnóstico de lesões cariosas. Cem dentes humanos extraídos não cavitados, foram posicionados de forma que obtivessem contato proximal: cada fileira era composta por um canino, um primeiro e segundo pré-molar e um primeiro e segundo molar que foram radiografados utilizando o sistema Digora-fmx (Soredex); filme (Kodak Insight) e tomógrafos: NewTom 3G (Quantitative Radiology) com os seguintes parâmetros: tamanho do pixel de 0,36 mm (*FOV* de 12 polegadas), 0,25 mm (*FOV* 9 polegadas), 0,16 mm (*FOV* 6 polegadas), e 3DX Accuitomo, com tamanho de *pixel* de 0,125 mm (*FOV* 4 centímetros). O volume das imagens tomográficas foi reconstruído e seccionado (0.5mm) no plano mesio-

distal. Seis observadores avaliaram as superfícies proximais e oclusais. Os dentes foram seccionados e a microscopia serviu como padrão ouro. O teste ANOVA *two-way* verificou as diferenças de sensibilidade, especificidade, verdadeiro positivo e verdadeiro negativo entre as modalidades de imagem. Os autores concluíram que o tomógrafo NewTom 3G teve uma acurácia mais baixa que as modalidades intra-orais. O tomógrafo Accuitomo apresentou uma sensibilidade maior do que os sistemas intra-orais para a detecção de lesões em dentina, mas acurácia geral não foi maior.

Comparando os sistemas Digora (Soredex), Denoptix (Gendex) e CygnusRay MPS (Progeny) com o filme Insight (Kodak), para o diagnóstico de lesões cariosas proximais, Rockenbach et al. (2008) utilizaram 51 molares e 24 pré-molares, divididos em grupos de 3 dentes, que foram fixados em blocos de silicone e radiografados. Vinte e cinco radiografias foram obtidas em cada modalidade e quatro faces proximais foram analisadas. As imagens foram interpretadas individualmente por um observador em três sessões diferentes para cada modalidade. As lesões de cárie foram classificadas de acordo com a sua profundidade: (0) ausente; (1) restrita ao esmalte, (2) atingindo a junção dentina-esmalte e (3) atingindo a dentina. Os dentes foram seccionados a fim de se realizar o padrão ouro (histológico). O teste de Kendall foi utilizado e mostrou uma boa concordância intra-observador entre as três avaliações implementadas. A sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP) e valor preditivo negativo (VPN) foram calculados, e não houve diferenças significativas observadas entre os quatro métodos estudados (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Além disso, curvas ROC foram determinadas para cada modalidade e não foram observadas diferenças estatisticamente significativas quando se compararam as áreas sob as curvas.

Schulte et al. (2008) avaliaram se havia efeito na acurácia do diagnóstico final de lesões cariosas, quando as imagens foram importadas para *softwares* que não corresponderam ao seu sistema original. Uma placa de armazenamento de fósforo e um sistema de digitalização (Digora, Soredex), foram

usados com referência (*PSPref*). A placa de fósforo e o *scanner* do VistaScan (Dürr, *PSPtest*) foram utilizados como um sistema teste e um sensor do tipo CCD e seu *software* correspondente (Sidexis, Sirona, *CCDtest*), utilizados como segundo sistema de teste. Utilizando o sistema de referência e dois sistemas testes, as radiografias foram realizadas em 30 dentes humanos extraídos, obtendo-se 60 superfícies para o diagnóstico. As imagens foram armazenadas em formato *tiff*, que foram avaliadas por quatro examinadores. Os dentes foram seccionados para a realização do histológico, que serviu como padrão-ouro. A concordância entre cada técnica e o padrão ouro foi obtida pelas curvas ROC. Os resultados mostraram que as áreas sob as curvas não foram significativamente diferentes entre os sistemas teste e o de referência; logo, os autores concluíram que a importação de arquivos a partir de diferentes programas, não afeta a precisão do diagnóstico final para as lesões cariosas.

Em 2010, Kamburoglu et al. avaliaram a capacidade de diagnóstico de imagens fornecidas por sensores do tipo CCD e TCFC com diferentes *voxels* na detecção de lesões cariosas oclusais. A amostra foi composta por 130 dentes molares inferiores (61 hígidos e 69 com lesões cariosas). As imagens foram obtidas com *voxels* de 0,1mm, 0,2mm e 0,3mm e avaliadas por quatro observadores, a reavaliação ocorreu 4 semanas após a primeira. Os resultados obtidos com as imagens em *ultraresolution*, *high* e *low resolution* não foram estatisticamente significantes. Com isso, os autores concluíram que para todos os tamanhos de *voxel*, a TCFC pode ser considerada como uma ferramenta no diagnóstico de lesões cariosas oclusais.

Pontual et al. (2010) tiveram como objetivos (1) comparar três sistemas digitais de placas de armazenamento de fósforo (Denoptix e Digora FMX com placas brancas e azuis) e um sistema convencional (filme Insight), para o diagnóstico de lesões cariosas em esmalte e (2) determinar se há uma correlação entre as medidas radiográficas e histológicas das lesões cariosas. Cento e sessenta superfícies foram radiografadas e avaliadas por 17 observadores, que marcavam a presença e a profundidade das lesões em uma escala de quatro

pontos. A presença das lesões cariosas foi validada histologicamente (padrão ouro). O teste ANOVA *two-way*, foi utilizado para testar as diferenças de sensibilidade, especificidade e acurácia geral (valor preditivo positivo e preditivo negativo) e os dados das medidas radiográficas e histológicas foram analisados estatisticamente pelo coeficiente de correlação de Spearman. Os testes demonstraram que o sistema Digora (placa branca) obteve maiores valores de especificidade e acurácia geral que o sistema Denoptix ( $p = 0.021$ ); não houve diferenças significantes entre as outras modalidades de imagem ( $p > 0.05$ ). Não houve uma correlação significativa entre as medidas histológicas e radiográficas das lesões cariosas a partir dos sistemas Digora (placa azul) ( $p = 0.43$ ), Digora (placa branca) ( $p = 0.15$ ), Denoptix ( $p = 0.17$ ) e filme Insight ( $p = 0.06$ ). Os resultados sugerem que (1) a performance dos três sistemas de placas de armazenamento de fósforo foi semelhante em relação ao filme Insight para a detecção de lesões cariosas proximais em esmalte, e (2) o aumento da profundidade das lesões cariosas no histológico quando comparadas as medições radiográficas, não foram correlacionadas de forma significativa.

No intuito de avaliar se a acurácia no diagnóstico de lesões cariosas proximais em radiografias digitais foi semelhante ao obtido *in vivo* em condições *in vitro*, Li et al. (2010) fizeram uso de 39 dentes não cavitados, coletados de 11 indivíduos que tiveram parte da maxila ou mandíbula extirpada devido a cistos ou neoplasias. Antes das cirurgias, as radiografias dos dentes envolvidos foram realizadas pelo sistema digital Digora Optime e, após as cirurgias, os mesmos dentes extraídos foram montados em blocos de gesso e radiografados com o mesmo sistema digital e, posteriormente, seccionados para a validação histológica. Seis observadores avaliaram as radiografias e assinalavam uma escala de 5 pontos. A análise estatística utilizada foi a curva ROC. Não houve diferenças significativas entre as radiografias digitais realizadas *in vivo* e *in vitro* para o diagnóstico de lesões cariosas proximais. Os autores concluíram que a acurácia na detecção de lesões de cárie proximais obtida a partir de um estudo *in vitro* é representativa de situações clínicas verdadeiras.

Senel et al., em 2010, tiveram como propósito avaliar o diagnóstico *in vitro*, de lesões cariosas proximais, pelos métodos de inspeção visual, filme (Kodak E speed), sensores do tipo CCD (Progeny Vision DX) e PSP (Digora Optime) e tomografia computadorizada de feixe cônico (ILUMA *ultra cone beam CT scanner*). Três radiologistas orais avaliaram duas vezes 276 superfícies, obtidas de 138 dentes. O kappa ponderado foi comparado para se obter a concordância intra e interobservador e os *scores* foram comparados com o método histológico (padrão ouro), utilizando a curva ROC para avaliar a capacidade de diagnóstico. Os coeficientes kappa intraobservador variaram de 0.739 a 0.928. Houve uma forte concordância interobservador entre todos os métodos (0.631 a 0.811). Os maiores valores de  $A_z$  entre os três avaliadores foram obtidos com as imagens tomográficas; no entanto, não houve diferenças significantes para a detecção das lesões entre os métodos ( $p > 0,05$ ). Os autores concluíram que, para o diagnóstico de lesões cariosas proximais, a inspeção visual, por filme, sensores do tipo CCD e PSP e tomografia computadorizada de feixe cônico não apresentaram diferença.

Em 2011, Kayipmaz et al. compararam a radiografia convencional (Ektaspeed), placa de armazenamento de fósforo (Digora Optime) e tomografia computadorizada de feixe cônico (Kodak 9500) para a determinação *in vitro* de lesões cariosas oclusais e proximais. Setenta e dois dentes pré-molares e molares humanos extraídos foram radiografados e tomografados, avaliados por dois examinadores em um microscópio estereoscópico com um aumento de 8X. A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) foi estatisticamente superior aos outros sistemas na determinação de lesões oclusais, porém não houve diferença significativa entre os sistemas no diagnóstico de lesões proximais. Os autores concluíram que a TCFC pode ser um método auxiliar na detecção de lesões cariosas.

