

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
NÍVEL MESTRADO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CLÍNICA ODONTOLÓGICA  
ÊNFASE RADIOLOGIA

**AVALIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE LESÕES DE CÁRIE PROXIMAL POR  
EXAMES CLÍNICO, RADIOGRÁFICO COM USO DE FILTRO DIGITAL DE  
COR E DE SECÇÕES HISTOLÓGICAS DIGITALIZADAS EM SCANNER.**

**Naiara Leites Larentis**

Porto Alegre, 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
NÍVEL MESTRADO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CLÍNICA ODONTOLÓGICA  
ÊNFASE RADIOLOGIA

Linha de Pesquisa: Diagnóstico de Afecções Buco-Faciais

**AVALIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE LESÕES DE CÁRIE PROXIMAL POR  
EXAMES CLÍNICO, RADIOGRÁFICO COM USO DE FILTRO DIGITAL DE  
COR E DE SECÇÕES HISTOLÓGICAS DIGITALIZADAS EM SCANNER.**

Naiara Leites Larentis

Orientadora: Prof. Dra. Vania Regina Camargo Fontanella

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Odontologia, nível Mestrado, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito final para a obtenção do título de mestre em Clínicas Odontológicas, ênfase em Radiologia.

Porto Alegre, dezembro de 2005.

## **AGRADECIMENTOS**



Agradeço a todos que, de uma maneira ou de outra, fizeram parte dessa caminhada e tornaram esse período muito especial na minha vida!

À minha orientadora, **Vania** Fontanella, pela confiança que sempre depositou em mim, desde a época da minha graduação. Obrigada por todas as oportunidades que tens me proporcionado de crescer profissionalmente e pessoalmente, pelo tempo que sempre dispôs para ajudar, por ter sido uma verdadeira Mestra... Mas agradeço principalmente pela amizade. Tens minha total admiração!

À **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, minha “segunda casa”, da qual muito me orgulho, agradeço pela oportunidade de realizar toda a minha formação profissional.

Aos meus pais, **Carlos** e **Vera**, pela confiança e pelas oportunidades de escolha. Ao meu pai, agradeço por todas as noites que eu ganhei na disputa pelo computador. A minha mãe, agradeço pela disponibilidade de sempre tentar ajudar e por toda parafina que ela derreteu para mim... Vocês são pessoas muito especiais! Amo vocês!

Às minhas irmãs **Ariane** e **Carla**. À Ariane agradeço a super proteção de irmã mais velha, sempre preocupada como andava a dissertação, mesmo de longe. À minha irmã Carla, minha colega de profissão e melhor amiga. Por todas as conversas e pela convivência diária que é muito importante para mim.

A toda a minha família em especial à **Cláudia**, minha mais nova irmã emprestada.

À professora **Marisa** Maltz, pela ajuda durante a realização desse trabalho. Uma pessoa que eu admiro muito pela dedicação à pesquisa e pela competência.

Às professoras **Berenice, Clarissa, Juliana e Lina**, pela ajuda na realização desse trabalho e pela agradável companhia no laboratório de Cariologia.

Aos professores e colegas **Aderson e André**, pelo tempo de convivência nessa etapa final, pelos ensinamentos e pela paciência que tiveram, acompanhando e incentivando os meus primeiros passos na atividade docência.

Aos professores **Carlos, Célia e Sérgio**, pela oportunidade de aprender muito perto de vocês!

Ao **Rafael** agradeço principalmente pelo apoio e incentivo que me deu durante toda essa etapa. Agradeço pela paciência de fotografar todos os dentes para mim.

Aos meus colegas de Mestrado por dividirem juntos as alegrias e angústias durante todo curso. Em especial às minhas amigas de convívio diário **Ana Elisa e Fernanda**. A Aninha, agradeço pela oportunidade da realização de mais uma conquista contigo. A Fefê, agradeço pela oportunidade de ter conhecido uma pessoa muito especial!

Agradeço às amigas que moram no meu coração: **Alessandra, Aline, Ana Cândida, Daniela, Fabiane, Flávia, Lúcia, Luhana**. Adoro vocês!

Às novas mestrandas **Juliana, Renata** e, especialmente à **Camila**, pela amizade de muito tempo.

À acadêmica **Débora** Heller, pela troca de idéias e pelas longas conversas no laboratório de Cariologia.

Aos funcionários da Radiologia da UFRGS, **João, Marli, Lovane, Ábeas e Lúcia**, pela ajuda e pela amizade.

Ao **João** Lourenço e **Rodrigo** Badermann, pela criação do programa digital de cor.

À **CAPES**, pelo auxílio financeiro durante a realização do curso.

**RESUMO**

---

---

## RESUMO

Esta dissertação é apresentada sob a forma de dois artigos. O primeiro foi realizado com o objetivo de comparar medidas verticais e horizontais de imagens adquiridas em estereomicroscópio (E) e *scanner* de mesa (S). Para isso, 50 dentes posteriores extraídos de humanos e seccionados no sentido méso-distal foram utilizados. Cada hemi-seção foi fotografada no estereomicroscópio e digitalizada em *scanner* de mesa, com resolução de 230 dpi. No programa Photoshop foram realizadas medições horizontais (H) e verticais (V) de cada hemi-seção, nas imagens obtidas pelos dois métodos, com repetição aleatória de 20% dos casos da amostra. As medidas iniciais e repetidas apresentaram excelente correlação e o teste t para amostras pareadas não evidenciou diferenças significativas ( $p = 0,05$ ) entre elas nos dois métodos. As médias das medidas e seus desvios-padrão foram: horizontais E 8,89 mm  $\pm$  4,30 mm, S 8,89 mm  $\pm$  4,52 mm e verticais E 4,42 mm  $\pm$  2,19 mm, S 4,43 mm  $\pm$  2,19 mm. O teste t para amostras pareadas com nível de significância de 5% demonstrou não haver diferenças significativas entre os dois métodos, tanto para as medidas horizontais ( $p=0,685$ ) quanto para as verticais ( $p=0,299$ ). Conclui-se que o *scanner* de mesa pode substituir o estereomicroscópio na aquisição de imagens de hemi-seções de dentes, com a finalidade de obtenção de medidas horizontais e verticais. O segundo artigo avaliou, *in vitro*, a profundidade de lesões de cárie proximal em dentes posteriores, comparando os exames clínico e radiográfico interproximal, com e sem a aplicação de cores, ao exame histológico. No total, 142 superfícies proximais foram avaliadas clinicamente e radiografadas. Para obtenção do padrão-ouro do estudo o exame histológico com cortes seriado foi realizado e as seções adquiridas, assim como as radiografias, digitalizadas com *scanner* de mesa. A partir da criação de um programa digital, foi possível a aplicação de cores nas imagens radiográficas de maneira padronizada, de acordo com a intensidade de *pixels* de cada superfície. A profundidade das lesões foi aferida por meio de escores e de medidas nas imagens histológicas, radiográficas com e sem o uso de cor em cada superfície da amostra. O programa não foi capaz de identificar superfícies hígidas e lesões em diferentes profundidades no esmalte. Em todas as lesões que apresentavam alteração radiográfica em dentina, os escores atribuídos às imagens radiográficas com aplicação de cores foram 100% concordantes com os escores histológicos. Em relação às lesões que apresentavam histologicamente alteração na metade externa dentina, 55,56% tiveram sua profundidade subestimada, contudo nenhuma era cavidade em dentina. Todas as lesões que apresentavam profundidade histológica na metade interna de dentina apresentavam cavidade em dentina e mostraram a mesma extensão com a aplicação de cor na radiografia, superando os resultados obtidos com a radiografia sem cor. Em relação às medidas de profundidade, quando um desvio-padrão foi subtraído da média de densidade óptica para a aplicação de cores, as medidas resultantes foram ligeiramente menores e não diferiram significativamente daquela do exame histológico de acordo com a Análise de Variância, utilizando o delineamento de blocos casualizados, complementado pelo teste de Comparações Múltiplas de Tukey. O uso de um programa digital que determina de maneira padronizada como cada imagem deve ser colorida auxilia no diagnóstico de lesões de cárie que apresentam extensão histológica em dentina, especialmente aquelas que atinjam a sua porção interna.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cárie Dentária; Radiografia Dentária; Intensificação de Imagem Radiográfica; Microscopia.

***ABSTRACT***

---

---

## ABSTRACT

This study is presented under the form of two papers. The first one had for purpose to compare vertical and horizontal measures using a stereomicroscope (SM) and a flatbed scanner (FS). Fifty extracted human teeth were mesiodistally sectioned. Each section was photographed by stereomicroscopy and digitized by scanning at 230 dpi resolution. The Photoshop software was used to obtain horizontal (H) and vertical (V) measures of each section from images acquired by each of the two methods, with randomized repeated measurement of 20% of the sample cases. Initial and repeated measurements were correlated. Paired *t* test did not reveal any significant differences ( $p = 0.05$ ) between repeated measurements for the two methods. Mean measures and standard deviations were: H - SM = 8.89 mm  $\pm$  4.30 mm, FS = 8.89 mm  $\pm$  4.52 mm; V - SM = 4.42 mm  $\pm$  2.19 mm, FS = 4.43 mm  $\pm$  2.19 mm. Results of paired *t* test (significance level = 5%) did not show any significant differences between the two methods either for horizontal ( $p = 0.685$ ) or vertical ( $p = 0.299$ ) measures. The flatbed scanner can be used in the place of a stereomicroscope in the acquisition of images of tooth sections with the purpose to obtain horizontal and vertical measures. The second in vitro study evaluated the depth of proximal carious lesions in posterior teeth. Results of clinical examinations and interproximal colored or non-colored radiographs were compared with the results of histological examinations. In total 142 proximal surfaces that were evaluated clinically and radiographed. To obtain a validating criterion, serial sections of the specimens were examined histologically. Histological and radiographic images were digitized with a flatbed scanner. A software program was developed to standardize the application of color to radiographic images according to pixel intensity on each surface. Lesion depths were scored and measured on histological images and on colored and non-colored radiographic images of each surface of the sample. The software was unable to identify caries-free regions and lesions extending to different enamel depths. The scores assigned to colored radiographic images were 100% concordant with histological scores for all lesions that reached the dentin on radiographic images. The depth of lesions with histological changes that reached only the external half of the dentin was underestimated in 55.56% of the cases, but none had dentinal caries. Dentinal caries were found for all lesions whose histological results showed that the lesion reached the internal half of dentin. Also, histological measures obtained for all these lesions were the same as those seen on colored radiographs, which yielded better results than non-colored radiographs. Analysis of variance using a randomized block design and followed by the Tukey multiple comparison test showed that when one standard deviation was subtracted from mean optical density for color application, the resulting depth measurement values were slightly lower but did not differ significantly from histological results. The use of software that standardizes the application of color to each image improved the diagnosis of carious lesions that extend into dentin, particularly of those that reach the internal half of the dentin.

**KEYWORDS:** Dental Caries; Radiography, Dental; Radiographic Image Enhancement; Microscopy.

## SUMÁRIO

---

---

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	VIII
<b>ABSTRACT</b> .....	X
<b>SUMÁRIO</b> .....	XII
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	14
<b>ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA</b> .....	16
Diagnóstico de Lesões de Cárie Proximal.....	16
Imagem Digital.....	23
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	32
<b>PROPOSIÇÃO</b> .....	37
<b>ARTIGO 1</b> .....	39
<b>ARTIGO 2</b> .....	53
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	74
<b>ANEXOS</b> .....	77

## **APRESENTAÇÃO**

---

---

## APRESENTAÇÃO

A elaboração de Dissertações e Teses estruturadas na forma de artigos é uma tendência atual observada nos cursos de Pós-Graduação, objetivando trabalhos com um maior aproveitamento científico, prontos para serem enviados à publicação. Assim, essa dissertação é composta por dois artigos, sendo o segundo o objetivo principal de estudo.

A idéia da realização do primeiro artigo surgiu de questões metodológicas importantes para o desenvolvimento do segundo. A partir de uma revisão da literatura foi possível determinar que o método de validação mais acurado para diagnóstico de cárie é o exame histológico de secções seriadas. Além disso, nestas pesquisas, o estereomicroscópio é utilizado para posteriormente avaliar as secções histológicas obtidas. Se o uso de um *scanner* de mesa pudesse substituir o estereomicroscópio na aquisição de imagens, todas as secções resultantes poderiam ser digitalizadas simultaneamente, diminuindo o tempo de trabalho. Entretanto, essa substituição poderia comprometer a acurácia do exame histológico na determinação da profundidade de lesões de cárie, e isso certamente influenciaria nos resultados do segundo estudo. Assim, surgiu a necessidade de comparar medidas obtidas de imagens adquiridas em estereomicroscópio e *scanner* de mesa, e o primeiro artigo foi realizado.

O segundo artigo teve como objetivo avaliar, *in vitro*, a profundidade de lesões de cárie proximal em dentes posteriores, comparando os exames clínico e radiográfico interproximal, com e sem a aplicação de cores, ao exame histológico. Após os resultados obtidos no primeiro artigo foi possível estabelecer a metodologia utilizada no segundo, adquirindo as imagens das secções histológicas através de um *scanner* de mesa.

## **ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA**

---

---

## ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

### 1.1 Diagnóstico de Lesões de Cárie Proximal

O diagnóstico de lesões de cárie proximal apresenta limitações devido à presença do ponto de contato e à dimensão vestibulo-lingual dos dentes posteriores, que dificulta a identificação direta das superfícies proximais (RIMMER; PITTS, 1990). Por isso, a associação dos exames clínico e radiográfico tem sido utilizada como a maneira usual de se avaliar essas superfícies dentárias (BILLE; THYLSTRUP, 1982; RIMMER; PITTS, 1990; PITTS; RIMMER, 1992), especialmente quando se trata de lesões proximais de pequenas dimensões, que se tornam difíceis ou mesmo impossíveis de serem diagnosticadas apenas com o exame clínico isolado (BIASI; ABREU JÚNIOR, 2005).

