

## **Subtração digital radiográfica – identificação precoce de perdas minerais em esmalte\***

### **Digital subtraction radiography – identification of incipient enamel mineral loss\***

**Gustavo Nogara DOTTO**

**Patrícia Pasquali DOTTO**

Doutorando – Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Concentração Radiologia – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP

**Luiz Cesar de MORAES**

**Edmundo MÉDICI FILHO**

Professor Titular – Disciplina de Radiologia – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP

**Mari Eli Leonelli de MORAES**

**Júlio Cezar de Melo CASTILHO**

Professor Adjunto Doutor Disciplina de Radiologia – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP

**Ivan BALDUCCI**

Professor Assistente – Disciplina de Bioestatística e Metodologia Científica – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP

**José Antonio Pereira SALGADO**

Doutor – Área de Concentração Radiologia – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP

---

#### **RESUMO**

Neste estudo *in vitro*, avaliou-se a progressão da perda mineral causada pela aplicação de ácido clorídrico a 18% em esmalte proximal de dentes pré-molares humanos, utilizando a técnica de subtração digital de imagens, por meio da comparação dos valores de densidade óptica nas ROI com e sem aplicação ácida. Foram utilizados um aparelho radiográfico Gendex 765DC e o sistema Visualix Gx-S HDI para radiografia digital direta. Os resultados foram obtidos utilizando três tempos de exposição aos raios X (0,025, 0,050, 0,100s) com e sem a interposição de um simulador para tecidos moles. Variação no tempo de exposição aos raios X e uso de simulador não tem influência sobre os valores de densidade óptica das imagens radiográficas subtraídas ( $p>0,05$ ). Os valores de densidade óptica diferiram entre as ROI com e sem aplicação ácida ( $p=0,00$ ). A variação na densidade óptica das ROI possibilitou avaliar a progressão da perda mineral em esmalte proximal utilizando imagens radiográficas subtraídas; a técnica de subtração digital da imagem radiográfica permitiu a visualização da progressão da perda mineral em esmalte proximal.

#### **UNITERMOS**

Técnica de subtração; radiografia dentária digital; cárie dentária; intensificação de imagem radiográfica; radiografia; esmalte dentário; humano; *in vitro*

---

\* Resultados parciais da Dissertação de Mestrado – Área de Concentração Radiologia – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP.

## INTRODUÇÃO

A técnica de subtração digital de imagens radiográficas permite visualizar alterações entre duas imagens, insuficientes para serem vistas pelo olho humano<sup>13</sup>. A subtração digital também reduz os erros inerentes a técnica de subtração fotográfica da imagem, minimizando ou ainda eliminando as diferenças relevantes produzidas pela não linearidade do filme, fatores de exposição e variações no processamento. As investigações com o uso do computador e digitalização de radiografias, começaram nos anos 60 na área médica, porém, o primeiro sistema disponível comercialmente para subtração digital de imagens radiográficas surgiu nos anos 70 para uso em angiografias.

A subtração pode ser muito útil clinicamente para monitorar o reparo ósseo de lesões periapicais após o tratamento endodôntico, avaliar a longo prazo as lesões chamadas de cicatrizes periapicais ou escaras, monitorar a progressão ou reparo na doença periodontal e também para avaliar a progressão de perdas minerais por cárie dentária. É possível detectar mínimas alterações, não visíveis pelo olho humano na radiografia convencional (REDDY & JEFFCOAT<sup>13</sup>, 1993).

A técnica de subtração digital radiográfica é uma ferramenta de pesquisa sensível para todos os estudos relacionados a perda ou ganho de estruturas minerais em ossos e dentes. Já ficou comprovado que a técnica de subtração digital pode mostrar alterações na densidade mineral na ordem de 5%, muito abaixo dos 30-60%, necessários para visualização na radiografia (ÁVILA et al.<sup>2</sup>, 1996).