Em um estudo de Abesi et al. (2012), os autores tiveram como objetivo determinar a acurácia no diagnóstico de lesões cariosas não cavitadas, com sensores do tipo CCD (Dixi 3), PSP (Digora PCT) e filme (E-speed, Kodak).

Setenta e duas superfícies proximais não cavitadas de dentes posteriores extraídos de humanos foram radiografadas e avaliadas por quatro observadores. As lesões foram classificadas como ausente (R0), restrita ao esmalte (R1), restrita a junção amelodentinária (DEJ) e metade externa da dentina (R2) e metade interna da dentina (R3). Posteriormente, os dentes foram seccionados para a análise histológica, que serviu como padrão ouro. O exame microscópico revelou que a distribuição das lesões foi de 63,9% ausentes, 18,1% em esmalte, 9,7% restrita a junção amelodentinária e metade externa da dentina e 8,3% na metade interna da dentina. As sensibilidades do filme, CCD e PSP para a detecção de lesões de cárie em esmalte foram de 38% e 98%, 15% e 96%, e 23% e 98%, respectivamente. A sensibilidade e especificidade do filme, CCD e PSP para a detecção de lesões cariosas tanto para dentina quanto para esmalte foram de 55% e 100%, 45% e 100% e 55% e 100%, respectivamente. Os resultados demonstraram que, quando se usa radiografias convencionais e digitais, a acurácia no diagnóstico de lesões de cárie proximais é semelhante.

Avaliando se a resolução espacial do *flat panel* de TCFC influenciava na acurácia do diagnóstico de lesões cariosas proximais e se essa precisão poderia ser melhorada quando se aplicava altas resoluções espaciais em comparação a imagens digitais intra-orais, Cheng et al., em 2012, obtiveram imagens de 45 dentes humanos extraídos, com os tomógrafos Promax 3D e DCT Pro, em diferentes resoluções e com o sistema digital intra-oral Digora Optime. Oito examinadores avaliaram as imagens e o exame histológico serviu como padrão ouro e as performances dos avaliadores, examinadas pelas curvas ROC. Não foram encontradas diferenças significativas entre as imagens tomográficas e digitais, quando apenas lesões proximais em esmalte foram avaliadas ( $p = 0,989$ ). Com relação à detecção de lesões proximais em dentina, foram encontradas diferenças significativas entre as imagens tomográficas e as digitais ( $p < 0,001$ ), mas não entre as imagens tomográficas. Um aumento na resolução espacial não melhorou a acurácia no diagnóstico de lesões proximais em esmalte em comparação com as imagens digitais intra-orais. Os autores concluíram que as

imagens de TCFC com elevada resolução espacial não devem ser utilizadas para o diagnóstico de lesões cariosas proximais.

dos Anjos Pontual et al. (2013) realizaram um estudo em que avaliaram a qualidade da imagem radiográfica comparando dois sistemas digitais, dois do tipo PSP (Digora Optime e DenOptix) e outro do tipo CMOS (CDR *wireless*), contra o método convencional (filme Insight). Cento e sessenta superfícies proximais foram radiografadas e avaliadas por 6 observadores, que assinalaram uma escala de cinco pontos. A presença das lesões cariosas foi validada histologicamente e a capacidade de diagnóstico, pela curva ROC. Os sistemas digitais também foram utilizados para radiografar uma escala de densidade de alumínio com objetivo de se medir a densidade dos pixels. Esses valores médios foram avaliados pelo teste de Kruskal – Wallis e Dunn ( $p < 0,01$ ). Os autores concluíram que não houve diferença entre os sistemas CMOS, PSP e filme convencional.

Hellén-Halme et al. (2013) investigaram o efeito de diferentes modos de calibração do monitor em distintas condições de iluminação do ambiente e se isso influenciaria a capacidade dos avaliadores em diagnosticar as lesões cariosas proximais e suas profundidades. Sete observadores avaliaram 100 dentes com lesões de cárie proximais, a partir de radiografias digitais, utilizando três configurações para o monitor: (1) monitor configurado para ambiente com alta luminosidade, (2) monitor configurado para ambiente com baixa luminosidade e (3) monitor para ambientes escurecidos. Nenhuma diferença significativa foi encontrada na precisão do diagnóstico para a detecção das lesões cariosas proximais entre os diferentes modos de calibração do monitor, de acordo com diferentes níveis de luz ambiente. Os autores não encontraram evidências de que os níveis de luz do ambiente afetem a capacidade de se detectar lesões de cárie em radiografias digitais, contanto que o monitor esteja calibrado de acordo com esses níveis.

### **3 PROPOSIÇÃO**

Analisar a acurácia do sistema radiográfico digital Vistascan com diferentes resoluções espaciais, na detecção de lesões cariosas proximais.

## **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 – protocolo nº 145/2012.

### **4.1. Obtenção e seleção da amostra**

Foram utilizados 180 dentes humanos extraídos, com a devida indicação clínica para a extração, cedidos pelo cirurgião responsável ao departamento de Radiologia Odontológica, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas – FOP/UNICAMP. Os critérios de inclusão utilizados foram dentes pré-molares e molares, sem destruição total coronária, com presença ou ausência de cavitação.

### **4.2. Preparo da amostra**

Todos os dentes passaram por um processo de desinfecção em glutaraldeído a 2% por aproximadamente duas horas e, em seguida, foram mantidos hidratados em água destilada. Os dentes foram dispostos em grupos de cinco, colocados lado a lado e inseridos em blocos de gesso, totalizando 36 blocos previamente confeccionados, em que quatro dentes foram utilizados como teste e um utilizado como guia, para se obter o contato proximal com o primeiro dente a ser avaliado (Figura 1). O primeiro dente de cada grupo foi radiografado, porém não avaliado. Os blocos foram numerados para facilitar a identificação da amostra e para fixar o marcador metálico (fio ortodôntico) que identificou o dente a ser avaliado, foi colocada uma camada de cera utilidade, de 2 cm de espessura, sobre a face vestibular do bloco (Figura 2).



Figura 1. Vista superior do bloco de gesso contendo cinco dentes

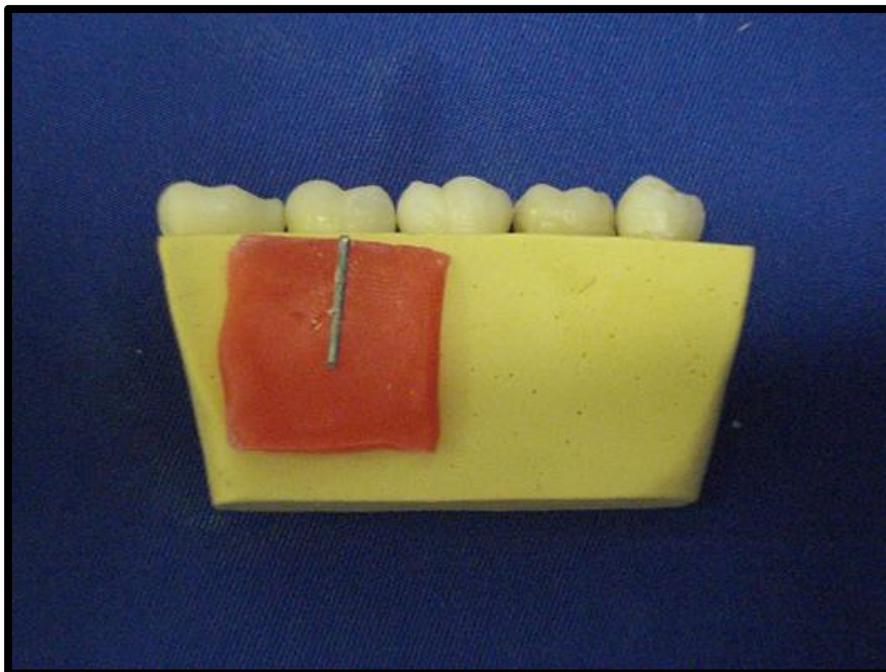


Figura 2. Vista lateral (vestibular) do bloco de gesso com marcador metálico

### 4.3. Aquisição das imagens

Para aquisição das imagens os *phantoms* contendo os dentes, foram colocados sobre uma base de acrílico, capaz de estabilizar os blocos e padronizar as aquisições. Esta base possui um aro circular fixo para orientação do cilindro do aparelho de raios X, um dispositivo ajustável para posicionamento do receptor de imagem e uma régua milimetrada. A utilização desse suporte permite manter constantes as distâncias entre o ponto focal e o receptor (40 cm) e entre objeto e receptor (1,5 cm), bem como mantém a 0º a angulação vertical e 90º a horizontal (Figuras 3). Para simulação dos tecidos moles, uma placa de acrílico, com 2,5 cm de espessura, foi posicionada em frente às faces vestibulares dos dentes. O aparelho de raios X utilizado foi o GE 1000® (General Electric Co, Milwaukee, WI, EUA), de corrente contínua e seletor de tempo centesimal. Todas as imagens foram obtidas pela técnica do paralelismo, utilizando como receptores as placas de fósforo do sistema VistaScan® (Vista Scan Perio; Durr Dental, Bietigheim-Bissingen, Alemanha), tipo 2 (3X4 cm). Os parâmetros adotados para obtenção das imagens foram: 65 kVp, 10 mA e 0,53s de tempo de exposição. Todos os dentes foram radiografados com todas as resoluções espaciais (10 pl/mm, 20pl/mm, 25 pl/mm e 40 pl/mm) disponíveis no sistema digital. Depois de irradiados, as placas foram submetidas à leitura a laser, no scanner do próprio sistema, que geraram diferentes tempos de escaneamento e tamanho de arquivo (Tabela 1). As imagens (Figura 4) foram armazenadas e salvas em formato TIFF no software DBSWIN® (Dürr Dental, Alemanha).