Entretanto, o exame radiográfico apresenta limitações, como a sua baixa sensibilidade, já que é necessária uma perda mineral substancial para que uma lesão de cárie tenha expressão radiográfica (WENZEL et al., 1990). Além disso, a interpretação das imagens é uma atividade que exige conhecimento, mas também sofre influência da subjetividade do operador, dependendo da sua acuidade visual e experiência (GONÇALVES, 2005), podendo apresentar alta variabilidade intra e inter-examinadores (GOLDMAN; PEARSON; DARZENTA, 1972; GOLDMAN; PEARSON; DARZENTA, 1974). A radiografia subestima a profundidade das lesões de cárie (BILLE; THYLSTRUP, 1982; TAN; EVANS; MORGAN, 2002) e não é capaz de identificar a condição clínica da superfície em relação à presença ou não de cavidade, sendo esse um dos fatores determinantes para realização de tratamento invasivo (BILLE; THYLSTRUP, 1982; RIMMER; PITTS, 1990). Essa decisão terapêutica deve-se à dificuldade de se estabelecer um adequado controle mecânico da placa bacteriana e,

conseqüentemente, interromper a progressão do processo cariioso na presença de cavidade nessas superfícies (THYLSTRUP; FEJERSKOV, 1995). Assim, inúmeros estudos foram realizados no intuito de determinar a partir de qual profundidade de radiolucidez se estaria diante de uma lesão cariiosa com cavidade (BILLE; THYLSTRUP, 1982; PITTS; RIMMER, 1992; FELDENS et al., 2003).

Bille e Thylstrup (1982) realizaram um estudo em pacientes de 8 a 15 anos que foram examinadas clinicamente e radiografadas. Durante um período de 3 meses, as 158 lesões de cárie proximal presentes em pré-molares e molares foram restauradas por sete dentistas, os quais determinaram se a decisão pelo tratamento restaurador havia sido baseada no aspecto clínico, radiográfico ou na combinação dos dois exames. Em 60% dos casos a decisão de tratamento foi baseada apenas na aparência radiográfica da lesão, em 24% na combinação dos dois exames e em 16% no aspecto clínico da lesão. Das 158 superfícies restauradas, 66% não apresentavam cavidade. Os autores observaram uma pobre correlação clínica com os critérios radiográficos estabelecidos. Assim, apenas 20% das lesões com radiolucidez na junção amelodentinária (JAD) e 50% das lesões com radiolucidez em dentina apresentavam cavidades e estas estavam confinadas apenas em esmalte. De acordo com os autores, os resultados do estudo indicam uma necessidade mais individualizada em relação à decisão de restaurar ou não uma lesão, de forma a evitar sobretratamentos.

Pitts e Rimmer (1992) compararam a aparência clínica após separação temporária de dentes posteriores com o exame radiográfico interproximal de 1.468 superfícies proximais permanentes e 756 decíduas, em 211 pacientes com idade entre 5 e 15 anos. De todas as superfícies avaliadas, 82,6% (1.213) das permanentes e 49,7% (376) das decíduas foram diagnosticadas como híginas pelos dois métodos. A proporção de superfícies que apresentaram radiolucências foram 9,95% (145) das permanentes e

44,4% (336) das decíduas. O exame clínico direto mostrou 80 superfícies permanentes com mancha branca e 30 com mancha marrom (54,7% de lesões sem cavidade), sendo essas superfícies diagnosticadas como híginas no exame radiográfico. Em relação às superfícies decíduas foram diagnosticadas 22 superfícies com mancha branca e 21 com mancha marrom (22,2% de lesões sem cavidade). Assim, os resultados do estudo mostraram que em relação às superfícies permanentes 0% das lesões com radiolucidez na metade externa de esmalte, 10,5% na metade interna de esmalte, 40,9% na metade externa de dentina e 100% das lesões em metade interna de dentina apresentavam cavidades no exame clínico. No que diz respeito à presença de cavidade nas superfícies decíduas os resultados foram 2%, 2,9%, 28,3% e 95,5%, respectivamente relacionadas às mesmas profundidades radiográficas utilizadas nas superfícies de dentes permanentes. Os autores sugerem que na dentição decídua a presença de cavidade ocorre em um estágio mais avançado de desmineralização.

Akpata et al. (1996) realizaram um estudo com 108 dentes molares e pré-molares que apresentavam lesões de cárie em superfície proximal com diferentes profundidades radiográficas. De acordo com os resultados do estudo, nenhuma lesão com radiolucidez confinada à metade externa de esmalte apresentava cavidade, mas essas estavam presentes em 20% dos casos com radiolucidez na JAD, 79% na metade externa de dentina e 100% das lesões com radiolucidez na metade interna de dentina.

Feldens et al. (2003) realizaram um estudo *in vitro* utilizando uma amostra de 125 primeiros e segundos molares decíduos para estabelecer a correlação entre aparência clínica e radiográfica de lesões de cárie proximal. Os resultados mostraram que existe forte correlação entre aumento da extensão radiolúcida no exame radiográfico e a presença de cavidade em superfícies proximais de molares decíduos. Apenas 1,6% das cavidades proximais mesiais não apresentavam evidências radiográficas, representando

o diagnóstico falso-negativo para presença de cavidade, enquanto que em 98,4% das superfícies o exame radiográfico foi correto. As lesões restritas à metade externa e interna de esmalte, provavelmente sem cavidade, foram diagnosticadas corretamente em 89,4% e 75% dos casos, respectivamente. Nas superfícies com radiolucidez na metade externa e interna de esmalte, 10,5% e 25% apresentaram cavidade no exame clínico, respectivamente. Assim, nos casos em que a radiolucidez estava presente na metade interna do esmalte, o exame radiográfico sugeriu haver maior chance de superfícies com cavidade serem consideradas híginas radiograficamente (diagnóstico falso-negativo). Quando a radiolucidez restringia-se ao terço externo da dentina, 92,3% dos casos possuíam cavidade, com as médias do exame radiográfico tendo um erro de apenas 7,7% (diagnóstico falso-positivo para presença de cavidade). Quando a radiolucidez se restringia aos dois terços internos de dentina, o exame radiográfico mostrou exata relação com a avaliação clínica, ou seja, em 100% dos casos as superfícies possuíam cavidade. O exame radiográfico interproximal mostrou uma excelente capacidade de discriminar superfícies com ou sem cavidades em molares decíduos. Entretanto, mostrou baixo poder de diferenciar dentes hígidos daqueles que apresentavam lesões sem cavidade.

Assim, observa-se que a probabilidade de haver cavidade em lesões cariosas com radiolucidez restrita ao esmalte é muito pequena. Em relação às lesões de cárie que envolvem a porção mais interna de dentina, estudos mostram que 100% delas apresentam cavidades. Entretanto, o exame radiográfico não é capaz de determinar com segurança a presença de cavidade em lesões proximais com extensão intermediária, desde a JAD até a porção mais externa de dentina, mostrando grande variabilidade dos achados na literatura (BILLE; THYLSTRUP, 1982; PITTS; RIMMER, 1992; AKPATA, 1996; FELDENS et al., 2003).

Tan, Evans e Morgan (2002) selecionaram 550 cirurgiões-dentistas para responder a um questionário sobre decisão de tratamento conservador ou invasivo de lesões de cárie. No questionário havia uma breve introdução, seguida de descrições escritas de cinco imagens de radiografias interproximais de dentes permanentes. Aproximadamente 95% da amostra selecionada optou pelo tratamento não invasivo quando a radiolucidez estava confinada ao terço externo de esmalte, enquanto apenas 55% selecionou o tratamento não invasivo quando a radiolucidez havia atingido a JAD. Somente 6% selecionaram o tratamento não invasivo quando a radiolucidez havia chegado à dentina e 99% optaram pelo tratamento invasivo quando a radiolucidez se aproximava da polpa. De acordo com os resultados desse estudo, ocorreram diferenças entre a evidência encontrada na literatura e a prática clínica atual, já que um elevado número de cirurgiões-dentistas optaram pelo tratamento invasivo em lesões até a JAD. Assim, os autores abordam a necessidade de programas de educação sobre cárie, no modelo de saúde baseado em evidências científicas. A grande variabilidade da literatura em relação às lesões proximais com radiolucidez na metade externa de dentina explica o fato de apenas 6% dos cirurgiões-dentistas optarem pelo tratamento conservador nessa situação, entretanto isso certamente gera inúmeros sobretratamentos.

Por isso, pesquisadores sugerem que outros fatores como a idade, experiência anterior de cárie e o tipo de dente possam influenciar na probabilidade de existir cavidade. Segundo Akpata et al. (1996) existe uma maior chance de haver cavidade em lesões que apresentam radiolucidez que se estendam até a JAD com o passar da idade. Entretanto, para as lesões com radiolucidez em dentina não ocorreu essa associação. De acordo com os autores, existe maior probabilidade de existir cavidade nos dentes molares quando comparados aos pré-molares e não foi possível associar experiência anterior de cárie com presença de cavidade. Em outro estudo, Mariath (2003) não

demonstrou associação entre idade, placa visível, inflamação gengival, experiência e atividade de cárie com a presença de cavidade em lesões cariosas proximais com radiolucidez na porção externa da dentina de molares decíduos.

A inspeção direta das superfícies, após separação dentária temporária, tem sido sugerida com a finalidade de complementar o diagnóstico da lesão quando existe dúvida em relação à sua condição clínica (HINTZE et al., 1998). Além disso, a impressão das superfícies após a separação tem sido utilizada em inúmeros estudos como um método auxiliar na confirmação da presença ou não de cavidade em superfícies proximais (HINTZE et al. 1998; MARIATH, 2003; GROCHAU, 2001).

Para Rimmer e Pitts (1990) o uso da técnica é de grande valor como auxiliar no diagnóstico de superfícies proximais. Entretanto, afirmam que o método de separação dentária não pode ser considerado conclusivo para o diagnóstico, pois não substitui o exame radiográfico interproximal. Para elas, apesar do exame clínico após a separação dentária permitir o diagnóstico mais acurado de cáries incipientes, é através da radiografia que temos a possibilidade de determinar a profundidade das lesões, apesar de sua baixa sensibilidade.

A Fibra Óptica de Transluminância (FOTI), foi um método desenvolvido para auxiliar no diagnóstico de superfícies proximais. Esse recurso baseia-se no fato de que o tecido cariado permite maior difusão de luz, apresentando um índice menor de transmissão de luz do que as superfícies híginas do dente. Portanto, a lesão de cárie aparece como uma sombra escura quando transluminada (EKSTRAND, 2000).

Hintze et al. (1998) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a capacidade dos métodos visual e tátil, FOTI e radiografia interproximal no diagnóstico de cavidades de cáries proximais. Além disso, as autoras avaliaram a reprodutibilidade

interobservadores em todos os métodos de diagnóstico testados e no método de validação utilizado. A amostra foi constituída de 390 superfícies de dentes posteriores que foram avaliadas independentemente por quatro observadores pelo exame visual e tátil e pelo método de FOTI. Radiografias interproximais foram realizadas e avaliadas com um intervalo de dois dias entre os primeiros dois exames. Imediatamente após o uso de FOTI, um separador elástico era colocado nos espaços interproximais e removidos após três dias. As superfícies eram então reexaminadas, sendo esse o método de validação do estudo para a presença de cavidade. Os resultados dos métodos de diagnóstico foram comparados com os resultados do método de validação para cada observador. A sensibilidade para a identificação de cavidade usando o exame visual e tátil foi de 0,12 a 0,50. Para FOTI e radiográfico, a sensibilidade foi de 0 a 0,08 e 0,56 a 0,69, respectivamente. As especificidades excederam 0,90 para todos os métodos. A reprodutibilidade inter-examinadores foi menor para FOTI, seguido do exame visual e radiográfico. Assim, concluem que a FOTI é o método de diagnóstico menos confiável entre os testados.

Um programa de detecção automática de cárie, denominado Logicon, foi desenvolvido com o objetivo de facilitar o diagnóstico de lesões de cárie. Wenzel et al. (2002) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a acurácia do programa no diagnóstico de lesões de cárie proximais com a observação humana. De acordo com os resultados do estudo, o programa é pouco acurado na detecção de lesões de cárie proximal.

## 1.2 Imagem Digital

Os avanços tecnológicos ocorridos na Odontologia na última década permitem que o diagnóstico radiográfico através de sistemas digitais torne-se cada vez mais utilizado (BIASI; ABREU JÚNIOR, 2005). Os diversos sistemas digitais existentes vêm acrescentando recursos à interpretação de imagens radiográficas, uma vez que algumas tarefas são realizadas pelo computador, diminuindo a variabilidade inerente ao desempenho dos observadores e as chances de erro (MOL; van der STELT, 1993).

A imagem digital é formada por unidades denominadas *pixels*, que equivalem ao cristal de prata da emulsão de um filme radiográfico e representam um ponto na imagem digitalizada (HILDEBOLT et al., 1997). A grande diferença entre os cristais de prata e os *pixels* é que esses últimos são ordenadamente distribuídos sobre o monitor do computador, com sua localização, cor ou tom de cinza representados por números. O número de tonalidades de cinza normalmente encontrado nos sistemas digitais é de duzentos e cinqüenta e seis. O cinza mais escuro ou preto recebe o valor de zero e o mais claro ou branco, o valor de duzentos e cinqüenta e cinco (KHADEMI, 1996).

Com a introdução da radiologia digital, parâmetros quantitativos foram acrescentados à interpretação radiográfica já que, além dos critérios normalmente avaliados, como tamanho, bordas, limites e padrão interno de lesões, no modo digital se pode dispor de informações matemáticas para a análise de imagens (MOL; van der STELT, 1992). Números podem ser somados, subtraídos, multiplicados, divididos, comparados, impressos e enviados via *internet*. Isso permite que o operador ajuste uma imagem da forma que mais lhe convier, o que favorece a interpretação e o diagnóstico (KHADEMI, 1996).

