

# O EMPREGO DO LASER DE CO<sub>2</sub> NO CONTROLE DA CÁRIE DENTÁRIA

*THE USE OF CO<sub>2</sub> LASER ON DENTAL ON DENTAL CARIES CONTROL*

---

Rodrigues, Lidiany Karla Azevedo\*  
Steiner-Oliveira, Carolina\*\*  
Nobre-dos-Santos, Marinês\*\*\*

---

---

## RESUMO

O laser de dióxido de carbono atua na inibição da desmineralização do esmalte, reduzindo sua solubilidade aos ácidos e, este efeito pode ser potencializado quando associado a agentes fluoretados. Assim, o objetivo deste trabalho foi descrever as características do laser de CO<sub>2</sub>, discutir os mecanismos de ação do laser na inibição da desmineralização do esmalte e ainda, revisar a literatura a respeito de seus efeitos quando combinado ao íon flúor.

**UNITERMOS:** laser de CO<sub>2</sub>; flúor; desmineralização; esmalte dentário.

## SUMMARY

*Carbon dioxide laser acts on the enamel demineralization inhibition by reducing its acid solubility and this effect can be enhanced when associated with fluoridated agents. Therefore, the aim of this paper was to describe CO<sub>2</sub> laser characteristics, discuss its action mechanisms on the inhibition of enamel demineralization and also to review the literature concerning the laser effects when combined with fluoride ion.*

**UNITERMS:** CO<sub>2</sub> laser; fluoride; demineralization; dental enamel.

## INTRODUÇÃO

Em conseqüência do seu declínio, a doença cárie tornou-se fortemente polarizada (Seppä,<sup>24</sup> 2001). Portanto, grupos de crianças continuam apresentando alta atividade da doença. Isto enfatiza a necessidade do aperfeiçoamento dos métodos preventivos já existentes, bem como a introdução de técnicas inovadoras que possam agir como coadjuvantes na prevenção e controle da cárie dentária nestes segmentos da população.

O declínio mundial da doença cárie relatado inicialmente é atribuído ao amplo uso de compostos fluoretados (Clarkson et al.,<sup>2</sup> 2000). Há um

consenso que o principal efeito do flúor é interferir na dinâmica da cárie dentária, reduzindo a desmineralização e aumentando a remineralização dos tecidos duros dentários (Tatevossian,<sup>29</sup> 1990). No entanto, o efeito do flúor é parcial já que o mesmo não consegue impedir completamente o desenvolvimento de lesões de cárie. Por conseguinte, os efeitos da associação dos lasers a compostos fluoretados poderia propiciar a obtenção de procedimentos mais efetivos na prevenção e controle da cárie (Meurman et al.,<sup>18</sup> 1997; Nobre dos Santos et al.,<sup>21</sup> 2001; Hossain et al.,<sup>9</sup> 2002; Rodrigues et al.,<sup>23</sup> 2006; Steiner-Oliveira et al.,<sup>26</sup> 2006b; Tagliaferro et al.,<sup>28</sup> 2007).

---

\* Professora Adjunto do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

\*\* Doutoranda em Odontologia, Área de Concentração em Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, Piracicaba-SP.

\*\*\* Professora Livre-Docente do Departamento de Odontologia Infantil da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, Piracicaba-SP.

Neste contexto, desde o desenvolvimento do laser de rubi por Maiman<sup>17</sup> (1960), diferentes tipos de lasers, tais como Nd:YAG, Argônio, Er:YAG e CO<sub>2</sub> têm sido estudados para uso em Odontologia com o objetivo de prevenir a cárie dentária. No entanto, o comprimento de onda ( $\lambda$ ) dos lasers de argônio ( $\lambda = 488-514$  nm) e Nd:YAG ( $\lambda = 1.064$  nm) não são absorvidos de forma efetiva pelo esmalte dentário.

Os comprimentos de onda obtidos com os lasers de CO<sub>2</sub> ( $\lambda = 9,3, 9,6, 10,3$  e  $10,6$   $\mu\text{m}$ ) são mais apropriados para a utilização em esmalte dentário, pois produzem radiação na região do infravermelho que coincide com algumas bandas de absorção da hidroxiapatita, principalmente os grupamentos fosfato e carbonato. Desta forma, maior efetividade na prevenção de cárie pode ser obtida com menor ocorrência de efeitos deletérios aos tecidos dentários, proporcionando uma menor dissipação de raios incidentes e maior rapidez, bem como eficácia do laser. Com este laser, a maior parte da luz é absorvida nos poucos micrometros externos da superfície do esmalte e convertida em calor, causando perda de carbonato do mineral e fusão dos cristais de hidroxiapatita, tendo como consequência uma diminuição na reatividade ácida desta estrutura (Fried et al.,<sup>7</sup> 1997).