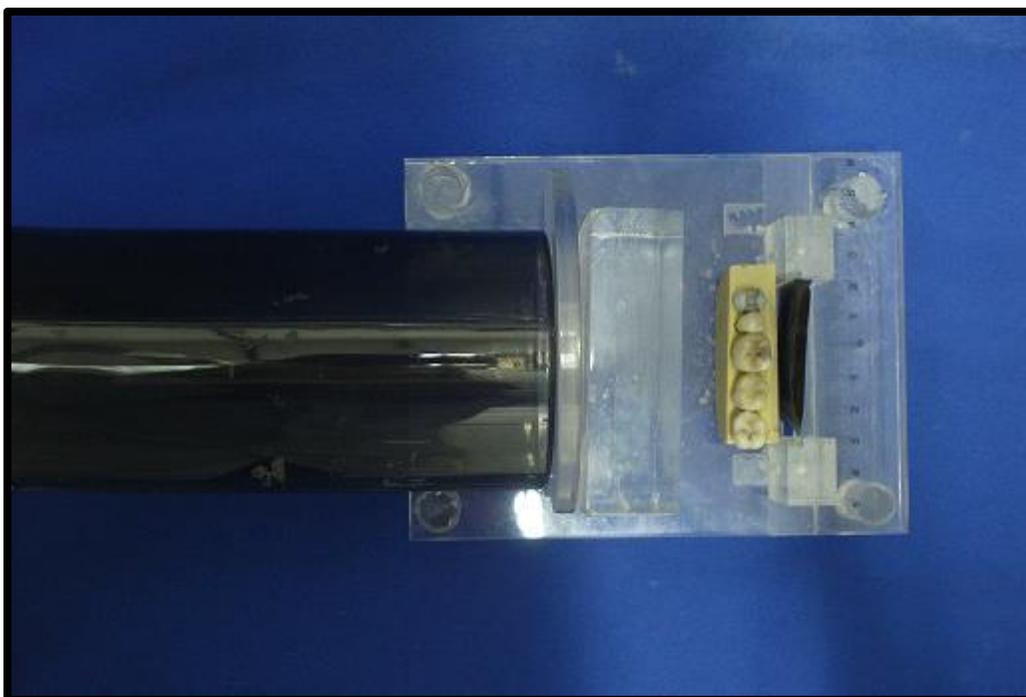


Figura 3. Bloco de gesso e placa de fósforo posicionados na base de acrílico (Vista superior)

Tabela 1. Tempo de escaneamento; tamanho do *pixel*; tamanho do arquivo em KB e MB.

Resolução	Tempo (s)	Tamanho do pixel ( $\mu\text{m}$ )	Tamanho do arquivo (KB/MB)
10 p/mm	7	50	426KB
20 p/mm	15	25	1,94 MB
25 p/mm	24	20	2,80 MB
40 p/mm	31	12,5	7,80 MB



Figura 4. a – Resolução com 10 pl/mm; b – Resolução com 20 pl/mm; c – Resolução com 25 pl/mm; d – Resolução com 40 pl/mm.

#### 4.4. Avaliação das imagens

Foram obtidas 576 imagens que foram exportadas para o software Adobe Photoshop® Cs3 Extended (*Adobe Systems Incorporated*, Estados Unidos), em um monitor LG, LCD (*Liquid Crystal Display*), 21,5” e com resolução de 1280 X 1024 *pixels* e avaliadas quanto ao diagnóstico de lesão de cárie proximal, por três avaliadores especialistas em Radiologia Odontológica,

previamente treinados e com experiência em imagens digitais. Eram permitidas alterações de brilho, contraste e *zoom*. Os avaliadores assinalavam uma escala de cinco pontos, em relação à presença ou ausência de lesão de cárie: 1 – Definitivamente ausente; 2 – Provavelmente ausente; 3 – Incerteza; 4 – Provavelmente presente e 5 – Definitivamente presente. Quando os observadores assinalavam os pontos provavelmente presente ou definitivamente presente, deveriam indicar em que local a lesão de cárie se encontrava: 1 – Metade externa do esmalte; 2 – Metade interna do esmalte e 3 – Dentina. As avaliações foram realizadas em um ambiente silencioso e escurecido, de forma individual e em momentos distintos. Os examinadores observavam 20 imagens por dia, a fim de evitar a fadiga visual. Uma segunda avaliação foi realizada com intervalo de 15 dias, sob os mesmos parâmetros, para avaliar a reprodutibilidade do método.

#### **4.5. Obtenção do Padrão Ouro (*Gold Standard*)**

Após a obtenção das imagens, todos os dentes tiveram suas raízes seccionadas em cortadeira metalográfica (*Low Speed Diamond Nheel saw*, South Bay Technology Inc., California, EUA), dotado de disco de diamante modelo 650 (Figuras 5, 6 e 7), sob contínua refrigeração e as coroas infiltradas em resina acrílica autopolimerizável (VipiCril, Vipi, São Paulo, Brasil) por aproximadamente 3 horas. Uma bomba a vácuo (Tecnal, Brasil) foi utilizada para facilitar esse processo (Figura 8). Após essa etapa, os dentes foram incluídos em metacrilato (Peróxido de benzoíla em resina acrílica) a 5%, em moldes metálicos de inclusão (Figuras 9, 10 e 11). A seguir, os moldes foram colocados em geladeira, para que se evitassem bolhas durante a polimerização.

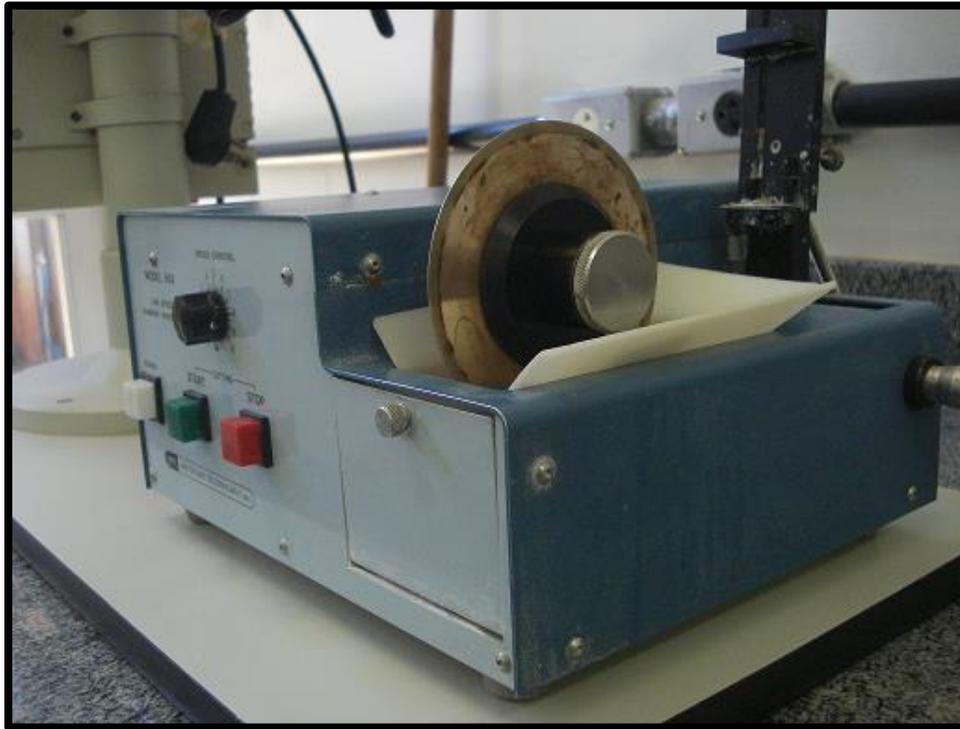


Figura 5. Cortadeira metalográfica.

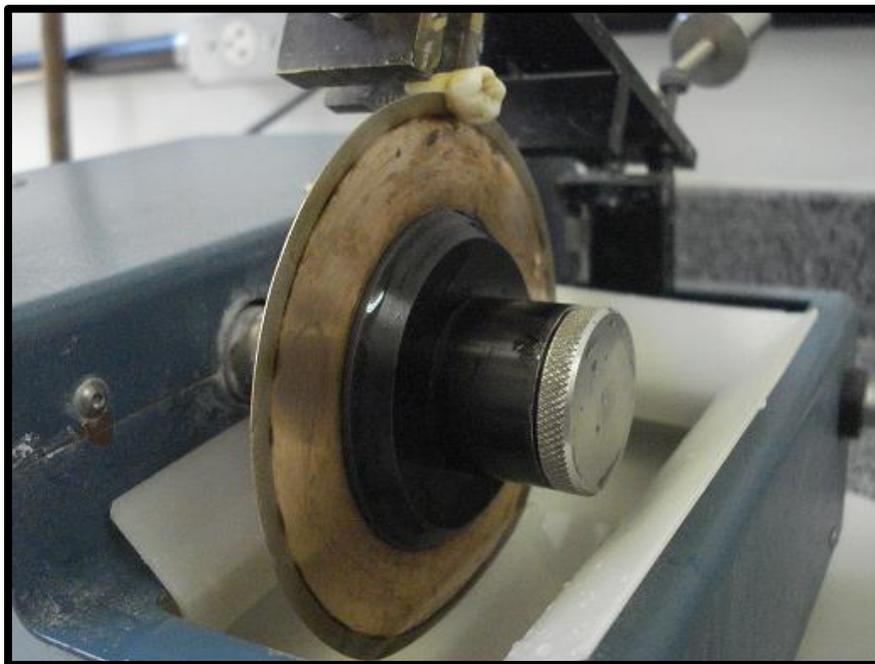


Figura 6. Disco de diamante da cortadeira metalográfica, com um dente molar posicionado para a secção.