O componente mais crítico de um sistema de subtração digital radiográfica é a reprodutibilidade da geometria de relação entre objeto, filme e fonte de raios X (PARKS & WILLIAMSON<sup>12</sup>, 2002). É muito difícil conseguir essa perfeita geometria com os aparelhos radiográficos intrabuciais, mesmo com o uso de posicionadores para filme. Uma vez que exista reprodutibilidade geométrica entre duas radiografias, só o que se precisa é de um programa compatível.

Então, fica claro que para se realizar a técnica de subtração radiográfica digital é necessário um programa especializado e radiografias idênticas, porém executadas em tempos diferentes. O computador sobrepõe as duas imagens e subtrai pixel por pixel, formando uma terceira imagem aonde temos um valor de cinza neutro para os locais sem alteração e valores mais próximos de 0 (preto) ou de 255 (branco), dependendo da ordem de sobreposição das imagens.

O objetivo deste trabalho foi avaliar *in vitro* a progressão da perda mineral causada pela aplicação de ácido clorídrico a 18% em esmalte proximal de dentes pré-molares humanos, utilizando a técnica de subtração digital de imagens, por meio da comparação dos valores de densidade óptica nas regiões de interesse, com e sem aplicação ácida.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho de pesquisa foi realizado utilizando 54 pré-molares humanos (aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa - CEP da FOSJC/UNESP, protocolo 004/2002 - PH/CEP). O critério para escolha dos dentes foi o de integridade das coroas dos mesmos.

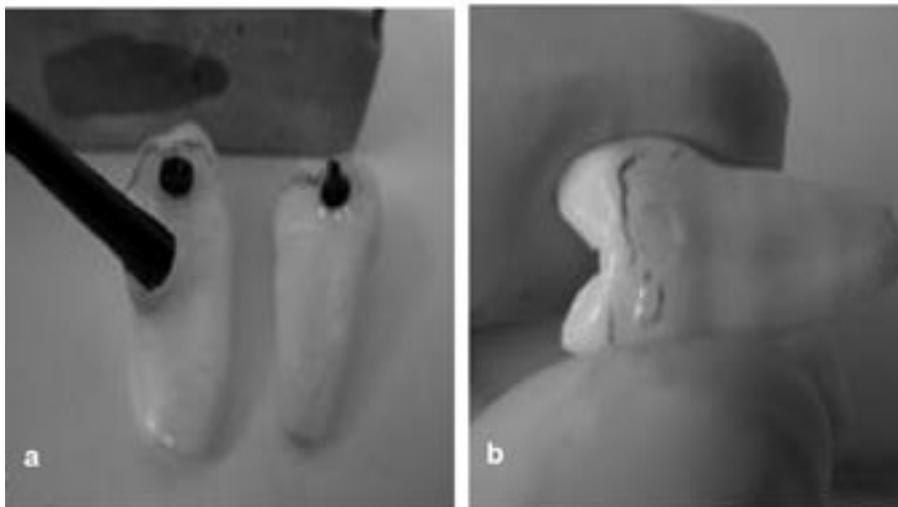
Em todos os dentes foi aplicado ácido clorídrico a 18% em uma das faces proximais. Os dentes foram radiografados antes e após a aplicação ácida, utilizando o sensor CCD do sistema de radiografia digital direto Visualix Gx-S HDI (Gendex Dental Systems, Dentsply International, Chicago, IL, USA). As radiografias digitais foram transferidas para o programa Image Tool 1.27 no qual foi selecionada a “Region of Interest” (ROI) e feita a análise quantitativa por meio de subtração radiográfica de imagem. Foi sobreposta a radiografia após a aplicação do ácido sobre a inicial.

Os dentes foram montados em duplas sobre blocos de gesso pedra tipo IV, com o objetivo de padronizar a técnica radiográfica e possibilitar a execução de radiografias comparáveis.