Muitas vezes, diferenças sutis que não são percebidas pela análise visual, como o discernimento entre dois tons de cinza bastante similares numa radiografia, podem passar a ser detectados quando analisamos números. A simples constatação de diferenças numéricas entre tons de cinzas específicos em diferentes áreas pode revelar a presença de maior ou menor quantidade de tecido mineral, mostrando áreas de reabsorções ósseas ou incipientes lesões de cáries. Uma radiografia pode exibir mais de mil tons de cinza, porém o olho humano poderá distinguir até no máximo 50 dessas tonalidades, demonstrando uma grande incapacidade de interpretação das várias densidades radiográficas exibidas em uma radiografia (OHKI; OKANO; NAKAMURA, 1994).

Para a obtenção de uma radiografia digital, a imagem obtida pela passagem de um feixe de raios X por um corpo é registrada em uma determinada superfície e então transferida para o computador. A superfície de registro pode ser um sensor eletrônico, uma placa óptica ou ainda um filme radiográfico convencional, que depois será digitalizado (SARMENTO; PRETTO; COSTA, 1999). Assim, existem atualmente, três métodos para a obtenção de imagens radiográficas digitais: o método digital direto, o método digital indireto e a radiografia digitalizada (KHADEMI, 1996; SARMENTO; PRETTO; COSTA, 1999).

O método direto substitui o filme radiográfico por um sensor do tipo *charge-coupled device* (CCD - dispositivo acoplado de carga) conectado ao computador por meios de cabos. O método indireto substitui o filme por placas de fósforo fotoestimulável que armazenam a imagem latente e posteriormente são lidas por um *scanner a laser* (WENZEL et al., 1995; KHADEMI, 1996). Para obtenção da radiografia digitalizada, a imagem do filme convencional é transferida para o computador através de *scanner*, câmara fotográfica ou filmadora digital (KHADEMI, 1996). Equipamentos cada vez mais acessíveis atualmente permitem a obtenção de imagens radiográficas

digitalizadas de alta qualidade e baixo custo (OHKI; OKANO; NAKAMURA, 1994). Entretanto, uma desvantagem desse método é a variação de densidade óptica que pode ocorrer devido à digitalização de imagens através de *scanner*, já que a leitura depende de características específicas do aparelho, do local de posicionamento da radiografia na tela do leitor de transparência e tempo para captura da imagem (CHEN; HOLLENDER, 1995).

Com os sucessivos lançamentos de novos sistemas radiográficos digitais, inúmeras pesquisas foram desenvolvidas no intuito de avaliar seus desempenhos. Em relação ao diagnóstico de cárie, a maioria dos pesquisadores afirma que a imagem radiográfica digital apresenta eficácia diagnóstica equivalente à das radiografias convencionais (HINTZE; WENZEL; JONES, 1994; WENZEL et al. 1995; NIELSEN; HOERNOE; WENZEL, 1996; SYRIOPOULOS et al., 2000). Entretanto, foram encontrados também resultados divergentes na literatura no que diz respeito à eficácia dos aparelhos de diversos fabricantes (BÓSCOLO et al., 2001). Além de trabalhos que equiparam a qualidade da imagem do filme às de sistemas CCD (HINTZE; WENZEL; JONES, 1994; SYRIOPOULOS et al., 2000) ou às de sistemas de armazenamento de fósforo (NIELSEN; HOERNOE; WENZEL, 1996; SYRIOPOULOS et al., 2000), outros citam a superioridade da placa de fósforo sobre o filme ou sensor CCD (MOYSTAD et al.; SVANAES et al., 1996). Alguns autores encontram ainda a imagem do filme com um melhor desempenho diagnóstico que a dos sistemas digitais (PRICE; ERGÜL, 1997).

Nos estudos de Hintze; Wenzel; Jones (1994); Wenzel et al. (1995); e Syriopoulos et al. (2000) a metodologia para a obtenção do padrão-ouro foi o seccionamento seriado de superfície e posterior avaliação através de estereomicroscópio. A substituição do uso do estereomicroscópio por *scanner* de mesa poderia ser uma

opção que facilitaria o trabalho de inúmeras pesquisas (OHKI; OKANO; NAKAMURA, 1994). Entretanto, trabalhos que comparem as imagens adquiridas com os dois diferentes métodos seriam necessários, para que essa substituição possa ser realizada.

Para Wenzel (1993), a principal vantagem da imagem digital na clínica relaciona-se ao fato de que o profissional pode manipular as informações com diferentes ferramentas durante o exame. Assim, é possível inverter os tons de cinza de uma radiografia, aplicar relevo, escala de pseudocores, fazer mensurações lineares e angulares, girar a imagem, adicionar comentários, deixá-la em terceira dimensão, ajustar o brilho e contraste, corrigir super ou subexposições sem necessidade de novas tomadas radiográficas, trazendo inúmeros benefícios para o profissional e para o paciente (NELVIG; WING; WELANDER, 1992; SARMENTO; PRETTO; COSTA, 1999).

Na opinião de Dunn e Kantor (1993), o sistema visual humano apresenta habilidade limitada para discernir entre informação útil (sinal) e supérflua (ruído). O processamento digital pode suprir essa deficiência, selecionando apenas a informação que o observador julga necessária para o diagnóstico e suprimindo o restante.

Wenzel e Hintze (1993) avaliaram a percepção de cirurgiões-dentistas quanto à qualidade de 30 radiografias periapicais e interproximais digitalizadas através de uma câmera de vídeo, reproduzidas digitalmente e submetidas aos filtros gráficos de otimização, aprimoramento e aprimoramento associado à suavização. As quatro imagens digitais de cada radiografia foram exibidas simultaneamente em monitor para 20 observadores, que as classificaram quanto à preferência para a avaliação de cáries, alterações periapicais e anatomia da região. A maioria dos observadores preferiu as imagens manipuladas. As imagens originais foram classificadas como as piores em 55% dos casos, porém três observadores as elegeram como as melhores. De acordo com os resultados do estudo, os autores concluem que a opção de manipulação digital de

imagens deve ser disponibilizada, que diferentes manipulações são necessárias para cada tarefa diagnóstica, e que a necessidade de ajustes digitais é inversamente proporcional à nitidez da imagem.

Em relação à cárie dentária, muitos estudos têm demonstrado que o processamento de imagens radiográficas digitais auxilia no seu diagnóstico (WENZEL et al., 1990; GOTFREDSEN; WENZEL; GRÖNDAL, 1996; SHROUT et al., 1996). De acordo com Moystad et al. (1996) o realce das imagens (alteração de brilho e contraste) aumenta a acurácia no diagnóstico das lesões.

Além disso, as ferramentas para realização de medidas de profundidade de cárie são bastante investigadas com o objetivo de aumentar a sensibilidade do exame, existindo estudos que mostram o processamento digital de imagens radiográficas como um auxiliar nas estimativas da profundidade de lesões de cárie (WENZEL et al. 1990) e outros não (BIASI; ABREU JÚNIOR, 2005).

Wenzel et al. (1990) realizaram um estudo com objetivo de avaliar a profundidade de lesões de cárie oclusal utilizando os métodos visual, radiografia convencional, radiografia digital e exame histológico, o qual era tido como critério de validação. Para isso, utilizaram 47 pré-molares e molares permanentes extraídos que foram avaliados visualmente, em radiografias convencionais, imagem digitalizada sem manipulação e submetida a ajuste de contraste. Foram realizadas mensurações quantitativas de profundidade de cárie nas radiografias digitalizadas. Os autores observaram que os exames clínico e radiográfico convencional subestimaram a profundidade da lesão. A acurácia da avaliação radiográfica aumentou substancialmente com o processamento digital das radiografias. O resultado de medidas quantitativas de profundidade de cárie nas radiografias digitalizadas teve forte correlação com as medidas histológicas ( $r=0,91$ ). O estudo sugere que o processamento digital de imagens

radiográficas auxilia no diagnóstico e nas estimativas da profundidade de lesões de cárie oclusal.

Biasi e Abreu Júnior (2005) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a imagem digital convencional, a imagem digital invertida e a análise simultânea de ambas na detecção e estimativa da profundidade de lesões cariosas proximais. Foram utilizadas imagens digitais diretas de 41 dentes posteriores. Vinte observadores, treinados e calibrados para a interpretação dos dois tipos de imagens digitais, avaliaram as três modalidades. As respostas dos observadores, obtidas em três sessões de observação, uma para cada modalidade, foram comparadas ao estado real das superfícies dentais conhecido pelo exame histológico. De acordo com os resultados, não existiram diferenças estatisticamente significativas entre as três modalidades testadas, tanto na tarefa de detecção de lesões cariosas quanto na de determinação de sua profundidade. Os autores concluíram que imagens invertidas não devem ser consideradas fundamentais na detecção de cárie e na avaliação de sua profundidade.

Segundo Wenzel (1993), Sarmiento e Rubira (1998) Lehamann, Troeltsch e Spitzer (2002), a dificuldade de diagnóstico radiográfico frente às diferenças sutis de tons de cinza pode ser facilitado com o uso de cores. Entretanto segundo Sanderink (1993), Santos (2001) e Gonçalves (2005) a pseudocolorização não melhorou o diagnóstico.

Assim, a aplicação de cores às imagens radiográficas ou pseudocolorização é um assunto bastante controverso, pois ao passo em que o olho humano pode distinguir cores mais facilmente do que tons de cinza, na maioria das vezes esse efeito distrai o observador do real conteúdo da imagem (MOL, 2000).

Sarmento e Rubira (1998) realizaram um estudo com 460 radiografias digitalizadas de incisivos com diagnóstico clínico de necrose pulpar, pulpite irreversível e sem sinais ou sintomas de comprometimento pulpar. As imagens digitais tiveram seus parâmetros de brilho e contraste ajustados, foram duplicadas em tamanho e, então, avaliadas quanto à integridade da lâmina dura no terço apical da raiz. A presença ou ausência de reabsorção óssea nessa região também foi avaliada. Quando havia dúvida no diagnóstico, as autoras aplicavam o recurso de pseudocolorização. Em seguida, a imagem era magnificada mais três vezes, para a obtenção de medidas da espessura do espaço do ligamento periodontal apical. Na opinião das autoras, a aplicação de cores, que permite diferenciar vários tons de cinza, foi de grande valia para determinar a existência e o padrão de imagem radiolúcida periapical, aprimorando a interpretação das áreas que suscitaram dúvidas. Também a magnificação de imagens foi um recurso considerado útil, principalmente para a obtenção de medidas precisas.

Santos (2001) realizou um estudo a partir de uma amostra de 30 radiografias periapicais mesiorradiais de primeiros pré-molares superiores. Foi avaliado se a manipulação digital pela aplicação de filtros gráficos de inversão, pseudocolorização e relevo, favorece ou não a localização do ápice radiográfico. Para avaliação quantitativa, uma seqüência aleatória de todas as imagens foi apresentada em monitor a um observador habituado à utilização de imagens digitais que realizou medidas da distância entre a borda superior da imagem e o limite apical para ambas as raízes, três vezes em oportunidades distintas. Para a avaliação qualitativa, as imagens foram apresentadas para três observadores especialistas em endodontia que avaliaram em qual das imagens o limite apical de cada raiz era melhor visualizado. Através dos resultados do estudo, verificou-se que os valores médios para as imagens manipuladas não diferiram significativamente entre si, mas apresentaram valores de média maiores, diferindo

significativamente daqueles obtidos sobre a imagem original. Nos resultados da análise qualitativa, a imagem original e sua versão em negativo foram classificadas como as melhores enquanto que as modalidades pseudocores e relevo receberam os piores escores.

Gonçalves et al. (2005) avaliaram a efetividade da radiografia convencional, digital direta e seus recursos (ajuste de brilho e contraste, inversão dos tons de cinza e pseudocolorização) na determinação da profundidade de lesões de cárie oclusal em 51 molares decíduos esfoliados. Segundo os autores, o grupo das radiografias digitais com ajuste de brilho e contraste apresentou resultados superiores quando comparados ao padrão-ouro e o grupo das radiografias digitais com pseudocolorização inferiores aos demais.

Inúmeras pesquisas continuam sendo realizadas em busca de um método não invasivo que, isoladamente ou em conjunto com a inspeção visual, apresente novas alternativas que possam auxiliar no diagnóstico de lesões de cárie proximal. Partindo do princípio de que o diagnóstico das lesões de cárie apresenta uma série de dificuldades, torna-se importante o estudo de qualquer recurso que possa auxiliar esse processo (GONÇALVES et al. 2005).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

---

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

AKPATA, E. S. et al. Cavitation at Radiolucent Areas on Proximal Surface of Posterior Teeth. **Caries Res.**, Basel, v. 30, n. 5, p. 313-31, Sept./Oct. 1996.

BIASI, F.B.; ABREU JÚNIOR M.J.N. Comparação entre Imagem Digital Convencional e Invertida na Detecção e Estimativa da Profundidade de Cáries Proximais. **RPG Rev. Pós-Grad.**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 103-110, Jan./Mar. 2005.

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

BÓSCOLO F. N. et al. Estudo Clínico Comparativo da Qualidade de Imagens de Três Sistemas Radiográficos Digitais , Filme E-Speed e Filme Digitalizado. **Pesq. Odontol. Bras.**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 327-33, Out./Dez. 2001.

CHEN, S. K.; HOLLENDER, L. Digitizing of Radiographs with a Flatbed Scanner. **J. Dent.**, Bristol, v. 23, n. 4., p. 205-8, Aug. 1995.

DUNN, S.M.; KANTOR, M.L. Digital Radiology. Facts and Fictions. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 124, n. 12, p. 38-47, Dec. 1993.

EKSTRAND, K. Diagnóstico da Cárie. In: BUISCHI, Y. P. **Promoção de Saúde Bucal na Clínica Odontológica**, São Paulo: Artes Médicas, 2000, Cap. 6, p. 127-48.

FELDENS, C.A et al. An *In Vitro* Study of the Correlation Between Clinical and Radiography Examinations of Proximal Carious Lesions in Primary Molars. **J. Clin. Pediatr. Dent.**, Birmingham, v. 27, n. 2, p. 143-7, Winter 2003.