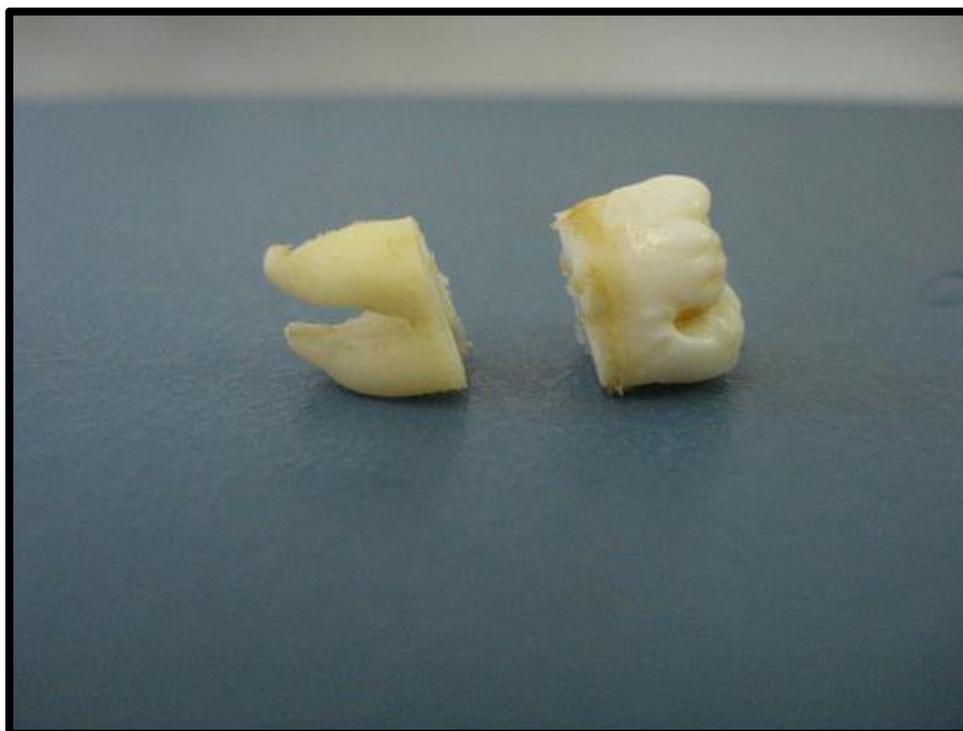


Figura 7. Dente seccionado



Figura 8. Bomba á vácuo para a infiltração em resina acrílica autopolimerizável.



Figura 9. Molde metálico (vista superior).



Figura 10. Molde metálico (vista lateral)



Figura 11. Dente incluído no molde metálico com metacrilato.

Após a polimerização (Figuras 12 e 13), os blocos foram posicionados na cortadeira metalográfica e os dentes cortados longitudinalmente no sentido mesio-distal, utilizando um disco de diamante de 300 $\mu$ m (Figura 14). Uma média de 2 a 4 cortes eram realizados por bloco (Figura 15) e quando a lesão de cárie estava presente, escolhia-se o corte no qual essa se apresentava mais profunda. Depois do corte escolhido, esses eram desgastados com lixas d'água de granulação 600 e 2000 (3M do Brasil Ltda, Brasil), até apresentarem espessura que possibilitasse a montagem dos cortes em lâminas. Nesta fase, alguns dentes sofreram injúrias e precisaram ser excluídos, o que totalizou 126 dentes ao fim deste processo.

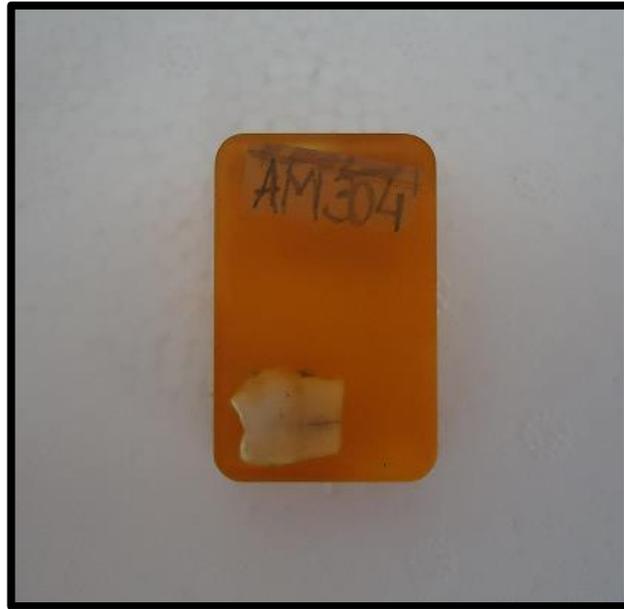


Figura 12. Bloco preparado para o corte (vista superior)



Figura 13. Bloco preparado para o corte (vista lateral)

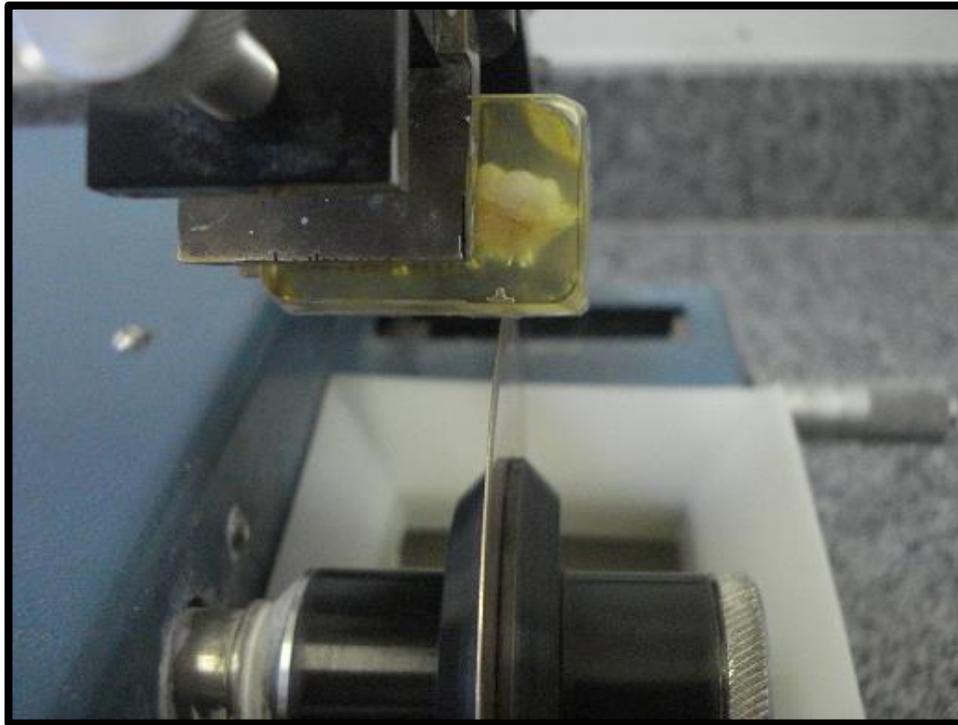


Figura 14. Bloco posicionado para o corte



Figura 15. Bloco seccionado para a obtenção das lâminas

Os cortes foram lavados em água e montados em lâminas de vidro. O Entellan® (Merck, Brasil) foi utilizado como adesivo para as lamínulas.

#### **4.6. Avaliação das imagens**

Após a referida fase, dois avaliadores devidamente treinados para a observação desses tipos de imagens, examinaram as lâminas (Figura 16) em microscópio de polarização Leica DMLP (Leica Microsystems Inc., Wetzlar, Alemanha). Os avaliadores assinalavam uma escala de presença ou ausência para as lesões de cárie, onde: 0 – Ausente e 1 – Presente e a localização: 1 – Metade externa do esmalte; 2 – Metade interna do esmalte e 3 – Dentina. Nos casos de discordância, o consenso forçado era realizado. Lesões de cárie foram definidas como presentes, quando uma área de coloração branco-opaca ou castanha foi observada na superfície proximal do dente seccionado. O software utilizado para as avaliações foi o Leica Application Suite (*Leica Microsystems* Ltda, Suíça).