Foi utilizado um simulador de tecidos moles de resina acrílica incolor termopolimerizável medindo 1X4X3cm de espessura, comprimento e altura respectivamente. As radiografias foram realizadas com e sem a interposição desse simulador para avaliar a possível influência do mesmo nos tons de cinza da imagem subtraída.

Utilizando borracha de câmara de automóvel e perfurador para borracha, foi confeccionado para cada dente um cone desse material medindo aproximadamente 1mm de diâmetro (Figura 2). Em cada dente foi colado um desses cones, em uma de suas faces proximais.

O dente foi protegido com base para unhas (Figura 1). Depois de seco, o cone de borracha foi removido, criando-se uma área de esmalte sem proteção. O objetivo dessa janela foi o de possibilitar a aplicação do ácido em esmalte proximal simulando uma lesão de cárie inicial nessa superfície.



**FIGURA 1** – Proteção dos dentes e área para ataque ácido: a) proteção do dente com esmalte para unhas; b) área circular de esmalte exposto onde irá agir o ácido.

Os 54 dentes foram divididos em três grupos de 18 dentes, ou seja, nove blocos contendo uma dupla de dentes cada um. Cada grupo seria submetido a aplicação do ácido por períodos de tempo diferentes. Antes do início da aplicação do ácido, foram realizadas radiografias de controle para cada par de dentes. Após essa etapa, a dupla de dentes foi mergulhada em recipiente de vidro contendo 50ml de ácido clorídrico a 18%. O ácido agiu sobre o esmalte exposto na janela da face proximal de ambos os dentes, utilizando-se a mesial de um e a distal do outro.

O ácido foi aplicado pelo tempo de 2, 3,5 e 5 minutos em cada grupo de 18 dentes separadamente.

Após o dente ser removido do ácido foi lavado com água corrente, seco e então recolocado em posição restabelecendo o contato proximal possibilitando a nova radiografia.

No total foram realizadas 324 radiografias utilizando três valores de exposição aos raios X: 0,025, 0,050 e 0,100s, ou então, 0,17, 0,35 e 0,7mAs, respectivamente. As imagens foram obtidas com e sem a interposição do simulador para tecidos moles. Foram realizadas duas radiografias: inicial e segmento (após a aplicação do ácido). Utilizando as radiografias digitais foram obtidas 162 imagens subtraídas. Todas as imagens foram arquivadas no formato BMP (Bitmaps do Windows).



**FIGURA 2** – Técnica radiográfica ilustrando a base de gesso pedra acomodada sobre o posicionador de Rinn estando esse fixo a uma base de gesso comum.

O programa Image Tool permitiu a sobreposição automática das imagens duas a duas, sendo que sempre era sobreposta a imagem após a ação do ácido sobre

a inicial. Antes de sobrepor as imagens foi preciso definir a ROI de cada imagem, minimizando os erros de alinhamento geométrico.

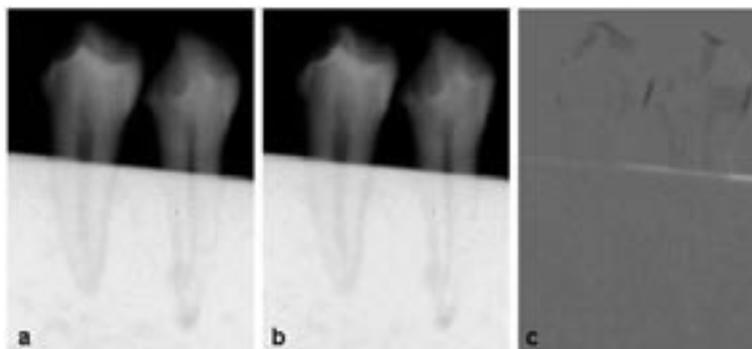


FIGURA 3 – Radiografias digitais: a) imagem inicial; b) imagem de segmento; c) radiografia subtraída.

A observação visual da radiografia subtraída permitiu dizer se houve ou não alteração.