GOLDMAN, M.; PEARSON, A. H.; DARZENTA, N. Endodontic Success – Who’s Reading the Radiograph? **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, St. Louis, v. 33, n. 3, p. 432-7, Mar. 1972.

GOLDMAN, M.; PEARSON, A. H.; DARZENTA, N. Reliability of Radiographic Interpretations. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, St. Louis, v. 38, n. 2, p. 287-93, Aug. 1974.

GONÇALVES, M. A. et al. Efetividade dos Recursos de Imagem Digital e Desempenho do Examinador na Determinação da Profundidade da Lesão de Cárie Oclusal. **Rev. ABRO**, Piracicaba, v. 6, n. 1, p. 17-23, Jan./Jun., 2005.

GOTFREDSEN, E.; WENZEL A.; GRÖNDAL H. G. Observers’ Use of Image Enhancement in Assessing Caries in Radiographs Taken by Four Intra-Oral Digital Systems. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 25, n. 1, p. 34-8, Jan. 1996.

---

<sup>1</sup> De acordo com a NBR 6023, de ago. 2002 e as abreviaturas dos títulos de Periódicos do Medline

GROCHAU, C.H. **Acurácia dos Exames Clínico e Radiográfico no Diagnóstico e Tratamento Restaurador de Cárie Proximal**. Dissertação (Mestrado em Odontologia - área de concentração em Clínica Odontológica/Cariologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 56f.

HILDEBOLT, C. F. et al. A Comparison of the Response of Storage Phosphor and Film Radiography to Small Variations in X-Ray Exposure. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 26, n. 3, p. 147-51, May 1997.

HINTZE, H. et al. Reliability 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 Lesion in Contacting Approximal Surfaces. **Caries Res.**, Basel, v. 32, n. 3, p. 204-9, May/June. 1998.

HINTZE, H.; WENZEL, A.; JONES, C. In Vitro Comparison of D- and E-Speed Film Radiography, RVG, and Visualix Digital Radiography for the Detection of Enamel Approximal and Dentinal Occlusal Caries Lesions. **Caries Res.**, Basel, v. 28, n. 5, p. 363-7, Sept./Oct. 1994.

KHADEMI, J. A. Digital Images & Sound. **J. Dent. Educ.**, Washington, v. 60, n. 1, p. 41-6, Jan. 1996.

LEHMANN, T. A.; TROELTSCH, E.; SPITZER, K. Image Processing and Enhancement Provided by Commercial Dental Software Programs. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 31, n. 4, p. 264-72, July 2002.

MARIATH, A. A. S. **Associação entre Critérios Clínicos e Presença de Cavidade Validada em Lesões Cariosas Proximais de Molares Decíduos**. Dissertação (Mestrado em Odontologia - área de concentração em Clínica Odontológica/Odontopediatria) - Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 67f.

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

MOL, A.; van der STELT, P. F. Locating the Periapical Region in Dental Radiographs Using Digital Image Analysis. **Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol**, St. Louis, v. 75, n. 3, p. 373-82, Mar. 1993.

MOL, A.; van der STELT, P. F. Application of Computer-Aided Image Interpretation to the Diagnosis of Periapical Bone Lesions. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 21 n. 4, p. 190-4, Nov. 1992.

MOYSTAD, A. et al. Detection of Approximal Caries with a Storage Phosphor System. A Comparison of Enhanced Digital Images with Dental X-ray Film. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 25, n. 4, p. 202-6, Nov. 1996.

NELVIG, P.; WING, K. WELANDER, U. Sens-A-Ray. A New System for Direct Digital Intraoral Radiography. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, St. Louis, v. 74, n. 6, p. 818-23, Dec. 1992.

NIELSEN, L. L.; HOERNOE, M.; WENZEL, A. Radiographic Detection of Cavitation in Approximal Surfaces of Primary Teeth Using a Digital Storage Phosphor System and Conventional Film, and the Relationship Between Cavitation and Radiographic Lesion Depth: an in vitro Study. **Int. J. Paediatr. Dent.**, Oxford, v. 6, n. 3, p. 167-72, Sept. 1996.

OHKI, M.; OKANO, T.; NAKAMURA T. Factors Determining the Diagnostic Accuracy of Digitized Conventional Intraoral Radiographs. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 23, n. 2, p.77-82, May 1994.

PITTS, N. B.; RIMMER, P. A. An In Vivo Comparison of Radiographic and Directly Assessed Clinical Caries Status of Posterior Approximal Surfaces in Primary and Permanent Teeth. **Caries Res.**, Basel, v. 26, n. 2, p. 146-52, Mar./Apr. 1992.

PRICE, C.; ERGÜL, N. A Comparison of a Film-Based and a Direct Digital Dental Radiography System Using a Proximal Caries Model. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 26, n. 1, p. 45-52, Jan. 1997.

RIMMER, P. A.; PITTS, N. B. Temporary Elective Tooth Separation as a Diagnostic Aid in General Dental Practice. **Br. Dent. J.**, London, v. 169, n. 3/4, p.87-92, Aug. 1990.

SANDERIK, G. C. Imaging: New versus Traditional Technological Aids. **Int. Dent. J.**, London, v. 43, n. 4, p. 335-42, Aug. 1993.

SANTOS, A.E. **Pós-Processamento de Imagens Digitalizadas na Odontometria de Primeiros Pré-Molares Superiores**. Dissertação (Mestrado em Odontologia – área de concentração em Clínica Odontológica/Endodontia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 101f.

SARMENTO, V. A.; PRETTO, S. M.; COSTA N. P. Entendendo a Imagem Digitalizada. **Rev. Odonto Ciência**, Porto Alegre, v. 27, n. 1, p. 171-8, Jun. 1999.

SARMENTO, V. A.; RUBIRA, I. R. F. Estudo de Alterações Estruturais na Região Periapical de Incisivos com Patologia Pulpar, através da Digitalização de Radiografias Periapicais. **Rev. Fac. Odontol. UFBA**, Salvador, v.17, p. 52-9, Jan./Dez. 1998.

SHROUT, M. K. et al. Digital Enhancement of Radiographs: Can It Improve Caries Diagnosis? **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 127, n. 4, p. 469-73, Apr. 1996.

SVANAES, D. B. et al. Intraoral Storage Phosphor Radiography for Approximal Caries Detection and Effect of Image Magnification: Comparison with Conventional Radiography. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, St. Louis, v. 82, n. 1, p. 94-100, July 1996.

SYRIOPOULOS, K. et al. Radiographic Detection of Approximal Caries: a Comparison of Dental Films and Digital Imaging Systems. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 29, n. 5, p. 312-8. Sept. 2000.

TAN, P. L .B.; EVANS R. W.; MORGAN M. V. Caries, Bitewing, and Treatment Decisions. **Aust. Dent. J.**, Sydney, v. 47, n. 2, p. 138-41, June 2002.

THYLSTRUP, A.; FEJERSKOV, O. Características Clínicas e Patológicas da Cárie Dentária In:\_\_\_\_. **Cariologia Clínica**, 2 ed., São Paulo: Santos, 1995, Cap. 6, p. 111-157, 1995.

WENZEL, A. Computer-Aided Image Manipulation on Intraoral Radiographs to Enhance Diagnosis in Dental Practice: a Review. **Int. Dent. J.**, London, v. 43, n. 2, p. 99-108, Apr. 1993.

WENZEL, A. et al. Accuracy of Caries Diagnosis in Digital Images from Charge-Coupled Device and Storage Phosphor Systems: an In Vitro Study. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v. 24, n. 4, p. 250-4, July 1995.

WENZEL, A. et al. Accuracy of Computer-Automated Caries Detection in Digital Radiographs Compared with Human Observers. **Eur. J. Oral Sci.**, Copenhagen, v. 110, n. 3, p. 199-203, June 2002.

WENZEL, A. et al. Depth of Occlusal Caries Assessed Clinically, by Conventional Film Radiographs, and Digitized, Processed Radiographs. **Carie Res.**, Basel, v. 24, n. 5, p. 327-33, Sept./Oct. 1990.

WENZEL, A.; HINTZE, H. Perception of Image Quality in Direct Digital Radiography After Application of Various Image Treatment Filters for Detectability of Dental Disease. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 22, n. 3, p. 131-4, Aug. 1993.

**PROPOSIÇÃO**



## PROPOSIÇÃO

- Comparar medidas obtidas de imagens de hemi-secções dentárias adquiridas em estereomicroscópio e *scanner* de mesa, verificando se existem diferenças entre elas.

- Avaliar, *in vitro*, a profundidade de lesões de cárie proximal em dentes posteriores, comparando os exames clínico e radiográfico interproximal, com e sem a aplicação de cores, ao exame histológico.

**ARTIGO 1**



**COMPARAÇÃO DE MEDIDAS OBTIDAS DE IMAGENS ADQUIRIDAS EM  
ESTEREOMICROSCÓPIO E SCANNER DE MESA**

*MEASURES OBTAINED FROM IMAGES ACQUIRED BY A STEREOMICROSCOPE  
AND A FLATBED SCANNER*

LARENTIS, Naiara; SILVA, Ana Elisa da; CUNHA, Fernanda; FONTANELLA, Vania

Artigo formatado de acordo com as normas da revista “Journal of Dentistry”,  
classificação Capes Qualis A Internacional.

## COMPARAÇÃO DE MEDIDAS OBTIDAS DE IMAGENS ADQUIRIDAS EM ESTEREOMICROSCÓPIO E SCANNER DE MESA.

### RESUMO

**Objetivo:** Comparar medidas verticais e horizontais em imagens de estereomicroscópio (E) e de *scanner* de mesa (S)

**Métodos:** Cinquenta dentes posteriores extraídos de humanos, seccionados no sentido méso-distal foram utilizados. Cada hemi-secção foi fotografada no estereomicroscópio e digitalizada em *scanner*, com resolução de 230 dpi. No programa Photoshop foram realizadas medições horizontais (H) e verticais (V) de cada hemi-secção, nas imagens obtidas pelos dois métodos, com repetição aleatória de 20% dos casos da amostra.

**Resultados:** As medidas iniciais e repetidas apresentaram excelente correlação e o teste t para amostras pareadas não evidenciou diferenças significativas ( $p = 0,05$ ) entre elas nos dois métodos. As médias das medidas e seus desvios-padrão foram: horizontais E  $8,89 \text{ mm} \pm 4,30 \text{ mm}$ , S  $8,89 \text{ mm} \pm 4,52 \text{ mm}$  e verticais E  $4,42 \text{ mm} \pm 2,19 \text{ mm}$ , S  $4,43 \text{ mm} \pm 2,19 \text{ mm}$ . O teste t para amostras pareadas com nível de significância de 5% demonstrou não haver diferenças significativas entre os dois métodos, tanto para as medidas horizontais ( $p=0,685$ ) quanto para as verticais ( $p=0,299$ ).

**Conclusão:** O *scanner* de mesa pode substituir o estereomicroscópio na aquisição de imagens de hemi-secções de dentes, com a finalidade de obtenção de medidas horizontais e verticais.

**UNITERMOS:** Microscopia; Fotografia em Odontologia; Informática Odontológica

## INTRODUÇÃO

O exame histológico realizado a partir do seccionamento seriado de superfícies dentárias, que serão posteriormente avaliadas através de estereomicroscópio, é considerado padrão-ouro em pesquisas que avaliam, *in vitro*, o desempenho dos demais métodos de diagnóstico, especialmente em lesões de cárie.<sup>1-3</sup> Suas grandes desvantagens são o elevado custo, o tempo e o trabalho exigidos para a sua realização.<sup>4</sup>

O uso de diferentes métodos de validação para o diagnóstico pode influenciar a acurácia dos testes que foram utilizados para a avaliação.<sup>5</sup> Assim, por exemplo, os métodos histológicos de hemi-secção e de seccionamento seriado, quando comparados, diferem bastante quanto aos seus desempenhos em relação ao diagnóstico de lesões de cárie.<sup>6</sup> Isso pode ser explicado pelo fato de que em cortes seriados é possível de determinar com precisão qual deles representa a maior profundidade da lesão em uma determinada superfície. Na hemi-secção, o corte realizado em cada face não necessariamente corresponde à região de maior profundidade da lesão de cárie, determinando uma menor acurácia do método.

O exame de estruturas dentárias com aquisição das imagens no estereomicroscópio ainda é bastante utilizado,<sup>7-9</sup> contudo esse equipamento nem sempre está disponível e resulta em imagens que necessitam ser, posteriormente, corrigidas para a ampliação.

O *scanner* de mesa é um equipamento acessível que também pode ser usado para digitalizar documentos na prática odontológica, inclusive radiografias.<sup>10</sup> A escolha da resolução a ser utilizada na digitalização deve considerar a qualidade da imagem, o espaço ocupado no disco rígido de um microcomputador para sua armazenagem, o tempo de trabalho e transmissão eletrônica do arquivo,<sup>11</sup> não tendo sido encontradas diferenças significativas quando comparadas resoluções de 1200, 900, 600 ou 300 dpi na

avaliação da densidade óptica de radiografias.<sup>12</sup> Outros critérios que devem ser levados em consideração são o tipo de arquivo e a compressão utilizada para o armazenamento das imagens.<sup>2, 13-15</sup>

A substituição do uso do estereomicroscópio por *scanner* de mesa poderia ser uma opção que facilitaria o trabalho, já que aquisição de imagens por meio de um *scanner* é mais rápida, pois é possível que todos os dentes sejam digitalizados simultaneamente, em tamanho real e com a mesma intensidade de luz. Além disso, equipamentos cada vez mais acessíveis permitem a obtenção de imagens radiográficas digitalizadas de alta qualidade.<sup>13</sup>

Sendo assim, o objetivo desse estudo foi comparar medidas obtidas de imagens de hemi-secções dentárias adquiridas em estereomicroscópio e *scanner* de mesa, verificando se existem diferenças entre elas.