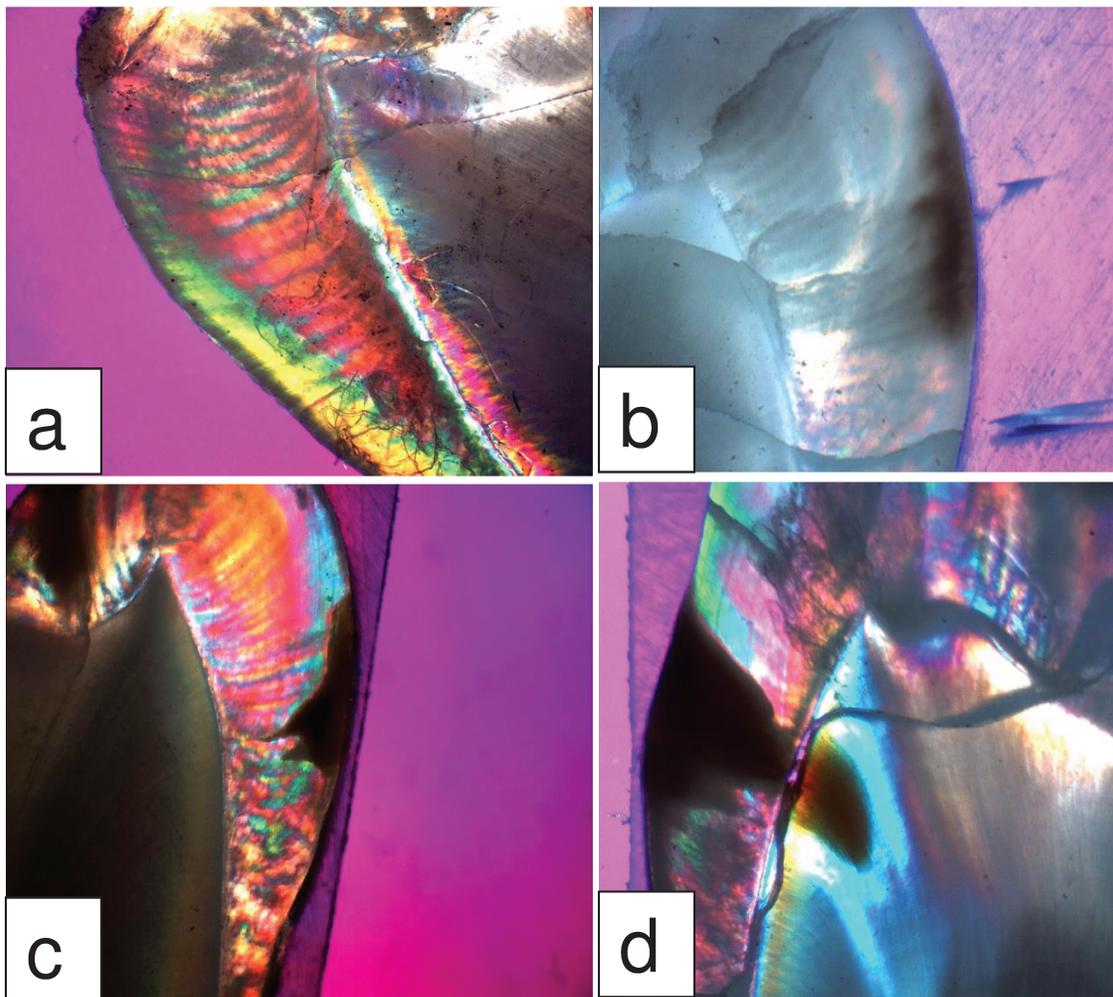


Figura 16. Avaliação histológica dos dentes seccionados (aumento 5X): a – superfície hígida; b – superfície com lesão de cárie na metade externa do esmalte; c – superfície com lesão de cárie na metade interna do esmalte; d – superfície com cárie em dentina.

#### 4.7. Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente pelo teste Kappa, a fim de calcular o grau de concordância inter e intra-examinadores. Para avaliar o desempenho dos avaliadores e dos sistemas na detecção das lesões cariosas proximais em esmalte e dentina, obtiveram-se áreas sob a curva ROC (*Receiver operating characteristic*), que representam a eficiência da modalidade de diagnóstico. Foram realizadas ainda, análises de variâncias (ANOVA) comparando

a sensibilidade, especificidade, acurácia, valores preditivos positivos e preditivos negativos entre as resoluções.

## 5 RESULTADOS

A avaliação histológica revelou que a amostra era composta por 252 superfícies dentárias, sendo: 132 (52%) superfícies hígidas, 27 (10%) superfícies com lesão de cárie na metade externa do esmalte, 45 (17%) na porção interna do esmalte e 48 (19%) em dentina.

Os valores médios para os coeficientes do kappa intra-observadores variaram de 0,31 a 0,66, obtendo-se nível de fraco a bom. Já para a análise inter-observadores os resultados médios variaram de 0,38 a 0,57 (nível fraco a moderado). (Tabela 2). Valores de kappa, de acordo com Landis e Koch (1977).

Tabela 2. Valores de kappa para intra-examinador e inter-examinador

Análise intra-examinador		Análise inter-examinador	
Av.1	0,66	Av.1 X Av.2	0,57
Av.2	0,44	Av.1 X Av.3	0,42
Av.3	0,31	Av.2 X Av.3	0,38

A tabela 3 mostra os valores de sensibilidade, especificidade, acurácia, valor preditivo positivo, preditivo negativo e erro padrão, para os quatro tipos de resolução de imagem. Os valores não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabela 3. Valores de Sensibilidade, especificidade, acurácia, valor preditivo positivo (VPP) e preditivo negativo (VPN) para as quatro resoluções.

Resolução	Sensibilidade	Especificidade	Acurácia	VPP	VPN	Erro padrão
10 pl/mm	0,56	0,78	0,68	0,72	0,66	0,0549
20 pl/mm	0,61	0,76	0,69	0,7	0,67	0,0556
25 pl/mm	0,57	0,76	0,67	0,68	0,66	0,0563
40 pl/mm	0,62	0,7	0,66	0,66	0,65	0,0568

$p > 0,05$  para todas as resoluções

A tabela 4 expõe valores dos resultados falso-positivos para cada resolução espacial.

Tabela 4. Resultados falso – positivos.

Resolução	Falso - positivo
10 pl/mm	0,22
20 pl/mm	0,24
25 pl/mm	0,24
40 pl/mm	0,3

Os valores da área sob a curva ROC para todas as resoluções de imagem estão listadas na Tabela 5. As áreas sob a curva variaram de 0,717 a 0,746. Não houve diferenças significativas pela análise de variância, assim, a curva ROC não foi influenciada pela resolução, indicando que as resoluções são semelhantes entre si.

A Figura 17 mostra o gráfico das curvas ROC para todas as resoluções conjuntamente.

Tabela 5. Valores de Az para as quatro resoluções espaciais

Resolução	Área
10 pl/mm	0,717
20 pl/mm	0,745
25 pl/mm	0,746
40 pl/mm	0,726

p>0,05 para todas as resoluções

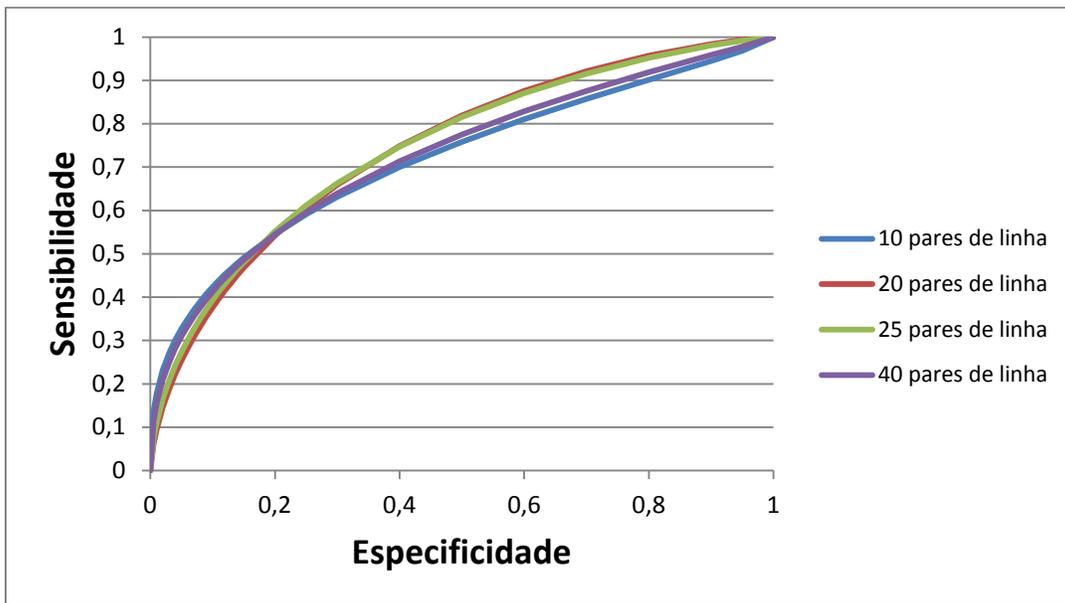


Figura 17. Curvas ROC para os quatro tipos de resolução de imagem.

## 6 DISCUSSÃO

A lesão cariiosa está entre as patologias mais comumente encontradas nas clínicas odontológicas, com uma alta incidência dentro da população, necessitando de um diagnóstico precoce e preciso, para que o clínico possa conhecer a exata profundidade das lesões, a fim de determinar o tipo de tratamento mais adequado, assim como seu planejamento. O exame radiográfico é um complemento necessário para o exame clínico, pois ao mesmo tempo em que algumas lesões podem ser visíveis e de fácil acesso levando a um diagnóstico rápido, outras não são detectadas visualmente, principalmente quando localizadas nas superfícies proximais, exigindo a análise radiográfica para confirmar o diagnóstico (Rocha et al., 2005). E mesmo com toda a evolução dos sistemas radiográficos e softwares, as lesões proximais ainda são muito difíceis de serem detectadas radiograficamente (Senel et al., 2010).