Foram selecionados quatro pontos em região sadia do esmalte e quatro pontos na região escurecida, onde foi aplicado ácido. A média desses pontos possibilitou comparar regiões com e sem aplicação ácida. Foi avaliado nas ROI com e sem aplicação ácida as variações na densidade óptica devido a perda mineral, e qual a relação com a progressão do tempo de aplicação do ácido.

Utilizando o teste ANOVA foram avaliadas as variações na densidade óptica devido ao uso de simulador para tecidos moles, à variação nos valores

de exposição aos raios X e aos diferentes tempos de aplicação ácida.

## RESULTADOS

Pela análise dos dados das Tabelas 1 e 2, pode-se observar que a média e o DP dos níveis de cinza nas imagens subtraídas se mantêm razoavelmente constantes, mesmo variando a exposição aos raios X ou então na ausência ou presença de simulador para tecidos moles. Pode-se observar que as médias ficam em torno de 127, sendo esse o valor de cinza neutro, obtido pela sobreposição de duas imagens idênticas.

Tabela 1 – Valores estatísticos da distribuição dos níveis de cinza nas imagens subtraídas considerando os valores de exposição aos raios X

Tempos de exposição aos raios X	Min	Média	DP	C.V.(%)	Max
0,025s	123,53	127,05	1,50	1,18	131,66
0,050s	124,05	127,00	1,20	0,95	130,29
0,100s	123,93	127,36	1,27	0,99	131,01

Os dados utilizados para a verificação da influência dos diferentes tempos de exposição e da presença ou ausência do simulador foram obtidos apenas das ROI sem aplicação de ácido. Foram utilizadas as imagens obtidas utilizando o menor tempo de exposição, ou seja, 0,025s e sem a interposição de um simulador para tecidos moles. Optou-se por utilizar o menor tempo de exposição devido a grande sensibilidade do sensor CCD, e o simulador não se fez necessário já que este sensor tem maior latitude de exposição.

A análise dos resultados do teste ANOVA permite observar que, não existe variação significativa ( $p=0,10$ ) nas médias dos níveis de cinza das imagens subtraídas devido a uma variação nos fatores de exposição aos raios X ou então a interposição de um simulador para tecidos moles ( $p=0,86$ ).

Também foi avaliada a relação dos três tempos de aplicação do ácido em esmalte proximal (2, 3,5 e 5 minutos) com a média dos níveis de cinza nas imagens subtraídas (Tabela 3).

**Tabela 2 – Valores estatísticos da distribuição dos níveis de cinza nas imagens subtraídas considerando a presença de simulador para tecidos moles**

Simulador para tecidos moles	Min	Média	DP	C.V.(%)	Max
Ausente	124,05	127,13	1,38	1,09	131,66
Presente	123,53	127,15	1,28	1,01	130,55

**Tabela 3 – Valores estatísticos da distribuição dos níveis de cinza nas imagens subtraídas considerando os três tempos de aplicação do ácido em esmalte proximal**

Tempo de aplicação do ácido em esmalte	Min	Média	DP	C.V.(%)	Max
ROI sem aplicação ácida	125,8	127,12	1,35	1,03	131,20
2 min	76,67	100,07	12,49	12,48	120,67
3,5 min	67,33	98,95	14,57	14,72	126,33
5 min	62,00	91,55	14,94	16,32	122,00

Pode-se observar uma variação nas médias, as quais decrescem com o aumento do tempo de ação do ácido clorídrico em esmalte proximal. Um maior tempo de aplicação ácida, permite observar, nas ROI das imagens subtraídas, uma queda nos valores dos pixels aproximando-se do valor 0 ou preto.

A análise pelo teste ANOVA permite observar que existe um valor de  $p=0,00$ , referente a variável tempos de aplicação ácida, ou seja, aumentando o tempo de ação do ácido clorídrico em esmalte proximal de pré-molares, pode-se observar uma queda na média do valor dos pixels envolvidos na zona que perde mineral. Essa queda na média fica matematicamente evidente ao se avaliar a densidade óptica da região (ROI) antes e após a aplicação do ácido.