## **METODOLOGIA**

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, parecer número 58/04.

Foram utilizados 50 dentes molares e pré-molares extraídos de humanos, já seccionados ao meio no sentido mesio-distal com disco diamantado Buehler? (Lake Bluff, IL, EUA). As hemissecções foram lixadas até que fosse eliminada qualquer ranhura resultante do corte. Esses mesmos dentes já haviam sido utilizados para realização de pesquisas anteriores. As 100 hemi-secções foram armazenadas separadamente, em potes contendo soro fisiológico.

Cada uma foi então fixada em um bloco de cera rosa nº 7 (Cássico Artigos Odontológicos, São Paulo, SP, Brasil), de forma a padronizar o seu posicionamento, com a face lisa da hemi-secção voltada para o observador. Os blocos foram colocados

individualmente no estereomicroscópio, utilizando aumento de 0,63 vezes. Uma régua odontológica milimetrada foi posicionada de maneira que permanecesse na mesma altura da face lisa da hemi-seção, para posteriormente ser utilizada como referência de medida. As imagens foram obtidas em formato digital com câmera fotográfica Kodak Easy Share CX 6330 (Eastman Kodak Co., Rochester, NY, EUA) com sensor CCD de 3.1 mega pixels e *zoom* óptico de 3x, 230 dpi e padrão de cores RGB.

As mesmas peças foram, em grupos, digitalizadas em um *scanner* de mesa Epson Perfection 2450 (Epson, Long Beach, CA, EUA) com ajuste automático de brilho e contraste, resolução de 230 dpi e padrão de cores RGB.

As duas imagens do mesmo dente, obtidas através dos diferentes métodos testados, foram importadas para o programa Photoshop 7.0 (Adobe Systems, San Jose, CA, EUA), colocadas lado a lado e giradas até que se obtivesse a mesma inclinação do longo eixo dentário. Assim, as imagens dos dentes molares foram giradas até que as pontas das cúspides coincidisse com uma linha horizontal, utilizada como referência (figura 1). As imagens dos dentes pré-molares foram giradas até que o longo eixo do canal radicular ficasse paralelo a uma linha vertical de referência. As imagens obtidas por meio de estereomicroscópio foram corrigidas para a magnificação, tendo como referência a régua milimetrada. Todas as imagens foram armazenadas no formato JPEG 12.

Um observador previamente treinado utilizou a régua eletrônica da barra de ferramenta do programa Photoshop para obter uma medida horizontal e outra vertical de cada hemi-seção (espessura de esmalte e/ou dentina, dimensões de restaurações e câmara pulpar).

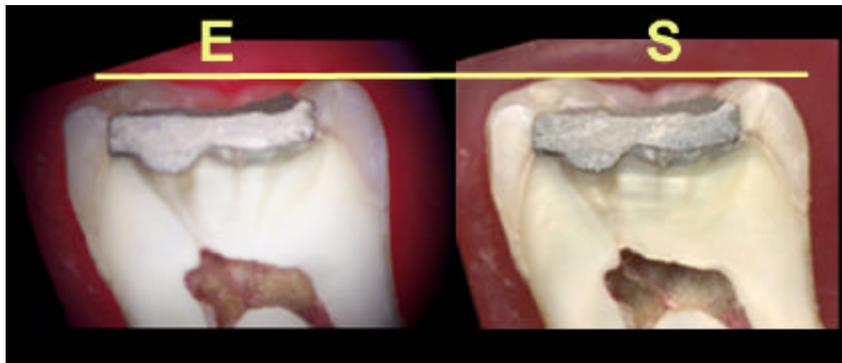


Figura 1. Imagens da mesma hemi-seção de um molar, adquiridas em estereomicroscópio (E) e *scanner* (S), alinhadas pelas cúspides a uma guia horizontal.

Para verificar a reprodutibilidade dos métodos e do observador, foram novamente adquiridas e medidas imagens de 20% dos casos da amostra, com um intervalo de, no mínimo, uma semana. As medidas iniciais e repetidas (n=20) foram analisadas através do Coeficiente de Correlação de Pearson e do Teste t para amostras pareadas. As médias e desvios-padrão das medidas horizontais e verticais de cada grupo (E: estereomicroscópio e S: *scanner*) foram comparadas através do Teste t para amostras pareadas. Todas as análises foram realizadas com nível de significância de 1%.

## RESULTADOS

A tabela 1 mostra que houve correlação significativa entre as médias das medidas repetidas em 20% dos casos da amostra, evidenciando excelente concordância do observador em relação aos dois métodos.

Tabela 1 – Coeficientes de correlação entre medidas obtidas pelos dois métodos, na repetição de 20% da amostra.

Método	Medida	Coeficiente de Correlação de Pearson
<i>Scanner</i>	Horizontal	0,999*
	Vertical	1,000*
Estereomicroscópio	Horizontal	0,948*
	Vertical	0,893*

\* Correlação significativa ao nível de significância de 1%

Nos dois métodos, tanto as médias das dimensões horizontais quanto as verticais não foram significativamente diferentes (Teste t para amostras pareadas ao nível de significância de 1%) quando comparadas às medidas iniciais e a sua repetição (tabela 2).

Tabela 2 – Comparação entre as médias das medidas (em mm) obtidas pelos dois métodos, na repetição de 20% da amostra.

Método / Medida	n	Medidas				p
		1ª medida		2ª medida		
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Estereomicroscópio/ Horizontal	20	10,70	3,71	10,37	3,96	0,251
Estereomicroscópio/ Vertical	20	5,32	2,71	5,62	2,81	0,315
<i>Scanner</i> / Horizontal	20	10,67	3,67	10,66	3,65	0,591
<i>Scanner</i> / Vertical	20	5,33	2,68	5,31	2,63	0,453

p= nível mínimo de significância do teste t para amostras pareadas

Os dados relativos às médias e aos desvios-padrão das dimensões horizontais e verticais obtidas pelos dois métodos constam da tabela 3. As medidas horizontais médias obtidas foram 8,89 mm  $\pm$  4,30 mm para E e 8,89 mm  $\pm$  4,52 mm para S. Em relação às medidas verticais, as médias foram 4,42 mm  $\pm$  2,19 mm para E e 4,43 mm  $\pm$  2,19 mm

para *S*. O Teste T para amostras pareadas, ao nível de significância de 1%, não evidenciou diferenças significativas entre os dois métodos, tanto para as dimensões horizontais ( $p=0,685$ ) quanto para as verticais ( $p=0,299$ ).

Tabela 3 - Comparação entre as médias das medidas horizontais e verticais (em mm), obtidas pelos dois métodos.

Medidas	n	Métodos				p
		Estereomicroscópio		<i>Scanner</i>		
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Horizontal	100	8,89	4,30	8,89	4,25	0,685
Vertical	100	4,42	2,19	4,43	2,19	0,299

p= nível mínimo de significância do teste t para amostras pareadas

## DISCUSSÃO

O presente estudo utilizou para compor a amostra dentes humanos extraídos e hemi-seccionados no sentido méso-distal. Um número significativamente maior de lesões é encontrado com o uso do método histológico de secção seriada quando comparado ao método de hemi-secção.<sup>6</sup> Entretanto, o objetivo desse trabalho não foi determinar com precisão qual o corte representaria a maior profundidade de lesão naquela superfície e sim comparar medidas obtidas de imagens adquiridas em estereomicroscópio e *scanner* de mesa verificando se existem diferenças entre elas, não fazendo diferença o número de cortes realizados em cada dente da amostra.

A armazenagem dos dentes em solução fisiológica teve por objetivo apenas evitar a sua desidratação, não tendo sido consideradas a manutenção dos tecidos moles e das propriedades físicas dos tecidos mineralizados. Visto que na literatura não existe

uma padronização em relação a qual meio de armazenagem deve ser utilizado e como os dentes já estavam armazenados em soro fisiológico, optamos por manter a mesma solução.

Para que a aquisição de imagens fosse rápida, facilitando o trabalho, todos os dentes foram digitalizados simultaneamente. Sabe-se que a variação da posição da radiografia na mesa do *scanner* pode causar variação de densidade óptica de imagens radiográficas,<sup>10, 16</sup> contudo, no presente estudo foram realizadas medidas lineares sobre imagens em cores, e em relação a estas nada se encontrou na literatura.

As imagens digitais foram obtidas com resolução de 230 dpi, para ambos os métodos, devido às características da câmera fotográfica, de forma a padronizar a ampliação da imagem quando exibida no monitor. Todos os arquivos de imagem foram armazenados no formato JPEG 12, pois esse formato de arquivo e essa compressão não causam perda de informação das imagens digitais e resultam em um espaço pequeno ocupado no disco rígido de um microcomputador.<sup>14-15</sup>

O cegamento é um princípio metodológico extremamente importante para realização de pesquisas, pois evita que a tendenciosidade humana possa influenciar os resultados obtidos.<sup>17</sup> No presente estudo, o observador não era cego em relação ao método de obtenção das imagens devido à diferença visual entre elas, tornando impossível a aplicação desse princípio.

Para realização das medidas horizontais e verticais utilizou-se a ferramenta régua eletrônica do programa Photoshop pela facilidade de sua execução e, principalmente pela reprodutibilidade de medidas obtidas por diferentes observadores em tempos distintos.<sup>18-21</sup> Isso justifica, também, o fato das medidas serem realizadas por apenas um observador. De acordo com os resultados do presente trabalho, as medidas horizontais e verticais obtidas pelos dois métodos na repetição de 20% da amostra não apresentam

diferenças significativas entre as médias da primeira e da segunda avaliação, além de alta correlação.

Dentre os recursos digitais existentes, as ferramentas para realização de medidas de profundidade de cárie em superfície proximal estão sendo bastante investigadas com o objetivo de aumentar a sensibilidade do exame.<sup>22</sup> Nesse estudo, utilizou-se a ferramenta régua do programa Photoshop 7.0 para realização de medidas da espessura de esmalte e/ou dentina, dimensões de restaurações e da câmara pulpar. Não se optou pela realização de medidas da profundidade de lesões de cárie, pela dificuldade de se estabelecer qual ponto correspondia à maior medida da lesão. Assim, preferimos não trabalhar com essa subjetividade, o que poderia influenciar nos resultados do estudo. Entretanto, observadores calibrados para realização de medidas de profundidade de lesões de cárie podem, de acordo com os resultados desse estudo realizá-las em imagens obtidas através de estereomicroscópio ou *scanner* de mesa.

Em estudo prévio com a mesma amostra, Larentis et al.<sup>23</sup> compararam medidas obtidas de imagens adquiridas em estereomicroscópio e *scanner* de mesa, tendo encontrado diferença significativa entre os dois métodos para as medidas verticais. As autoras levantaram a hipótese de que a causa de tal diferença possa ter sido a falta de padronização do posicionamento de uma mesma hemi-seção no estereomicroscópio e na mesa do *scanner*, pois os dentes não haviam sido montados em blocos de cera.

Não foram encontrados na literatura outros trabalhos da mesma natureza para que os dados possam ser confrontados. Contudo, *scanners* de mesa já têm sido utilizados no estudo de imagens neuroanatômicas em seções do cérebro de ratos,<sup>24</sup> em estudos anatomopatológicos<sup>25</sup> e morfométricos<sup>26</sup>.

A substituição do uso do estereomicroscópio pelo *scanner* de mesa é uma opção que pode facilitar a realização de inúmeras pesquisas e diminuir custos. A aquisição de

imagens através do uso de um *scanner* é mais rápida e mais facilmente padronizada, pois é possível que todos os dentes sejam digitalizados simultaneamente, em tamanho real e com a mesma intensidade de luz. Os resultados do presente estudo suportam a sua utilização para aquisição de imagens de hemi-seções dentárias com a finalidade de obtenção de medidas horizontais e verticais.

## REFERÊNCIAS

1. Hintze H, Wenzel H, Jones C. In vitro comparison of D- and E-speed film radiography, RVG, and Visualix digital radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesions. *Caries Research* 1994; **28**:363-7.
2. Wenzel A, Borg E, Hintze H, Gröndahl HG. Accuracy of caries diagnosis in digital images from charge-couple device and storage phosphor systems: an *in vitro* study. *Dentomaxillofacial Radiology* 1995; **24**:250-4.
3. Jacobsen JH, Hansen B, Wenzel A, Hintze H. Relationship between histological and radiographic caries lesion depth measured in images from four digital radiography systems. *Caries Research* 2004; **38**:34-8.
4. Hintze H, Wenzel A. Influence of the validation method on diagnostic accuracy for caries. A comparison of six digital and two conventional radiographic systems. *Dentomaxillofacial Radiology* 2002; **31**:44-9.
5. Wenzel A, Hintze H. Comparison of microscopy and radiography as gold standards in radiographic caries diagnosis. *Dentomaxillofacial Radiology* 1999; **28**:182-5.
6. Hintze H, Wenzel A. Diagnostic outcome of methods frequently used for caries validation. A comparison of clinical examination, radiography and histology following hemisectioning and serial tooth sectioning. *Caries Research* 2003; **37**:115-24.
7. Yazici AR, Celik C, Ozgunaltay G. Microleakage of different resin composite types. *Quintessence International* 2004; **35**:790-4.
8. Esen E, Yoldas O, Kurkcu M, Dogan MC, Seydaoglu G. Apical microleakage of root-end cavities prepared by CO2 laser. *Journal of Endodontics* 2004; **30**:662-4.
9. Holland R, Murata SS, Barbosa HG, Garlipp O, Souza Vd V, Dezan Junior E. Apical seal of root canals with gutta-percha points with calcium hydroxide. *Brazilian Dental Journal* 2004; **15**:26-9.