Estudos como os de (Espelid et al., 1994; Hintze et al., 1996 e Naitoh et al., 1998) demonstraram que, para a qualidade da imagem radiográfica ser avaliada, outros fatores como a acuidade visual do observador, a formação profissional e a experiência clínica também devem ser considerados. Rocha et al. em 2005, compararam dois sistemas digitais de armazenamento de fósforo e filme convencional para verificar a concordância interexaminadores em diagnóstico de lesões cariosas oclusais e proximais. Quando o teste Kappa foi utilizado para avaliar a concordância entre os estudantes de radiologia, os valores variaram de 0,44 a 0,55, obtendo concordância moderada. Entre os estudantes de radiologia e um radiologista, variaram de 0,38 a 0,54, obtendo nível fraco a moderado. Nesse estudo, os autores destacaram que quando existiam dúvidas na interpretação radiográfica, os estudantes preferiam sugerir ausência de lesões, enquanto o radiologista preferia propor presença de cavidades. Os autores sugeriram que os resultados estavam ligados ao fato de que pela falta de experiência e confiança, os alunos preferiram não sugerir patologia e, conseqüentemente, mais diagnósticos falso-negativos apareceram. O profissional, pelo contrário, por estar

em maior contato com os exames, teve tendência em procurar algo diferente da normalidade, preferindo sugerir mais diagnósticos falso-positivos. No nosso estudo, houve uma tendência de se aumentar o diagnóstico de falso-positivos pelos avaliadores, com o aumento da resolução. Os resultados para 10pl/mm, 20pl/mm, 25pl/mm e 40pl/mm foram, 0,22, 0,24, 0,24 e 0,30, respectivamente. Tal resultado pode ser explicado com base nos achados obtidos por Janhom et al. (2001) e Ferreira et al. (2006), em que os autores afirmaram que quando há uma diminuição dos tamanhos do *pixel*, o nível sinal-ruído aumenta, podendo causar um maior erro no diagnóstico de superfícies hígidas. A determinação correta das faces hígidas é importante na rotina clínica, pois um resultado falso-positivo pode determinar a realização de tratamento invasivo, desnecessário e dispendioso resultando em desgaste de tecido hígido e, conseqüentemente, o início do ciclo reparador.

No estudo de Berkhout et al.(2007), o resultado de kappa foi 0,27 quando foram comparados os sistemas Planmeca Dixi2, Gendex Visualix HDI, Dürr VistaScan e Digora Optime. Já no estudo de Senel et al. (2010), quando o filme convencional (Kodak E speed), sensor do tipo CCD (Progeny Vision DX) e PSP (Digora Optime) além da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC- ILUMA ultra cone beam CT scanner) foram comparados, os valores de kappa inter-observadores para a detecção de lesões cariosas proximais, variaram de 0,80 a 0,84. Hellén-Halme et al. (2013) estudaram diferentes configurações de monitores e iluminação do ambiente: monitores ajustados para ambientes com alta luminosidade, baixa luminosidade e ambientes escuros, para o diagnóstico de lesões cariosas proximais. Os valores de kappa intra-observadores foram fracos (0,35 e 0,38) para dois avaliadores, moderados (0,48; 0,51 e 0,57) para três avaliadores e bom (0,67 e 0,69) para dois avaliadores.

No presente estudo, os avaliadores eram alunos de mestrado e doutorado em Radiologia Odontológica com experiência mínima de três anos em diagnóstico de lesões de cárie em sistemas digitais e apresentaram valores de kappa intra-avaliadores entre 0,31 a 0,66, obtendo-se nível fraco a bom. Já, os

valores inter-avaliadores, variaram de 0,38 a 0,57, alcançando nível fraco a moderado. As diferenças nos valores de kappa intra e inter-observadores, entre os diferentes estudos, podem estar relacionadas à experiência do observador, qualidade da imagem radiográfica, condições de visualização e delineamento da pesquisa, todos os quais são fatores importantes na determinação da concordância entre os avaliadores (Senel et al., 2010). No corrente estudo os avaliadores possuíam experiência com o sistema digital empregado e no diagnóstico de lesões cariosas, as avaliações foram realizadas em ambiente escurecido e com a possibilidade de modificação de brilho e contraste das imagens. Os valores de kappa podem ser explicados pela dificuldade inerente ao diagnóstico de lesão de cárie, principalmente nos seus estágios iniciais e quando a lesão está localizada em esmalte. Neste estudo esse tipo de lesão representou 27% da amostra.

Pontual et al. (2010) afirmaram que as imagens radiográficas precisam ser relativamente densas e com um bom contraste para proporcionar uma base ótima para a detecção das lesões cariosas proximais. O diagnóstico dessas lesões ocorre quando a diferença de densidade entre os tecidos duros do dente e sua desmineralização é detectada pelos métodos radiográficos, como resultado das interações entre os raios X e os minerais presentes na estrutura dentária. Nas lesões proximais em esmalte, o limite entre o tecido sadio e patológico pode apresentar baixo contraste radiográfico dificultando a sua percepção. Os mesmos autores em 2013 reiteraram que para o sucesso da detecção de lesões cariosas, as imagens radiográficas digitais precisam fornecer: contraste, brilho e alta densidade e que valores de *pixel* podem afetar os valores de densidade das imagens, interferindo na percepção das lesões de cárie. Em contraste, Schulte et al. (2008) afirmaram que a interpretação das imagens nos sistemas de placas de fósforo pode ser dificultada devido a uma maior resolução de contraste, o que pode deixar a imagem mais acinzentada.

Existem na literatura, muitos estudos que comparam as radiografias convencionais com as digitais para o diagnóstico de lesões cariosas (Hintze et al.

2002; Rocha et al., 2005; Ferreira et al., 2006; Haiter-Neto et al., 2008; Rockenbach et al., 2008; Pontual et al., 2010; Senel et al., 2010; Kayipmaz et al., 2011; Abesi et al., 2012; dos Anjos Pontual et al., 2013). Todos eles demonstraram que as radiografias digitais possuem o mesmo valor de diagnóstico que as imagens convencionais.

Ainda assim, novos métodos de diagnóstico devem ser testados para poderem ser introduzidos na prática clínica. A realização de estudos *in vitro* contribui para a melhoria de modelos já existentes ou construção de novos métodos. Avaliando se os resultados obtidos por testes *in vitro* são semelhantes aos achados *in vivo*, Li et al. (2010) radiografaram 39 dentes antes e após as extrações, utilizando o sistema digital Digora Optime, e concluíram que a acurácia na detecção de lesões cariosas proximais *in vitro* é representativa da condição clínica real.

No presente estudo, empregou-se como teste as resoluções espaciais do sistema digital VistaScan, com possibilidade de escolha entre as resoluções no momento do escaneamento das placas. Os valores de sensibilidade entre as resoluções variaram de 0,56 a 0,62, com média de 0,59. Os valores de sensibilidade do exame radiográfico no diagnóstico de lesões cariosas proximais indicam que uma parte das lesões da amostra não foi detectada pelo sistema digital, o que pode ser explicado pela maior parte da amostra ser constituída de lesões cariosas restritas ao esmalte. Estes resultados estão de acordo com os de Rocha et al. (2005), que obtiveram valores que variaram de 0,56 a 0,64 para o sistema Denoptix; Schulte et al. (2008), que alcançaram valores que variaram de 0,41 a 0,53 para o sistema Digora e 0,46 a 0,53 para o sistema VistaScan; Rockenbach et al. (2008), que apresentaram valores de 0,56 para o sistema Denoptix e 0,51 para o sistema Digora e Abesi et al. (2012), que encontraram valores de sensibilidade para o Digora PCT de 0,55. Os valores de sensibilidade do presente estudo são muito superiores que os encontrados no estudo de Haiter-Neto et al. (2007), no qual os valores foram de 0,15 para Digora FMX e 0,22 para o Digora Optime; de Haiter-Neto et al. (2008), no qual o valor apresentado para o

Digora FMX foi de 0,17 e de Pontual et al. (2010), em que os valores para Digora placa azul foram de 0,14, Digora placa branca de 0,15 e Denoptix de 0,16. A explicação para essa diferença pode estar ligada ao sistema que foi utilizado no presente estudo, no qual utilizamos o sistema digital VistaScan da Dürer *Company* e os estudos supracitados que utilizaram os sistemas Digora e Denoptix.

Comparando-se os valores médios de acurácia entre as quatro resoluções (Tabela 4), o resultado da análise de variância, ao nível de significância de 5%, mostrou que não houve diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as resoluções de imagem para o diagnóstico de lesões cariosas proximais estudadas. Os valores de  $A_z$  variaram de 0,71 a 0,74, com média de 0,73. Resultados análogos foram encontrados nos estudos de Hintze et al. (2002), que apresentaram valores de  $A_z$  que variaram de 0,65 a 0,69 para os sistemas Denoptix, Cd-Dent, Digora placa azul e placa branca; Li et al. (2008), expuseram valores médios de  $A_z$  de 0,59 e 0,71 para VistaScan com 10pl/mm e 20pl/mm respectivamente, 0,70 para Digora FMX com 7,8 pl/mm, 0,74 para Digora Optime com 7,8 e 12,5 pl/mm respectivamente. Em comparação a esses resultados, os valores encontrados no presente estudo podem ser considerados de satisfatório a bom. Porém, Ferreira et al. (2006) encontraram valores de  $A_z$  que variaram de 0,89 a 0,91. No entanto, tais autores utilizaram desmineralizações induzidas, o que poderia provocar uma maior evidência das lesões, diferentemente das outras pesquisas em que as lesões cariosas eram naturais, podendo acarretar maior dificuldade de diagnóstico.