Já com o tempo de aplicação ácida de 2 minutos pode-se observar uma variação estatisticamente significativa no valor médio dos pixels da ROI. Por

outro lado, não existiu uma diferença estatisticamente significativa nas ROI relacionada a utilização de diferentes tempos de exposição aos raios X.

## DISCUSSÃO

Uma das necessidades mais importantes para obter radiografias idênticas é a padronização da geometria de exposição do filme ou sensor<sup>2,11</sup>. Esse é atualmente o motivo que limita a aplicabilidade da subtração radiográfica na rotina clínica dos consultórios. Variações nessa geometria causam problemas relativos a detecção de cáries proximais, já que a localização dessas lesões na superfície externa do esmalte, combinada com o altíssimo contraste radiográfico entre a superfície do esmalte e o ar, faz com que mesmo o mais leve desalinhamento possa causar um obscurecimento completo da imagem radiolúcida da lesão em superfície proximal<sup>5</sup>.

Neste trabalho, a correção de contraste entre as imagens não foi necessária devido a utilização de um sensor digital com maior latitude de exposição, tal como o sensor CCD do Visualix HDI e também a utilização de um aparelho radiográfico com corrente contínua tal como o 765DC, o qual permite a repetição das incidências com o mesma quantidade de radiação, dessa forma, as imagens já eram obtidas com o mesmo contraste dentro de uma mesma faixa de exposição.

Os sensores de imagem radiográfica digital operam sob baixas doses de radiação X, e nessas condições, a relação sinal-ruído (SNR) é um dos mais importantes parâmetros de imagem. O ruído é definido como as variações no fundo, sendo calculado do desvio padrão dos valores de cinza em uma área imediatamente adjacente a região de interesse <sup>1,3</sup>. O ruído presente nas imagens radiográficas digitais utilizadas neste estudo, calculado determinando o desvio-padrão (DP) dos níveis de cinza formadores da imagem, foi muito baixo, ficando em 1,50; 1,20 e 1,27 para os valores de exposição aos raios X de 0,025s, 0,050s e 0,100s, respectivamente. Isto se deve principalmente as características do sensor HDI e também a utilização do aparelho tipo DC com corrente contínua e tempos de exposição bastante baixos.

No diagnóstico de cárie, a subtração também exerce um importante papel, já que essa é uma doença lentamente progressiva estendendo-se ao longo do tempo do esmalte para a dentina <sup>5,7</sup>.

Na imagem subtraída existe uma tonalidade neutra de cinza no valor de 127, que corresponde a sobreposição de estruturas idênticas. Essa tonalidade neutra deixa evidentes as regiões que não sofreram alterações, sendo que essas assumem tonalidades escuras se houve perda mineral ou então claras se houve ganho mineral. Isso ocorre desde que a ordem de sobreposição das imagens seja a imagem final sobre a inicial, ou seja, a ordem utilizada neste estudo.

A variação nos valores de exposição aos raios X e também a utilização de simulador para tecidos moles não exercem interferência nos valores de cinza da imagem subtraída, devido justamente a essa neutralização das áreas que não sofreram alterações.

Nessa pesquisa foi utilizado a segunda geração das técnicas de subtração com registro *a priori* das radiografias. O programa Image Tool versão 1.27 tem algumas limitações, tornando o procedimento mais trabalhoso para o operador e demandando um maior rigor no planejamento da padronização das incidências.

A técnica de subtração digital de imagens radiográficas possibilita uma avaliação quantitativa da imagem, ou seja, quantificar numericamente o

quanto se perdeu ou ganhou de estrutura mineral <sup>12</sup>. Exatamente o que foi realizado neste estudo, já que utilizando os valores de densidade óptica para as ROI antes e após aplicação do ácido, tendo como referência a imagem subtraída, pode-se confirmar a variação nos valores de densidade óptica devido justamente a esta perda mineral. Também esta análise de densidade óptica realizada na imagem subtraída mostrou que nas ROI onde o ácido agiu por mais tempo, encontraram-se valores de cinza mais baixos.