10. Chen S. K.; Hollender L. Digitizing of radiographs with a flatbed scanner. *Journal of Dentistry* 1995; **23**:205-8.
11. Janhom A, van Ginkel FC, van Amerongen JP, van der Stelt PF. Scanning resolution and the detection of approximal caries. *Dentomaxillofacial Radiology* 2001; **30**:166-71.
12. Larentis NL, Braga, CPA, Silva AE, Machado LX, Fontanella VRC. Efeito da resolução da imagem na subtração digital quantitativa de perda óssea alveolar simulada. *Pesquisa Odontológica Brasileira* 2003; **17**:77.
13. Ohki M, Okano T, Nakamura T. Factors determining the diagnostic accuracy of digitized conventional intraoral radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology* 1994; **23**:77-82.
14. Gegler A, Mahl CEW, Fontanella V. Reproducibility of and file format effect on digital subtraction radiography of simulated external root resorptions. *Dentomaxillofacial Radiology* 2006 (in press).
15. Mahl CEW, Gegler A, Barga CPA, Machado LX, Fontanella V. Efeitos da compressão JPEG na subtração radiográfica digital quantitativa de perda óssea alveolar simulada. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre* 2003; **44**:31-3.
16. Gegler A, Mahl CEW, Fontanella V. A posição da radiografia sobre a mesa do *scanner* interfere no resultado da imagem? XIV CORIG: Anais do XIV Congresso Odontológico Riograndense, 2002. Porto Alegre: ABORS, 2002.
17. Susin C, Rösing CK. *Praticando odontologia baseada em evidências*. Canoas: ULBRA, 1999. 181p.
18. Santos AF. Pós-processamento de imagens digitalizadas na odontometria de primeiros pré-molares superiores. [MSC Thesis]. Porto Alegre: Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2001. 101p.
19. Gegler A. Avaliação, *in vitro*, da reprodutibilidade de uma metodologia de obtenção de radiografias periapicais para diagnóstico de reabsorção radicular externa apical, em dentes submetidos à movimentação ortodôntica simulada. [MSC Thesis]. Porto Alegre: Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2003. 76p.
20. Mahl CEW. Recursos digitais no diagnóstico radiográfico de reabsorção radicular externa apical – Estudo *in vitro* simulando movimentação ortodôntica. [MSC Thesis]. Porto Alegre: Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2003. 76p.
21. Larentis NL, Cunha FS, Mahl CRW, Fontanella VRC. Comparação de medidas lineares obtidas de radiografias digitalizadas e digitais diretas. *Brazilian Oral Research* 2005; **19**:194.

22. Wenzel A, Fejerskov O, Kidd E, Joyston-Bechal S, Groeneveld A. Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and digitized, processed radiographs. *Caries Research* 1990; **24**:327-33.
23. Larentis NL, Silva AE, Cunha FS, Fontanella VRC. Comparação de medidas obtidas de imagens adquiridas em estereomicroscópio e *scanner* de mesa – estudo in vitro. *Brazilian Oral Research* 2004; **18**:194.
24. Krout KE, Jenkins JM, Loewy. High-resolution scanner for neuroanatomical analysis. *Journal of Neuroscience Methods* 2002; **15**:37-40.
25. Mai KT, Stinson WA, Swift J, Burns BF, Perkins DG. Creating digital images of pathology specimens by using a flatbed scanner. *Histopathology* 2001; **39**:323-5.
26. Thomsen JS, Ebbesen EN, Mosekilde L. A new method of comprehensive static histomorphometry applied on human lumbar vertebral cancellous bone. *Bone* 2000; **27**:129-38.

**ARTIGO 2**

---

---

AVALIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE LESÕES DE CÁRIE PROXIMAL: EXAME CLÍNICO E RADIOGRÁFICO COM USO DE FILTRO DIGITAL DE COR - ESTUDO *IN VITRO*.

LARENTIS, Naiara; MALTZ, Marisa; FONTANELLA, Vania

Artigo formatado de acordo com as normas da revista Caries Research, classificação

Capes Qualis A Internacional.

## AVALIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE LESÕES DE CÁRIE PROXIMAL: EXAME CLÍNICO E RADIOGRÁFICO COM USO DE FILTRO DIGITAL DE COR - ESTUDO *IN VITRO*.

**Unitermos:** Cárie Dentária; Radiografia Dentária; Intensificação de Imagem radiográfica; Microscopia.

### **RESUMO:**

O objetivo do trabalho foi avaliar, *in vitro*, a profundidade de lesões de cárie proximal em dentes posteriores, comparando os exames clínico e radiográfico interproximal, com e sem a aplicação de cores, ao exame histológico. 142 superfícies proximais foram avaliadas clinicamente e radiografadas. Para obtenção do padrão-ouro do estudo o exame histológico com cortes seriado foi realizado e as secções adquiridas, assim como as radiografias, digitalizadas com *scanner*. A partir da criação de um programa digital, foi possível a aplicação de cores nas imagens radiográficas de maneira padronizada, de acordo com a intensidade de *pixels* de cada superfície. A profundidade das lesões foi aferida por meio de escores e de medidas nas imagens histológicas, radiográficas com e sem o uso de cor em cada superfície da amostra. O programa não foi capaz de diferenciar superfícies híginas e lesões em diferentes profundidades no esmalte. Em relação às lesões que apresentavam histologicamente alteração na metade externa dentina, 55,56% tiveram sua profundidade subestimada, contudo nenhuma era cavidade em dentina. Todas as lesões que apresentavam profundidade histológica na metade interna de dentina apresentavam cavidade em dentina e mostraram a mesma extensão com a aplicação de cor na radiografia, superando os resultados obtidos com a radiografia sem cor. Em relação às medidas de profundidade, quando um desvio-padrão foi subtraído da média de densidade óptica para a aplicação de cores, as medidas resultantes não diferiram significativamente daquela do exame histológico de acordo com a Análise de Variância, utilizando o delineamento de blocos casualizados, complementado pelo teste de Comparações Múltiplas de Tukey. O uso de um programa digital que determina de maneira padronizada como cada imagem deve ser colorida auxilia no diagnóstico de lesões de cárie que apresentam extensão histológica em dentina, especialmente aquelas que atinjam a sua porção interna.

## INTRODUÇÃO

O diagnóstico de lesões de cárie proximal apresenta limitações, especialmente quando se trata de lesões com pequenas dimensões, devido ao ponto de contato e à dimensão vestibulo-lingual dos dentes posteriores, que dificultam a identificação direta da superfície [Rimmer e Pitts, 1990]. Por essa razão, a associação entre exame clínico criterioso e exame radiográfico de qualidade assumiu um papel imprescindível para o diagnóstico dessas superfícies [Bille e Thylstrup, 1982; Rimmer e Pitts, 1990; Pitts e Rimmer, 1992]. Entretanto, o exame radiográfico apresenta limitações, tais como a baixa sensibilidade [Wenzel et al. 1990] e a alta variabilidade inter e intra-examinador [Goldman et al., 1972; Goldman et al., 1974]. Além disso, o método subestima a profundidade das lesões cariosas [Bille e Thylstrup, 1982; Wenzel et al., 1990; Shrout et al., 1996; Tan et al., 2002] e não é capaz de identificar a condição clínica quanto à presença ou não de cavidade, um dos fatores determinantes na indicativa de tratamento conservador ou invasivo [Bille e Thylstrup, 1982; Rimmer e Pitts, 1990; Tan et al., 2002]. A limitação do exame radiográfico em determinar com precisão a presença de cavidade em superfície proximal, principalmente nas lesões com extensão intermediária [Bille e Thylstrup, 1982; Pitts e Rimmer, 1992; Akapata, 1996; Feldens et al., 2003], é responsável por inúmeros sobretratamentos [Bille e Thylstrup, 1982; Tan et al., 2002], tornando importante o estudo de qualquer recurso que possa auxiliar nesse processo.

As imagens radiográficas digitais têm sido cada vez mais utilizadas no processo de diagnóstico [Mol e van der Stelt, 1993]. Programas que acompanham os sistemas digitais oferecem recursos de manipulação das imagens, tais como ajuste de brilho e contraste, determinação do nível de cinza com exibição de histograma, inversão das tonalidades de cinza, aplicação de pseudocores, magnificação de uma área de interesse e

utilização de régua eletrônica, o que pode facilitar alguns aspectos da interpretação e permitir análises quantitativas [Versteeg et al., 1997].

De acordo com Wenzel et al. [1990] o processamento digital aumenta substancialmente a acurácia na determinação de medidas de profundidade de cárie. Entretanto, apesar das medidas digitais apresentarem mais precisão do que as obtidas sobre as radiografias convencionais, elas não estão livres de erros [Dunn e Kantor, 1993], principalmente devido à dificuldade de diferenciar tons de cinza muito próximos [Ohki et al., 1994]. Utilizando os próprios recursos dos sistemas digitais é possível transformar as distintas tonalidades de cinza em cores diferentes, o que facilitaria a diferenciação de áreas mais ou menos densas, já que o olho humano pode distinguir cores mais facilmente. Entretanto, na maioria das vezes, esse efeito distrai o observador do real conteúdo da imagem [Mol, 2000]. Sendo assim, o filtro de pseudocolorização é citado na literatura como o pior recurso digital auxiliar de diagnóstico [Gonçalves et al., 2005]. Um grande empecilho à aceitação universal de uma escala de cores sobre as imagens digitais é a falta de padronização. Assim, o vermelho pode significar uma maior densidade num sistema e uma pequena, em outro sistema [Scarfe et al., 1999].

A partir do desenvolvimento de um programa digital que determina de maneira padronizada como cada imagem deve ser colorida, o objetivo desse trabalho foi avaliar, *in vitro*, a profundidade de lesões de cárie proximal em dentes posteriores, comparando os exames clínico e radiográfico interproximal, com e sem a aplicação de cores, ao exame histológico.

## **METODOLOGIA**

### **Realização de exame clínico, radiográfico e histológico**

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, parecer número 15/04.

Foram incluídos na amostra dentes pré-molares e molares superiores e inferiores hígidos ou cariados nas superfícies proximais, em diferentes estágios de progressão da lesão. Foram excluídos dentes que apresentavam ampla destruição coronária ou restaurações nas superfícies proximais. A presença de lesão de cárie profunda na superfície oclusal também foi critério de exclusão.

Foram utilizados 121 dentes humanos extraídos, armazenados em solução de formalina neutra a 2% tamponada, obtidos de diferentes clínicas Odontológicas de Porto Alegre e do Banco de Dentes da Universidade de São Paulo.

Foi realizada uma profilaxia prévia dos dentes com escova Robson e pasta profilática. O exame clínico das superfícies proximais dos dentes foi realizado por um examinador, dispondo de seringa tríplice e um refletor de luz clínico-odontológico. Os escores clínicos atribuídos foram: 0- superfície hígida; 1- superfície com lesão de cárie sem cavidade; 2- superfície com lesão de cárie com cavidade em esmalte; 3- superfície com lesão de cárie com cavidade em dentina.

Após a realização do exame clínico, os dentes foram montados em blocos de parafina cobrindo sua porção radicular, cada um com três dentes, criando quatro superfícies de contatos proximais para simular sua posição na cavidade bucal. As superfícies sem contato dos dois dentes do início e final de cada bloco não foram utilizadas. Das 148 superfícies existentes, 142 foram incluídas na amostra, sendo 82 superfícies de pré-molares e 60 de molares.

Para simulação dos tecidos moles foi adicionada, por vestibular de cada bloco, uma placa de acrílico autopolimerizável (Artigos Odontológicos Clássico - São Paulo - SP) com espessura de 2 cm. As radiografias foram realizadas com filmes Kodak Insight? nº 2 (Kodak – São Paulo – SP – BR) com aparelho de raios X Pro 70 Intra? (Prodental Equipamentos Odontológicos Ltda – Ribeirão Preto – SP –BR) calibrado, operando em regime de 70 kVp, 10 mA, 0,3 segundos de exposição e distância foco-filme de 28 cm. Os filmes foram processadas pelo método automático (DentX 9000? – DentX – Elmsford – Nova Iorque – EUA) em ciclo seco a seco de 4,5 minutos.

Para validação do diagnóstico, foi realizada análise histológica com cortes seriados. Os dentes foram cortados logo abaixo de seu colo, com a finalidade de separar a coroa das raízes. A porção coronária foi fixada em uma placa de acrílico com cera (Horus azul, Denstply/Herpo – Petrópolis – RJ – BR) e adaptada a uma cortadeira (Isomet<sup>TM</sup> Low Speed Saw, Buehler – Lake Bluff – IL – EUA), sendo então seccionada no centro, no sentido vestibulo-palatino, com disco diamantado dupla face (Disco Buehler? número 11-4243, Lake Bluff – IL – EUA) sob refrigeração. Cada secção obtida também foi fixada na placa de acrílico e adaptada à cortadeira com a finalidade de obter cortes na direção mesio-distal com espessura aproximada de 400 µm, sendo um deles no centro da lesão.

### **Digitalização das imagens**

As radiografias foram digitalizadas individualmente por meio de um *scanner* de mesa com leitor de transparência Epson Perfection 2450® (Epson – Long Beach – Califórnia – EUA), com o auxílio de uma máscara em acrílico preto, contendo aberturas com as mesmas dimensões dos filmes utilizados, de forma a posicionar as radiografias na mesa do *scanner* e impedir a incidência de luz fora de seus limites. Os parâmetros de

digitalização foram: ajuste automático de brilho e contraste, tamanho original, resolução de 300 dpi e 256 tons de cinza. As imagens resultantes foram armazenadas no formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) nível 12.

Os dois lados de cada secção histológica obtida também foram digitalizadas no mesmo *scanner*, no modo reflexivo e com a tampa aberta, com ajuste automático de brilho e contraste, em tamanho original, com resolução de 2400 dpi e padrão de cores RGB. Várias secções cobriram a mesa do *scanner* e foram digitalizadas simultaneamente [Larentis et al., resultados não publicados].

### **Obtenção dos escores radiográficos**

As imagens radiográficas digitalizadas foram avaliadas por um observador em monitor de 14", com resolução de 1024 x 768 *pixels* e fundo preto, em ambiente escurecido, com distância de 50 a 100 cm. Não foi permitido ao observador o acesso aos resultados do exame clínico. Os escores radiográficos atribuídos foram: 0- superfície hígida; 1- superfície com radiolucidez na metade externa de esmalte; 2- superfície com radiolucidez na metade interna de esmalte; 3- superfície com radiolucidez na junção amelo-dentinária (JAD); 4- superfície com radiolucidez na metade externa da dentina; 5- superfície com radiolucidez na metade interna da dentina.