Os valores de especificidade neste estudo variaram de 0,70 a 0,78, estando de acordo com os valores encontrados por Rockenbach et al. (2008), em que os valores para o sistema Denoptix foram de 0,78 e para o Digora, 0,85. Porém mais baixos que os achados por Rocha et al. (2005), que observaram valores que variaram de 0,93 a 0,96 para o sistema Digora e 0,86 a 1,0 para o sistema Denoptix; Haiter-Neto et al. (2007), que encontraram valores de 0,91 para o sistema Digora FMX e 0,85 para o Digora Optime; Pontual et al. (2010), os quais observaram valores de 0,93 para o Digora placa azul, 0,94 para Digora placa

branca e 0,89 para Denoptix; Abesi et al. (2012), que revelaram valor igual a 1,0 para o sistema Digora PCT. Os resultados do presente estudo mostram que o sistema utilizado apresentou uma menor eficiência em diagnosticar superfícies hígidas ou ausência da lesão do que os utilizados por Rocha et al. (2005); Haiter-Neto et al. (2007); Pontual et al. (2010) e Abesi et al. (2012).

Filtros de realce, aumento da resolução de contraste e da resolução espacial são diferentes ferramentas que têm sido aplicadas para melhorar as imagens digitais, permitindo uma maior precisão de diagnóstico. A resolução espacial é um dos parâmetros empregados para descrever a qualidade de imagem. Sugere-se que quanto maior for a resolução espacial de um sistema, mais detalhes serão observados na imagem radiográfica final (White & Pharoah, 1999).

Attaelmanan et al. (2000) e Janhom et al. (2001) realizaram estudos em que determinaram quais resoluções seriam ideais para a digitalização de radiografias intra-orais. Os primeiros avaliaram radiografias de uma forma geral, sem um tipo de lesão específica, já os segundos avaliaram radiografias interproximais na detecção de lesões cáries proximais. As configurações dos *scanners* utilizados nas pesquisas (200, 400, 600 ppi e 150, 300 e 600 dpi, respectivamente), foram escolhidas por se assemelharem à resolução dos *scanners* dos sistemas digitais intra-orais. Os estudos concluíram que o uso das resoluções máximas para a digitalização não foi necessário, pois imagens com qualidades satisfatórias foram obtidas com resoluções médias e até mínimas, não havendo perda de informação e uma maior capacidade de armazenamento. Isso ratifica o que foi encontrado em nosso estudo, em que as imagens obtidas com a menor resolução (10pl/mm) não diferiram das de maior resolução (40pl/mm) na detecção de lesão cáries e ocupavam um espaço de 426 *kbytes*, enquanto as imagens com resolução maior geraram arquivos 18 vezes maiores, com 7,8 *megabytes*. Assim como não houve diferença no diagnóstico de lesões de cárie, o uso de imagens com altas resoluções não se justificam.

Imagens com alta resolução espacial ocupam maiores espaços de armazenamento, o seu envio online pode ser prejudicado devido ao tamanho do arquivo, exige maior demanda de tempo para o aparecimento da imagem no monitor, além de tempos de escaneamentos maiores. No vigente estudo, para a resolução de 10pl/mm, 20pl/mm, 25pl/mm e 40pl/mm, os tempos de escaneamento foram de 7, 15, 24 e 31 segundos respectivamente, levando-se mais que o triplo de tempo entre a resolução mais baixa e a mais alta, fator muito importante na rotina da clínica odontológica em que se realizam várias radiografias ao decorrer do dia.

Wenzel et al. (2007) avaliaram 160 superfícies proximais: existiam 63% de superfícies híginas, 31% de lesões cariosas em esmalte e 6%, em dentina. No corrente estudo, foram avaliadas 252 superfícies proximais: com 52% de superfícies híginas, 27% de lesões cariosas em esmalte e 19% em dentina. Os valores de sensibilidade do estudo de Wenzel et al. foram de 0,16 e 0,24, de especificidade de 0,92 e 0,90, 0,63 e 0,64 para a predição positiva e 0,65 e 0,67 para a predição negativa, com os sistemas VistaScan 8-bit *high resolution* (20 pl/mm) e 8-bit *max resolution* (40pl/mm), respectivamente. Os extremos valores de sensibilidade e especificidade, os autores atribuíram à falha do sistema em detectar lesões incipientes em esmalte, que consistia na maior parte da amostra. No presente estudo, apesar da maioria das lesões se encontrarem também em esmalte, a maioria delas se localizava na metade interna (17%), contra 10% das localizadas na metade externa. Os valores para a predição negativa foram idênticos ao presente estudo, os nossos resultados de predição positiva, se apresentaram levemente mais elevados (0,66 a 0,72).

Berkhout et al., em 2007, compararam a acurácia de 4 sistemas digitais (Planmeca Dixi 2; Gendex Visualix HDI; Dürr VistaScan; Digora Optime) com configurações do tipo *high-resolution* e *standard resolution*, nesta ordem: Dixi 2, com 26 e 13pl/mm; Gendex, com 22,7 e 11,4pl/mm; VistaScan com 20 e 10pl/mm e Digora com 12,5 e 7,8 pl/mm, para o diagnóstico de lesões de cárie. Os autores trabalharam com probabilidade de acertos e erros para o diagnóstico de lesões

cariosas e observaram que não há maior precisão para o diagnóstico de lesões de cárie, quando se usam os dois tipos de configurações. Relataram ainda que as lesões cariosas localizadas na junção amelo-dentinária e em dentina são subestimadas pelo sistema VistaScan: houve uma baixa probabilidade de um correto diagnóstico para ambas as lesões e uma alta probabilidade de diagnóstico falso-positivo para a detecção de superfícies híbridas e lesões em esmalte. Os resultados da presente pesquisa vêm corroborar com os acima apresentados, pois também não evidenciaram diferenças entre as resoluções, e que os sistemas em geral subestimam as profundidades das lesões cariosas.

Li et al. (2008) também investigaram o efeito da resolução espacial das placas de armazenamento de fósforo para a detecção de lesões cariosas proximais, com diferentes sistemas de imagens digitais, entre eles o Digora FMX com 7,8pl/mm; Digora Optime com 7,8pl/mm (*High resolution*) e 12,5pl/mm (*Super resolution*); e Dürr VistaScan com 10pl/mm (*Standard resolution*) e 20pl/mm (*Fine resolution*), respectivamente. O valor médio de  $A_z$  para as radiografias obtidas com 10pl/mm no sistema VistaScan foram de 0,59, indicando que a tomada de decisão foi aleatória. Já para as radiografias obtidas com 20pl/mm foi de 0,71. No presente estudo, o valor de  $A_z$  para 20pl/mm foi de 0,72, mostrando conformidade com o estudo discutido, porém o valor de  $A_z$  para 10pl/mm se apresentou maior, com valor de 0,71. Assim, concordamos com os autores quando afirmaram que o aumento na resolução espacial por si só não está relacionado com uma melhor detecção de lesões cariosas proximais e que um fator muito importante para detectar os detalhes da imagem radiográfica é o sistema visual do ser-humano, já que para um observador com visão normal, os níveis de cinza perceptíveis não passam de 100 (Hellén-Halme et al., 2013). Com isso, mesmo um receptor de imagem com alta resolução espacial com a capacidade de oferecer imagens com alto detalhe e pequeno contraste, o olho humano não seria capaz de visualizá-los.

Examinando a resolução espacial de filmes odontológicos intra-orais quando vistos a olho nu, com uma ampliação óptica de duas vezes e no monitor de um computador depois de digitalizados, Kunzel et al. (2003) demonstraram que

a melhor resolução detectável foi conseguida por meio da digitalização, atingindo uma média de até 16 pl/mm. Com a imagem aumentada em 2X, uma média de até 13,3 pl/mm poderia ser vista, enquanto que apenas 11,7 pl/mm poderiam ser visualizados a olho nu. Sustentando-se no fato que o diagnóstico radiológico de lesões cariosas é baseado em uma diminuição de densidade das zonas desmineralizadas, essas áreas podem ser mais afetadas pelas escalas de cinza e ruído e não tanto pela resolução espacial. Os autores afirmaram que a resolução espacial vista a olho nu é comparável a resoluções fornecidas pelos sistemas digitais do tipo CCD. Para os sistemas que utilizam as placas PSP e baseado nos resultados, pode-se imaginar que não haverá diferença ao se comparar as imagens dos sistemas digitais com placas PSP e filmes convencionais a olho nu ou imagens digitalizadas.

Existem ainda estudos que comparam diferentes resoluções de imagem para o diagnóstico de lesões cariosas, utilizando Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC). Apesar de não ser o enfoque do presente estudo, os estudos de Haiter-Neto et al. (2008); Kamburoglu et al. (2010) e Cheng et al. (2012) mostram que o tipo de resolução espacial utilizado nas imagens tomográficas também não apresenta qualquer efeito sobre a precisão de diagnóstico de lesões cariosas proximais.