Maggio et al.<sup>11</sup>, (1990) incubaram dentes extraídos em três diferentes meios: saliva artificial, solução de saliva artificial com 5% de glicose e solução de saliva artificial com 5% de sucrose. A diferença entre os dois grupos incubados em açúcares para o grupo controle foi significativa ( $p=0.011$ ). A progressão da lesão cariosa pode ser observada em 75% dos dentes após oito semanas em meio que favoreça a microflora residente. Os autores concluem que a subtração digital radiográfica é um meio eficiente para observar a perda ou ganho de sais de cálcio na estrutura dentária.

Semelhante aos resultados encontrados no trabalho descrito acima, também se pode observar nessa pesquisa, a progressão da perda mineral em esmalte com o aumento do tempo de aplicação do ácido ( $p=0,000$ ). A diferença é que não foram utilizados o mesmo grupo de dentes para exposição aos três tempos de condicionamento, já que por ser o ácido clorídrico um ácido muito forte e atuar em profundidade, este iria deixar um efeito residual na amostra mesmo após lavagem com água corrente. Por isso achou-se conveniente dividir a amostra em três grupos e submeter cada grupo separadamente a um único tempo de condicionamento com o ácido.

Já Wenzel & Halse <sup>15</sup> (1992) observaram, por meio da técnica de subtração digital, o ganho mineral após tratamento com fluoreto estanhoso em 38 terceiros molares humanos extraídos. O aumento na densidade óptica causado pela difusão dos *ions* estanho no tecido dentário foi mais bem identificada na imagem por subtração.

Também Halse et al.<sup>8</sup>, (1994) utilizaram dentes humanos molares extraídos para avaliar a capacidade da subtração digital radiográfica na detecção de pequenos defeitos, criados com broca, no esmalte proximal. A remoção do ruído estrutural pode gerar imagens de melhor qualidade comparando as radiografias. Os autores utilizaram oito dentes, e prepararam cavidades nas proximais com 1mm de extensão, representando em média 5 a 10% de perda mineral. Os resultados da análise da curva ROC mostraram que para lesões bem

definidas no esmalte proximal não existe diferença entre a análise da radiografia e análise da imagem subtraída.

Pela análise dos resultados desta pesquisa, ficou claro que já na análise da imagem radiográfica inicial e final pode-se observar a variação nos níveis de cinza na ROI. Porém para determinar a ROI na imagem radiográfica precisou-se apelar para a imagem subtraída, já que nessa última, a ROI estava com tonalidade mais escurificada no local onde ocorreu a perda mineral.

No estudo de Wenzel<sup>16</sup> (1994) avaliou-se o ruído produzido por três diferentes sensores CCD utilizando a técnica de subtração digital radiográfica. Utilizou radiografias da região de molares de um *phantom* variando o tempo de exposição sendo que as imagens foram arquivadas em formato TIFF e importadas para um programa de subtração. O desvio-padrão na análise por histograma, de cada imagem, serviu para quantificar o ruído para cada sensor. O teste *t* comparou os valores de ruído entre as imagens subtraídas. O desvio-padrão aumentou com um maior tempo de exposição para os três sistemas, sendo que o Visualix apresentou o maior ruído, porém os três sistemas se equivaleram para o menor tempo de exposição (0,20s). O RVG gerou menos ruído e o Sens-A-Ray ficou em posição intermediária.