### **Obtenção de medidas e escores histológicos**

As imagens das secções histológicas foram avaliadas nas mesmas condições do exame radiográfico. O observador não possuía acesso aos resultados da avaliação clínica e radiográfica durante a realização da análise histológica. Utilizando a régua eletrônica do programa Photoshop 7.0 (Adobe Systems – San Jose – CA – EUA) o observador

realizou medidas, em *pixels*, de profundidade de lesões de cárie nas secções histológicas adquiridas.

Para cada superfície, a secção histológica que apresentou a maior profundidade de lesão foi selecionada e dado os seguintes escores histológicos: 0- superfície hígida; 1- superfície com lesão na metade externa de esmalte; 2- superfície com lesão na metade interna de esmalte; 3- superfície com lesão na JAD; 4- superfície com lesão na metade externa da dentina; 5- superfície com lesão na metade interna da dentina. A medida resultante de cada superfície selecionada e o seu escore foram considerados o padrão-ouro do estudo.

### **Padronização das imagens**

Cada imagem radiográfica digitalizada foi recortada, de maneira que fosse possível separar a metade mesial e distal de cada dente e então colocada ao lado da histológica correspondente à mesma superfície. A imagem histológica foi duplicada, redimensionada para 300 dpi e sobre ela colada como camada transparente à imagem radiográfica, de maneira a padronizar a inclinação das imagens radiográficas e histológicas das mesmas superfícies. Para padronizar as imagens em relação ao seu tamanho, devido à ampliação do exame radiográfico, foram realizadas mesmas guias de referências de medidas nas secções histológicas e nas radiografias. Para as imagens com escore histológico 1, 2 e 3 foram realizadas medidas da distância da superfície externa do dente até a JAD. Para as lesões com escore histológico 4 e 5 foram realizadas medidas da JAD até o início da câmara pulpar, devido a muitas dessas superfícies possuírem cavidade e, por isso, perderem sua referência externa (figura 1)

### **Programa digital de cor (PDC)**

Um PDC, criado especificamente para essa finalidade, foi utilizado para colorir de maneira padronizada as imagens radiográficas de acordo com a intensidade de *pixels* de cada superfície. Para isso, as superfícies radiográficas que apresentavam lesões com escore 0, 1, 2 e 3 foram duplicadas e, na primeira imagem, um pequeno quadrado foi selecionado na metade da espessura do esmalte, acima do ponto de contato, não incluindo a área da lesão, e foi adquirida a média da densidade óptica e o seu desvio-padrão. Na segunda imagem outro quadrado foi demarcado em dentina, na metade da distância entre a JAD da superfície oclusal e o limite superior da cavidade pulpar, não incluindo a área da lesão, e nova média da densidade óptica e desvio-padrão obtidos (figura 1). O intervalo entre o valor médio da densidade previamente estabelecido para cada superfície e o valor 255 foi o escolhido para que as áreas cujas densidades se incluíssem nesse intervalo fossem coloridas.

Para as lesões que possuíam escore radiográfico 4 e 5 apenas a medida da densidade média na segunda localização foi realizada (dentina oclusal - figura 1). A imagem original foi triplicada e em cada cópia foram utilizados diferentes critérios para aplicação de cores. Na primeira, foi utilizado o intervalo de *pixels* situado entre a média da densidade da dentina daquela imagem e o valor 255, na segunda a média da densidade diminuída de um desvio-padrão até o valor 255 e, na terceira, a média de densidade diminuída de dois desvios-padrão até o valor 255 (figura 2). A todas as imagens radiográficas com cor foram atribuídos os mesmos escores do exame radiográfico (0 a 5).

### Realização de medidas radiográficas

Foram realizadas medidas de profundidade das lesões de cárie, em *pixels*, nas radiografias sem e com a utilização do PDC. Nas imagens radiográficas com cor, a maior profundidade da lesão era determinada pela área do início dos *pixels* que apresentavam-se coloridos e em continuidade. Assim, a medida da profundidade das lesões de cárie correspondia à área que não se apresentava colorida na imagem (figura 1). Como nos casos que apresentavam escores radiográficos 0, 1, 2 e 3 foram obtidas duas densidades médias (esmalte e dentina), foram realizadas duas medidas, *em pixels*, de cada superfície, para determinar qual delas mais se aproximava do padrão-ouro.

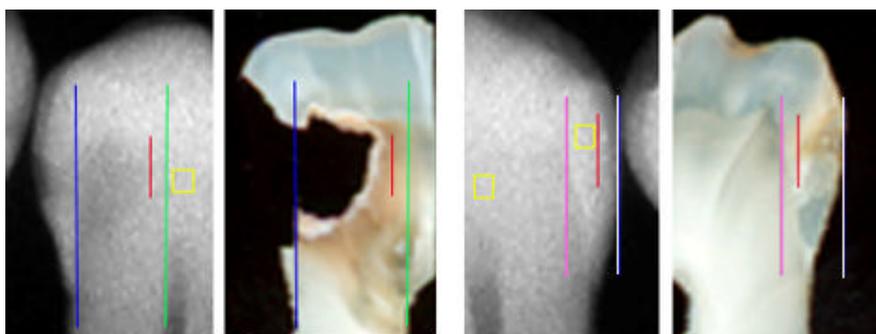


Figura 1. Metodologia para a obtenção de medidas: nas lesões em dentina foram traçadas guias de referência na JAD (azul) e no início da câmara pulpar (verde); nas lesões em esmalte as guias de referência foram localizadas na JAD (rosa) e na porção mais externa da superfície (branco). A profundidade da lesão foi marcada em vermelho. Em amarelo as posições do quadrado para obtenção da densidade óptica média em dentina e esmalte.

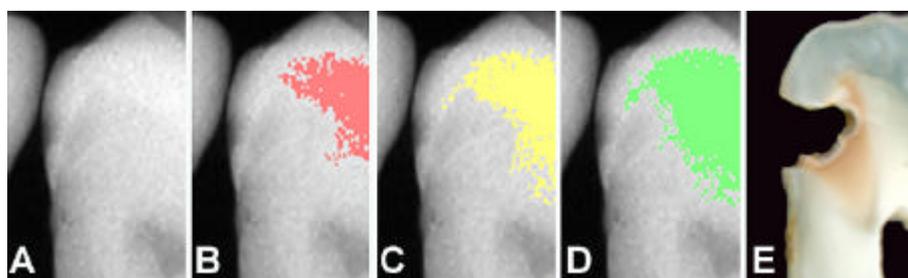


Figura 2. Exemplo de imagem radiográfica digitalizada sem a aplicação de cores (A), utilizando o filtro de cor com base na média da densidade óptica da dentina (B), diminuindo 1 desvio-padrão (C), 2 desvios-padrão (D) e secção histológica (E) do mesmo dente.

### **Reprodutibilidade**

Para avaliar a reprodutibilidade do observador em relação aos escores estabelecidos, os exames clínico, radiográfico e histológico foram realizados novamente em 20% das superfícies, determinadas de maneira aleatória, em um intervalo de, no mínimo, uma semana e todos apresentaram Kappa maior do que 0,8.

Para avaliar a reprodutibilidade das medidas de profundidade das lesões radiográficas e histológicas, 20% das lesões, selecionadas de maneira aleatória, foram medidas novamente com o intervalo de, no mínimo uma semana e analisadas através do Coeficiente de Correlação de Pearson e do Teste t para amostras pareadas com nível de significância de 5%, mostrando não existir diferenças estatísticas entre elas.

### **Análise Estatística**

Para avaliar a associação dos escores clínico, radiográfico sem e com uso de cor e histológico, utilizou-se o teste  $\chi^2$  complementado pela Análise de Resíduos Ajustados. Para a obtenção dos *ranks* médios foi utilizado o teste não paramétrico de Friedman complementado pelo seu teste de comparações múltiplas. Para comparação das medidas de profundidade das lesões de cárie obtidas pelo exame histológico e radiográfico sem e com utilização de cores, utilizou-se a Análise de Variância com delineamento de blocos casualizados, complementado pelo teste de Comparações Múltiplas de Tukey. Todas as análises foram obtidas com nível de significância de 5%.

## RESULTADOS

A tabela 1 mostra a distribuição dos dentes da amostra de acordo com os escores histológicos e clínicos utilizados. Verifica-se que o escore clínico 0 está localmente associado ao escore histológico 0, o escore clínico 1 com os escores histológicos 1 e 2, o escore clínico 2 com os escores histológicos 2, 3 e 4, e o escore clínico 3 com os escores histológicos 4 e 5. Em relação ao escore clínico 1, a tabela mostra que, apesar da associação com os escores histológicos 1 e 2, 8 lesões apresentavam lesões em metade externa de dentina.

Tabela 1 - Distribuição da amostra de acordo com os critérios histológicos estabelecidos e seus aspectos clínicos correspondentes.

Escore Clínico	Escore Histológico						Total							
	0		1		2				3		4		5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
0	37*	94,87	1	7,14	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	38	26,76
1	2	5,13	10*	71,43	9*	42,86	5	33,33	8	22,22	0	0,0	34	23,94
2	0	0,0	3	21,43	12*	57,14	10*	66,67	15*	41,67	0	0,0	40	28,17
3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	13*	36,11	17*	100,0	30	21,13
Total	39	100,0	14	100,0	21	100,0	15	100,0	36	100,0	17	100,0	142	100,0

$\chi^2=225,36$ ;  $p<0,001$

\* Análise de Resíduos Ajustados:  $p<0,05$

Na tabela 2 observa-se a distribuição dos dentes da amostra de acordo com os escores histológicos, clínicos e radiográficos utilizados. Verifica-se que o escore radiográfico 0 está localmente associado ao escore histológico 0, os escores radiográficos 1 a 3 com os escores histológicos 1 a 3, os escores radiográficos 4 com os escores histológicos 4 e 5, e o escore radiográfico 5 com o escore histológico 5. O escore clínico 0 está localmente associado ao escore radiográfico 0, o escore clínico 2 com os escores radiográficos 1 a 3, e o escore clínico 3 com os escores radiográficos 4 e 5.

Tabela 2 - Distribuição da amostra de acordo com os critérios radiográficos estabelecidos e seus aspectos clínicos e histológicos correspondentes.

Escore	Escore Radiográfico								Total	
	0		1 a 3		4		5			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Histológico</i>										
0	38*	48,72	1	3,03	0	0,0	0	0,0	39	27,46
1 a 3	29	37,18	20*	60,61	1	4,35	0	0,0	50	35,21
4	11	14,10	12	36,36	13*	56,52	0	0,0	36	25,36
5	0	0,0	0	0,0	9*	39,13	8*	100,0	17	11,97
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>										
<i>Clínico</i>										
0	36*	46,16	2	6,06	0	0,0	0	0,0	38	26,76
1	21	26,92	11	33,33	2	8,69	0	0,0	34	23,94
2	21	26,92	18*	54,55	1	4,35	0	0,0	40	28,17
3	0	0,0	2	6,06	20*	86,96	8*	100,0	30	21,13
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>										
Total	78	100,0	33	100,0	23	100,0	8	100,0	142	100,0

Escore Histológico  $\chi^2=139,24$ ;  $p<0,001$

Escore Clínico  $\chi^2=137,44$ ;  $p<0,001$

\* Análise de Resíduos Ajustados:  $p<0,05$

Os escores obtidos do exame radiográfico com a aplicação de cores, tendo como base a média de densidade óptica obtida do esmalte e da dentina, realizada nas 111 superfícies que apresentavam escores radiográficos 0 a 3 não diferiram significativamente entre si (*ranks* médios: 2,20 e 2,04, respectivamente). Entretanto, os escores do exame radiográfico com base na média de densidade óptica obtida do esmalte diferiram significativamente do histológico (*rank* médio: 1,77). Os dois métodos de aplicação de cores foram incapazes de discriminar as superfícies histologicamente híidas.

Os escores atribuídos às imagens radiográficas com aplicação de cores, usando a média de densidade óptica da dentina e dela diminuindo um ou dois desvios-padrão, na fração da amostra que apresentava extensão radiográfica da lesão em dentina ( $n=31$ ), foram 100% concordantes.

Foram comparados os escores obtidos do exame radiográfico convencional, com a aplicação de cores tendo como base a média de densidade óptica obtida da dentina,

realizada nas 142 superfícies da amostra, aos escores histológicos. O exame radiográfico convencional subestimou significativamente a profundidade das lesões (*rank* médio: 1,39), enquanto que a aplicação de cores (*rank* médio: 2,44) não diferiu significativamente dos escores histológicos (*rank* médio: 2,16).

Na tabela 3 encontra-se a distribuição dos dentes da amostra de acordo com os escores histológicos e radiográficos com aplicação de cores. Nenhuma das superfícies hígdas ao exame histológico foi identificada com a aplicação de cores na imagem radiográfica, tendo recebido escores 1 a 3 (falso-positivos). Agrupadas, todas as lesões que histologicamente apresentavam extensão até a JAD (escores 1 a 3) foram corretamente classificadas. Já das 36 lesões com extensão histológica na metade externa de dentina, 20 (55,56%) foram classificadas incorretamente nos escores 1, 2 e 3. A aplicação de cores à radiografia resultou na correta identificação da profundidade de lesões em metade interna de dentina em 100% dos casos. Verifica-se que os escores radiográficos com cores 1 a 3 estão localmente associados ao escores histológicos 0 e 1 a 3, o escore radiográfico com cores 4 com o escore histológico 4, e o escore radiográfico com cores 5 com o escore histológico 5.

Tabela 3 - Distribuição da amostra de acordo com os critérios histológicos estabelecidos e seus aspectos radiográficos (com aplicação de cores) correspondentes.