Deve-se enfatizar que segundo Berkhout et al. (2007) e Abesi et al. (2012), os pares de linha/mm não são o único parâmetro que determina a resolução espacial efetiva dos receptores de imagem. A escala de cinza, o ruído, a dose de radiação e a radiação secundária também afetam a aparência final da imagem radiográfica. Além disso, o presente estudo tratou somente do diagnóstico radiográfico de lesões de cárie, não excluindo que outros diagnósticos como os de fratura radiculares verticais, fraturas radiculares longitudinais, lesões periapicais e lesões ósseas possam sofrer influências das diferentes resoluções assim como outros equipamentos e outros softwares.

## **7 CONCLUSÃO**

Por não haver diferença estatisticamente significativa entre as quatro resoluções espaciais testadas do sistema digital Vistascan, concluímos que imagens com baixas resoluções podem ser utilizadas para o diagnóstico de lesões cariosas proximais.

## REFERÊNCIAS

Abesi F, Mirshekar A, Moudi E, Seyedmajidi M, Haghanifar S, Haghghat N, et al. Diagnostic accuracy of digital and conventional radiography in the detection of non-cavitated approximal dental caries. *Iran J Radiol.* 2012; 9 (1): 17-21.

Attaelmanan A, Borg E, Gröndahl HG. Digitisation and display of intra-oral films. *Dentomaxillofac Radiol.* 2000; 29 (2): 97-102.

Berkhout WER , JGC Verheij, K Syriopoulos, G Li, GCH Sanderink and PF van der Stelt. Detections of proximal caries with high resolution and standard resolution digital radiographic systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2007; (36): 204-210.

Cayley AS, Holt RD. The influence of audit on the diagnosis of occlusal caries. *Caries Res.* 1997;31(2): 97-102.

Cheng JG, Zhang ZL, Wang XY, Zhang ZY, Ma XC, Li G. Detection accuracy of proximal caries by phosphor plate and cone-beam computerized tomography images scanned with different resolutions. *Clin Oral Investig.* 2012; 16(4): 1015-21.

Colak H, Dülgergil CT, Dalli M, Hamidi MM. Early childhood caries update: A review of causes, diagnoses, and treatments. *J Nat Sci Biol Med.* 2013; 4(1): 29-38.

dos Anjos Pontual A, de Melo DP, Pontual ML, de Almeida SM, Haiter-Neto F. Comparative study of a wireless digital system and 2 PSP digital systems on proximal caries detection and pixel values. *Gen Dent.* 2013; 61(6): 56-60

Ekstrand KR, Luna LE, Promisiero L, Cortes A, Cuevas S, Reyes JF, *et al.* The reliability and accuracy of two methods for proximal caries detection and depth on directly visible proximal surfaces: an in vitro study. *Caries Res.* 2011; 45(2): 93-99.

Espelid I, Tveit AB, Fjelltveit A. Variations among dentists in radiographic detection of occlusal caries. *Caries Res.* 1994; 28(3): 169-175.

Fejerskov O. Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care. *Caries Res.* 2004;38(3): 182-191.

Ferreira RI, Haiter-Neto F, Tabchoury CP, de Paiva GA, Bóscolo FN. Assessment of enamel demineralization using conventional, digital, and digitized radiography. *Braz Oral Res.* 2006; 20(2): 114-119.

Haiter-Neto F, dos Anjos Pontual A, Frydenberg M, Wenzel A. A comparison of older and newer versions of intraoral digital radiography systems: diagnosing noncavitated proximal carious lesions. *J Am Dent Assoc.* 2007; 138(10): 1353-9.

Haiter-Neto F, Wenzel A, Gotfredsen E. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008; 37(1): 18-22.

Haiter Neto, de Melo, D. . Radiografia Digital. *Revista da ABRO (Baurú)*, 11: 5-17, 2010;

Hellén-Halme K, Lith A. Carious lesions: diagnostic accuracy using pre-calibrated monitor in various ambient light levels: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013; 42(8):20130071.

Hintze H, Wenzel A, Danielsen B, Nyvad B. Reability of visual examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiography, and reproducibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces. *Caries Res.* 1998; 32(5): 204-209.

Hintze H, Wenzel A, Frydenberg M. Accuracy of caries detection with four storage phosphor systems and E-speed radiographs. *Dentomaxillofac Radiol.* 2002; 31(3): 170-175.

Jablonski-Momeni A, Ricketts DN, Stachniss V, Maschka R, Heinzl-Gutenbrunner M, et al. Occlusal caries: Evaluation of direct microscopy versus digital imaging used for two histological classification systems. *J Dent.* 2009; 37(3): cay204-211

Janhom A, van Ginkel FC, van Amerongen JP, van der Stelt PF. Scanning resolution and the detection of approximal caries. *Dentomaxillofac Radiol.* 2001; 30(3): 166-171;

Kamburoğlu K, Murat S, Yüksel SP, Cebeci AR, Paksoy CS. Occlusal caries detection by using a cone-beam CT with different voxel resolutions and a digital intraoral sensor. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109(5): 63-69.

Kalathingal SM, ShROUT MK, Comer C, Brady C. Rating the extent of surface scratches on photostimulable storage phosphor plates in a dental school environment. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010; 39(3): 179-183;

Kayıpmaz S, Sezgin ÖS, Sarıcaoğlu ST, Çan G. An in vitro comparison of diagnostic abilities of conventional radiography, storage phosphor, and cone beam

computed tomography to determine occlusal and approximal caries. *Eur J Radiol*. 2011; 80(2): 478-482.

Künzel A, Scherkowski D, Willers R, Becker J. Visually detectable resolution of intraoral dental films. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003; 32(6): 385-389.

Landis JR, Koch GG. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*. 1977; 33(2): 363-74.

Li G, Berkhout WE, Sanderink GC, Martins M, van der Stelt PF. Detection of in vitro proximal caries in storage phosphor plate radiographs scanned with different resolutions. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008; 37(6): 325-329;

Li G, Qu XM, Chen Y, Zhang J, Zhang ZY, Ma XC. Diagnostic accuracy of proximal caries by digital radiographs: an in vivo and in vitro comparative study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010; 109(3): 463-7.

Melo DP, Dos Anjos Pontual A, de Almeida SM, Campos PS, Alves MC, Tosoni GM. Effect of alternative photostimulable phosphor plates erasing times on subjective digital image quality. *Dentomaxillofac Radiol*. 2010; 39(1): 23-7.

Naitoh M, Yuasa H, Toyama M, Shiojima M, Nakamura M, Ushida M, et al. Observer agreement in the detection of proximal caries with direct digital intra-oral radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; (85); 107-112;

Parks ET, Williamson GF. Digital radiography: an overview. *J Contemp Dent Pract*. 2002 15; 3(4): 23-39.

Pontual AA, de Melo DP, de Almeida SM, Bóscolo FN, Haiter Neto F. Comparison of digital systems and conventional dental film for the detection of approximal enamel caries. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010; 39(7): 431-6.

Rasmus TF. Caries, periodontal disease, and periapical changes. *Dent Clin North Am* 1994; 38 (1): 13-31;

Rocha AS, Almeida SM, Bóscolo FN, Haiter Neto F. Interexaminer agreement in caries radiographic diagnosis by conventional and digital radiographs. *J Appl Oral Sci.* 2005; 13(4): 329-333.

Rockenbach MI, Veeck EB, da Costa NP. Detection of proximal caries in conventional and digital radiographs: an in vitro study. *Stomatologija.* 2008; 10(4):115-120.

Schulte AG, Wittchen A, Stachniss V, Jacquet W, Bottenberg P. Approximal caries diagnosis after data import from different digital radiography systems: interobserver agreement and comparison to histological hard-tissue sections. *Caries Res.* 2008; 42(1): 57-61.

Senel B, Kamburoglu K, Uçok O, Yüksel SP, Ozen T, Avsever H. Diagnostic accuracy of different imaging modalities in detection of proximal caries. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010; 39(8): 501-511.

Wenzel A, Haiter-Neto F, Gottfredsen E. Influence of spatial resolution and bit depth on detection of small caries lesions with digital receptors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; 103(3): 418-422.

Wenzel A, Hintze H. Comparison of microscopy and radiography as gold standards in radiographic caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28(3): 182-185.

Wenzel A, Hintze H. The choice of gold standard for evaluating tests for caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28(3): 132-136.

Wenzel A, Møystad A. Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2010; 68(2): 106-114;

White SC, Pharoah MJ (eds). *Oral radiology: principle and interpretation.* (4th edn). St Louis, MO: Mosby Inc., 1999; pp 79–82.

White SC, Yoon DC. Comparative performance of digital and conventional images for detecting proximal surface caries. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26(1): 32-38.

# ANEXO 1: Aprovação do Protocolo de Pesquisa pelo Comitê de Ética da FOP-UNICAMP



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



## CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "**Comparação de diferentes tipos de resolução de imagem em sistemas digitais para diagnóstico de cárie**", protocolo nº 145/2012, dos pesquisadores Liana Matos Ferreira e Francisco Haiter Neto, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 23/02/2013.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project "**Comparison of different types of image resolution in digital systems for the diagnosis of caries**", register number 145/2012, of Liana Matos Ferreira and Francisco Haiter Neto, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 02/23/2013.

**Prof. Dr. Felipe Bevilacqua Prado**  
Secretário  
CEP/FOP/UNICAMP

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

Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.  
Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.