A autora descrita acima não utilizou um aparelho radiográfico com corrente contínua e a versão do sistema digital Visualix era a segunda, e não essa nova versão HDI, e também os valores de exposição aos raios X foram altos, na ordem de 0,20s, 0,46s e 0,60s. Por esses motivos que os valores para o desvio-padrão foram elevados (6,47, 10,34 e 11,16 para os três valores de exposição aos raios X, respectivamente) em relação aos encontrados no presente trabalho (1,50, 1,20 e 1,27 para os valores de exposição aos raios X de 0,025, 0,050 e 0,100s, respectivamente).

Eberhard et al.<sup>6</sup>, (2000) e Sousa et al.<sup>14</sup>, (1997) também avaliaram a desmineralização em dentes humanos extraídos utilizando a técnica de subtração digital radiográfica. Sousa et al.<sup>14</sup> também confirmam a viabilidade na utilização da técnica de subtração digital para avaliação da perda mineral pela remoção do tecido, que mesmo cariado, exercia influencia nos níveis de cinza da ROI.

Também Heo et al.<sup>9</sup>, (2001); Clasen & Aun<sup>4</sup>, (2001) utilizaram dentes humanos extraídos em seus

trabalhos utilizando técnica de subtração digital de imagens radiográficas. E finalmente para Kang & Yoon<sup>10</sup>, (2002), a sensibilidade para o diagnóstico de cáries proximais em esmalte, utilizando a radiografia subtraída, é significativamente mais alta que simplesmente examinando a radiografia digital. Já para as lesões envolvendo esmalte/dentina, a associação de imagem subtraída com análise da radiografia periapical mostrou maiores níveis de sensibilidade.

Para o autor do presente trabalho, a subtração não traz informações a mais do que existem na radiografia, porém essa técnica apresenta a vantagem de permitir ao operador visualizar o quanto de perda ou ganho mineral ocorreu em determinado período de tempo, já que esse ganho ou perda assumirá na imagem subtraída tonalidades mais clara ou escura, respectivamente, sendo sobreposta a imagem final sobre a inicial.

A metodologia utilizada nesta pesquisa, associando a técnica de subtração digital de radiografias, com a análise da densidade óptica para o diagnóstico de cáries simuladas *in vitro*, não é comum. Normalmente, em pesquisas para diagnóstico de cárie *in vitro* ou então *in vivo*, é realizada uma análise qualitativa por meio de examinadores e os resultados avaliados por testes estatísticos do tipo Kappa e ROC. Porém julga-se que, os resultados obtidos por meio da avaliação quantitativa dos dados paramétricos relativos aos valores de cinza na ROI (densidade óptica) utilizados foram satisfatórios em comprovar a perda mineral no esmalte proximal.

## CONCLUSÕES

Os autores concluem que: 1) a variação da densidade óptica nas ROI possibilitou avaliar a progressão da perda mineral em esmalte proximal, utilizando imagens radiográficas subtraídas; 2) a variação no tempo de exposição aos raios X e uso de simulador não tem influência sobre os valores de densidade óptica das imagens subtraídas.

## AGRADECIMENTOS

Ao Srs. Elizabeth Godoy César Salgado e Dalcy Roberto dos Santos, responsáveis pelo laboratório de microexames do CTA/IAE/AMR-L.

## ABSTRACT

*In this in vitro study, it was evaluated the mineral loss progression caused by the application of 18% hydrochloric acid in human premolars proximal enamel, using direct digital radiographic images and the digital subtraction radiography, comparing the optical density on the ROI with and without acid application. It was used a Gendex 765DC X-ray generator and the Visualix Gx-S HDI digital system. The results were obtained using three different exposure times (0,025, 0,050, 0,100s) with and without the interference of an oral tissues simulator. The use of different exposure times and interference of an oral tissues simulator had not influenced on the optical density values for the subtracted images ( $p>0,05$ ). The optical density values differed between the ROI with and without acid application ( $p=0,00$ ). The ROI optical density variation facilitated the evaluation of the proximal enamel mineral loss progression, in the subtracted images; the digital subtraction radiography allowed the visualization of the proximal enamel mineral loss progression.*