Escore radiográfico com cores	Escore Histológico								Total	
	0		1 a 3		4		5			
	N	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1 a 3	39*	100,0	50*	100,0	20	55,56	0	0,0	109	76,76
4	0	0,0	0	0,0	16*	44,44	0	0,0	16	11,27
5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	17*	100,0	17	11,97
Total	39	100,0	50	100,0	36	100,0	17	100,0	142	100,0

$\chi^2=185,65$ ;  $p<0,001$

\* Análise de Resíduos Ajustados:  $p<0,01$

Na fração da amostra que apresentou ao exame histológico lesões em dentina, não foi observada nenhuma divergência entre os escores histológicos e radiográficos

com aplicação de cores para as 17 lesões com extensão em metade interna de dentina, as quais eram todas cavidades em dentina ao exame clínico. Já nas lesões com extensão histológica em metade externa de dentina (36), houve coincidência de escores em 16 (44,44%) casos, sendo que destes 13 apresentavam-se clinicamente como cavidades em dentina, 1 cavidade em esmalte e 2 lesões sem cavidades. Escores divergentes ocorreram em 20 superfícies, das quais nenhuma era cavidade em dentina, 14 (70,0%) apresentavam cavitação em esmalte e 6 (30,0%) eram lesões sem cavidades.

A tabela 4 mostra as médias das medidas de profundidade de lesões de cárie com extensão em dentina determinada histologicamente (escores 4 e 5, n=53). Observa-se que as médias das medidas obtidas pelo exame histológico foram significativamente maiores que as do exame radiográfico. Quando um desvio-padrão foi subtraído da média de densidade óptica para a aplicação de cores, as medidas resultantes não diferiram significativamente daquela do exame histológico. Os piores resultados foram obtidos quando, para a aplicação de cores, tomou-se como base a média menos dois desvios-padrão.

Tabela 4 - Comparação entre as médias das medidas de profundidade de lesões de cárie com extensão em dentina determinada histologicamente, obtidas pelos métodos histológico, radiográfico e radiográfico com aplicação de cores.

Método de avaliação	Medidas (em <i>pixels</i> )	
	Média	Desvio-padrão
Histológico	45.22 <sup>AB</sup>	23.16
Radiográfico	36.23 <sup>C</sup>	21.78
Radiográfico com cores (média)	48.43 <sup>A</sup>	20.99
Radiográfico com cores (média - 1 desvio-padrão)	43.03 <sup>ABC</sup>	21.98
Radiográfico com cores (média - 2 desvios-padrão)	39.30 <sup>BC</sup>	22.64

Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente, através da Análise de Variância, utilizando o delineamento de blocos casualizados, complementado pelo teste de Comparações Múltiplas de Tukey, ao nível de significância de 5%.

## DISCUSSÃO

A escolha por um estudo com delineamento *in vitro*, utilizando dentes humanos permanentes extraídos foi devido à necessidade da realização do exame histológico das superfícies dentárias. Segundo Hintze e Wenzel [1996] não existem diferenças no diagnóstico de cárie quando radiografias são obtidas em condições clínicas ou laboratoriais.

De acordo com Hintze e Wenzel [2003] os métodos histológicos de hemi-secção e de seccionamento seriado, quando comparados, diferem bastante quanto aos seus desempenhos em relação ao diagnóstico de lesões de cárie. Segundo as autoras, através de cortes seriados é possível de determinar com precisão qual deles representa a maior profundidade da lesão em uma determinada superfície. Por esse motivo, foi realizado para determinar a profundidade das lesões cariosas o exame histológico com cortes seriados.

Larentis et al. [resultados não publicados] validaram uma metodologia que suporta a substituição do uso do estereomicroscópio pelo *scanner* de mesa para aquisição de imagens de hemi-secções dentárias com a finalidade de obtenção de medidas horizontais e verticais. Por ser uma opção que facilita a realização de pesquisas, todas as secções nesse estudo foram digitalizadas com *scanner* de mesa para posterior realização de medidas da profundidade de lesões de cárie. A aquisição de imagens através do uso de um *scanner* é mais rápida, pois é possível que todos os dentes sejam digitalizados simultaneamente, em tamanho real e com a mesma intensidade de luz.

De acordo com os resultados de Wenzel et al. [1995] não houve diferenças significativas em relação à acurácia no diagnóstico de cárie comparando as imagens armazenadas nos formatos TIFF e JPEG. Assim, todos os arquivos de imagem foram

armazenados nesse formato, o qual não causa perda de informação das imagens digitais e resulta em um espaço pequeno ocupado no disco rígido de um microcomputador.

Segundo Chen e Hollender [1995] o local de posicionamento da radiografia na tela do leitor de transparência pode causar variação de densidade óptica. Assim, as radiografias foram digitalizadas individualmente, padronizando seu posicionamento na mesa do *scanner*.

Hermans et al. [1998], sugerem que apenas um observador calibrado deva realizar mensurações em um estudo, eliminando a variabilidade inter-observadores. Assim, optamos por apenas um observador calibrado realizar todas as medidas de profundidade de lesões de cárie.

De acordo com Wenzel et al. [1990] é necessária uma perda mineral substancial para que uma lesão de cárie tenha expressão radiográfica e essa limitação se confirmou no presente estudo, já que 58% das lesões sem cavidade não apresentavam expressão radiográfica. Ao contrário, o uso do PDC não foi capaz de diagnosticar nenhuma superfície hígida, mostrando em todas a presença de lesão. Em relação às lesões com extensão até a JAD (escores histológicos 1 a 3), o exame radiográfico com cores não levou a nenhum resultado falso negativo. Entretanto, para o diagnóstico dessas lesões o PDC apresenta limitações, já que não é capaz de diferenciá-las das superfícies hígidas.

Nas superfícies com comprometimento histológico em metade externa de dentina (n=36) o exame radiográfico permitiu a correta identificação da profundidade da lesão em 13 superfícies. Entretanto, 12 superfícies apresentavam extensão histológica até a JAD e 11 eram hígidas. A aplicação de cores nestes casos não resultou em nenhuma superfície interpretada como hígida nem com maior profundidade histológica. A profundidade da lesão foi corretamente estimada em 44,44% dos casos e subestimada em 55,56% superfícies. Dessas lesões incorretamente diagnosticadas (n=20), nenhuma

apresentava cavidade em dentina: seis eram lesões sem cavidade e 14 cavidades em esmalte. Quando o PDC mostrou extensão na metade externa de dentina (n=16) existiu uma forte probabilidade das lesões apresentarem cavidade em dentina (n=13).

Das lesões que apresentaram histologicamente extensão em metade interna de dentina, cerca da metade tiveram sua profundidade subestimada na radiografia, ao passo em que todas foram corretamente identificadas quando a cor foi aplicada e todas apresentavam cavidade em dentina. Assim, a incapacidade do exame radiográfico determinar com segurança a presença de cavidade de uma lesão proximal, especialmente quando a radiolucidez se estende na metade externa de dentina [Bille e Thylstrup, 1982; Pitts e Rimmer, 1992; Akapata, 1996; Feldens et al., 2003], pode ser diminuída com o uso do PDC, já que ele foi capaz de identificar todas as lesões com profundidade na metade interna de dentina quando elas verdadeiramente apresentam essa extensão histológica, diferente do exame radiográfico.

As medidas radiográficas realizadas nesse estudo subestimaram a profundidade das lesões de cárie, concordando com os achados da literatura [Bille e Thylstrup, 1982; Tan; Evans e Morgan, 2002]. Entretanto, nos casos das lesões que histologicamente apresentavam alteração em dentina e que o PDC foi utilizado a partir da média de densidade óptica da superfície, as medidas de profundidade obtidas não diferiram significativamente daquela do exame histológico.

O olho humano que não é capaz de identificar corretamente os tons de cinza muito próximos em uma radiografia e, por isso, é difícil estabelecer corretamente a profundidade de lesões de cárie sem utilização de algum recurso auxiliar [Ohki et al., 1994]. De acordo com resultados desse estudo, a aplicação de cores às imagens radiográficas facilita esse processo, contrariando o observado por Gonçalves et al. [2005], quando o uso de cores dificultou a determinação da profundidade de lesões de

cárie proximais. Essa divergência de resultados certamente deve-se ao fato do programa utilizado determinar de maneira padronizada como cada imagem deve ser colorida, ao contrário dos filtros de pseudocolorização que acompanham os sistemas digitais [Scarfe et al., 1999], já que a média de densidade varia muito em relação a qual dente e superfície estamos avaliando.

Assim, o PDC é capaz de identificar todas as lesões com profundidade na metade interna de dentina quando elas verdadeiramente apresentam essa extensão histológica. Novas perspectivas para o diagnóstico das lesões de cárie proximal surgem, sendo necessárias pesquisas clínicas que suportem os resultados encontrados *in vitro*.

## REFERÊNCIAS

Akapata ES, Farid MR, Al-Saif K, Roberts EAU: Cavitation at radiolucent areas on proximal surface of posterior teeth. *Caries Res* 1996;30:313-316.

Bille J, Thylstrup A: Radiographic diagnosis and clinical tissue changes in relation to treatment of approximal carious lesion. *Caries Res* 1982;16:1-6.

Chen SK, Hollender L: Digitizing of radiographs with a flatbed scanner. *J Dent* 1995;23:205-208.

Dunn SM, Kantor M.L: Digital radiology: facts and fictions. *J Am Dent Assoc* 1993; 124:38-47.

Feldens CA, Tovo MF, Kramer PF, Feldens EG, Ferreira SH, Finkler M: An in vitro study of the correlation between clinical and radiographic examinations of proximal carious lesions in primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 2003;27:143-147.

Goldman M, Pearson AH, Darzenta, N: Endodontis success – who's reading the radiograph? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972;33: 432-437.

Goldman M, Pearson AH, Darzenta N: Reliability of radiographic interpretations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974;38:287-293.

Gonçalves MA, Cordeiro RCL, Santos-Pinto LAM, Oliveira WS: Efetividade dos recursos de imagem digital e desempenho do examinador na determinação da profundidade da lesão de cárie oclusal. *Revista da ABRO* 2005;6:17-23.

Hermans R, Feron MF, Bellon E, Dupont P, Bogart WV, Baert AL: Laryngeal tumor volume measurements determined with CT: a study on intra and interobserver variability. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998; 40: 553-57.

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

Hintze H, Wenzel A: Clinical and laboratory radiographic caries diagnosis. A study of the same teeth. *Dentomaxillofac Radiol* 1996;25:115-118.

Mol, A: image processing tools for dental applications. *Dent Clin North Am* 2000; 44:299-318.

Mol A., Stelt P.F: Locating the periapical region in dental radiographs using digital image analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;75:373-382.

Ohki M, Okano T., Nakamura T: Factors determining the diagnostic accuracy of digitized conventional intraoral radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 1994;23:77-82.

Pitts NB, Rimmer PA: An in vivo comparison of radiographic and directly assessed clinical caries status of posterior approximal surfaces in primary and permanent teeth. *Caries Res* 1992;26:146-152.

Rimmer PA., Pitts N.B: Temporary elective tooth separation as a diagnostic aid in general dental practice. *Br Dent J* 1990;11:87-92.

Scarfe WC, Czerniejewski VJ, Farman AG, Avant SL, Molteni R: In vivo accuracy and reliability of colorcoded image enhancements for the assessment of periradicular lesion dimensions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1999;88:603-611.

Shrout MK et al: Digital enhancement of radiographs: can it improve caries diagnosis? *J Am Dent Assoc* 1996;127:469-473.

Tan, PLB, Evans RW, Morgan MV: Caries, bitewing, and treatment decisions. *Aust Dent J* 2002;47:138-41.

Versteeg CH., Sanderink, GCH, van der Stelt, PF: Efficacy of digital intra-oral radiography in clinical dentistry. *J Dent* 1997; 25:215-224.

Wenzel A, Borg E, Hintze H, Gröndahl HG. Accuracy of caries diagnosis in digital images from charge-couple device and storage phosphor systems: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 1995;24:250-254.

Wenzel A, Fejerskov O, Joyston-Bechal S, Groeneveld A: Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and digitized, processed radiographs. *Carie Res* 1990;24:327-333.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico de lesões de cárie proximal continua sendo um problema para a Odontologia, devido à dificuldade da visualização direta dessas superfícies e das limitações que o exame radiográfico apresenta.

Estudos *in vitro* continuam sendo realizados na tentativa de estabelecer um método de diagnóstico confiável que determine corretamente a profundidade destas lesões. O padrão ouro mais indicado nesse tipo de estudo é a avaliação histológica, a qual, de acordo com os resultados apresentados no artigo 1, pode ser realizada sobre a imagem digitalizada em *scanner* das secções histológicas.

Na prática clínica, muitos dentistas optam pela realização do tratamento restaurador baseados na presença de alteração radiográfica em dentina, o que gera inúmeros sobretratamentos, já que lesões com essa profundidade radiográfica podem não apresentar cavidades ou progressão. Assim, a literatura é vasta em estudos que buscam um recurso de diagnóstico auxiliar para esse processo.

Novas expectativas em relação ao diagnóstico de lesões de cárie proximal surgem, pois de acordo com os resultados dessa pesquisa, a metodologia para a aplicação de cores à radiografia, utilizando como referência a média de densidade óptica da dentina do dente em avaliação, foi capaz de identificar todas as lesões de cárie proximal que apresentam extensão na metade interna de dentina. Assim, pode-se inferir que sempre que a aplicação de cores determinar essa profundidade, as lesões apresentarão cavidade em dentina, sendo esse um dos critérios determinantes para a realização de tratamento invasivo.

A falta de conhecimento quanto à origem dos dentes da amostra impede que fatores como idade, história de doença cárie e características do ambiente bucal sejam

levados em consideração nos resultados de um estudo *in vitro*. Assim, outras pesquisas com delineamento *in vivo* capazes de gerar mais evidências científicas, tornam-se necessárias para que os resultados dessa pesquisa possam ser extrapolados para a prática clínica.