## UNITERMS

*Subtraction technique human; in vitro; radiography dental digital; dental caries; radiographic image enhancement; radiography; dental enamel*

## Referências

1. Attaelmanan AG, Borg E, Gröndahl H-G. Signal-to-noise ratios of 6 intraoral digital sensors. *Oral Surg* 2001 May; 91(5):611-5.
2. Ávila MAG, Lima ACLG, Holland KB, Prado MM. A radiologia e o computador: a radiografia por subtração digital de imagens. *ROBRAC* 1996; 6(17):10-3.
3. Brettle DS, Ellwood R, Davies R. Determination of the optimal conditions for dental subtraction radiography using a storage phosphor system. *Dentomaxillofac Radiol* 1999 Jan.; 28(1):1-5.
4. Clasen NF, Aun CE. Estudo comparativo entre radiografia convencional e radiografia digital direta no diagnóstico de reabsorções radiculares externas. *Rev Odontol UNICID* 2001 mai./ago.; 13(2):95-102.
5. Cornelis J, Decklerck R, Truyen B, Schelkens P. Human body imaging: generic tasks in medical image processing, illustrating the application of computer science and digital signal processing techniques. *Vrije Universiteit Brussel; Dept. ETRO-IRIS, [2002]. 7p. Disponível em: URL: http://www.etro.vub.ac.be/education/course\_books.htm. Acesso em: 10 dezembro 2002.*
6. Eberhard J, Hartman B, Lenhard M, Mayer T, Kocher T, Eickolz P. Digital subtraction radiography for monitoring dental demineralization. an in vitro study. *Caries Res* 2000 May/June; 34(3):219-24.
7. Gröndahl H-G. Digital Radiology in dental diagnosis: a critical view. *Dentomaxillofac Radiol* 1992 Nov; 21(4):198-202.
8. Halse A, Espelid I, Tveit AB, White SC. Detection of mineral loss in approximal enamel by subtraction radiography. *Oral Maxillofac Radiol*, 1994 Feb; 77(2):177-82.
9. Heo MS, Lee SS, Lee KH, Choi HM, Choi SC, Park TW. Quantitative analysis of apical root resorption by means of digital subtraction radiography. *Oral Surg* 2001 Mar.; 91(3):369-73.
10. Kang BC, Yoon SJ. Digital contrast subtraction radiography for proximal caries diagnosis. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2002; 32:123-7.
11. Maggio JJ, Hausmann EM, Allen K, Potts TV. A model for dentinal caries progression by digital subtraction radiography. *J Prosthet Dent* 1990; 64(6):727-32.
12. Parks ET, Williamson GF. Digital radiography: an overview. *J Cont Dent Prac* 2002 Nov; 15; 3(4):23-9.
13. Reddy MS, Jeffcoat MK. Digital subtraction radiography. *Dent Clin North Am* 1993 Oct; 37(4):533-65.
14. Sousa CJA, Biffi JCG, Pascon EA, Rodrigues HH. Controle da remoção da cárie dental através da subtração de imagem radiográfica computadorizada. *Rev Assoc Bras Odontol Nac* 1997 out./nov.; 5(6):313-6.
15. Wenzel A, Halse A. Digital subtraction radiography after stannous fluoride treatment for occlusal caries diagnosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 74(6):824-8.
16. Wenzel A. Sensor noise in direct digital imaging (the Radio VisioGraphy, Sens-A-Ray, and Visualix/Vixa systems) evaluated by subtraction radiography. *Oral Surg* 1994; 77(1):70-4.

Recebido em: 31/10/03  
Aprovado em: 28/05/04

Professor Titular Luiz Cesar de Moraes  
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos  
UNESP – Avenida Engenheiro Francisco José Longo, 777.  
CEP: 12245-000 – S. Dimas  
São José dos Campos – SP  
Tel: (12) 3947-9055 – Fax: (12) 3947-9010  
moraes@fosjc.unesp.br