Durante os últimos 20 anos, vários estudos avaliaram os efeitos do laser de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na inibição da desmineralização do esmalte e demonstraram que a irradiação do esmalte dentário com este laser promove uma redução significativa da solubilidade deste substrato aos ácidos (Featherstone et al.,<sup>4</sup> 1998; Kantorowitz et al.,<sup>15</sup> 1998; Hsu et al.,<sup>11</sup> 2000; Featherstone et al.,<sup>5</sup> 2001; Klein et al.,<sup>16</sup> 2005; Steiner-Oliveira et al.,<sup>25</sup> 2006a) e, quando associada a agentes fluoretados, o efeito de inibição de desmineralização pode ser potencializado (Featherstone et al.,<sup>3</sup> 1991; Hsu et al.,<sup>10</sup> 1998; Hsu et al.,<sup>12</sup> 2001; Nobre dos Santos et al.,<sup>21</sup> 2001; Rodrigues et al.,<sup>23</sup> 2006; Steiner-Oliveira et al.,<sup>25</sup> 2006b; Tagliaferro et al.,<sup>28</sup> 2007).

## REVISÃO DA LITERATURA E DISCUSSÃO

### Características do laser de CO<sub>2</sub>

O laser de CO<sub>2</sub>, desenvolvido por Patel et al.<sup>22</sup> (1964), é uma das mais conhecidas fontes de radiação eletromagnética na região infravermelha do espectro de luz. Este laser usa uma mistura de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e He, com o CO<sub>2</sub> como o meio ativo do laser. A linha laser 10,6  $\mu\text{m}$  é a mais forte e a maioria dos aparelhos médicos e odontológicos

disponíveis no comércio operam neste comprimento de onda.

Para aplicações em Odontologia, os aparelhos de laser de CO<sub>2</sub> operam em um modo de não contato, contínuo ou pulsado (Gonzalez et al.,<sup>8</sup> 1996). Para tecidos duros, o laser de CO<sub>2</sub> mais eficiente é o TEA laser. O nome TEA é um acrônimo para “*transversely excited atmospheric pressure*” e este laser usa um fluxo transversal de gás que opera em pressões mais altas que outros lasers de gases, geralmente em pressões próximas da pressão atmosférica. Este diferencial permite que o laser opere em um regime pulsado de poucos Hz de taxa de repetição e pulsos da ordem de 0,1 a 0,2  $\mu\text{s}$  (Widgor et al.,<sup>30</sup> 1995).

### Mecanismo de ação do laser na inibição da desmineralização do esmalte

O emprego dos lasers de alta potência consiste no tratamento do esmalte para a obtenção de superfícies mais resistentes aos ácidos produzidos pelas bactérias cariogênicas (Stern et al.,<sup>27</sup> 1972; Kantola,<sup>13</sup> 1972; Kantola et al.,<sup>14</sup> 1973; Nelson et al.,<sup>19,20</sup> 1986, 1987; Featherstone et al.,<sup>3,4</sup> 1991, 1998; Kantorowitz et al.,<sup>15</sup> 1998; Hsu et al.,<sup>11</sup> 2000). A ação do laser de CO<sub>2</sub> na prevenção de lesões de cárie tem sido investigada desde a década de 60 e diversos estudos utilizaram diferentes tipos de lasers de CO<sub>2</sub>, associados ou não ao uso de fluoretos. Uma compilação dos principais estudos está apresentada na Tabela 1. Esta tabela mostra o comprimento de onda e a densidade de energia empregados, bem como a maior porcentagem de inibição de desmineralização encontrada em cada estudo.

Várias são as hipóteses que tentam explicar os mecanismos pelos quais o laser de CO<sub>2</sub> inibe a desmineralização do esmalte dentário. Dentre elas podemos citar a redução da permeabilidade do esmalte a agentes químicos causada pelo derretimento da superfície do esmalte (Stern et al.,<sup>27</sup> 1972). No entanto, esta hipótese parece pouco provável, uma vez que o único estudo que testou a permeabilidade do esmalte irradiado demonstrou que a mesma é aumentada pela irradiação (Borggrevén et al.,<sup>1</sup> 1980).

Técnicas como a espectroscopia infravermelha e/ou difração por raios-X evidenciaram uma redução do conteúdo de água, proteína e carbonato nos espécimes irradiados, bem como formação de compostos fosfatados no esmalte dentário, como ortofosfato  $\alpha$ -cálcico, fosfato  $\alpha$ -tricálcico e fosfato tetracálcico (Stern et al.,<sup>27</sup> 1972; Kantola,<sup>13</sup> 1972;

TABELA 1 – Comprimento de onda, densidade de energia e a maior porcentagem de inibição de desmineralização do esmalte pelo laser de CO<sub>2</sub> associado ou não a fluoretos.

Autor	Ano	Comprimento de onda (μm)	Modo	Densidade de Energia (J/cm <sup>2</sup> )	Com flúor	Porcentagem de Inibição
Nelson et al.	1986	9,32	Pulsado	50	Não	50%
Nelson et al.	1987	9,32	Pulsado	50	Não	50%
Hsu et al.	1998	10,6	Contínuo	170	Sim	≈ 100%
Kantorowitz et al.	1998	10,6	Pulsado	12 por pulso	Não	87%
Featherstone et al.	1998	9,6	Pulsado	2,5 por pulso	Não	70%
Hsu et al.	2000	10,6	Pulsado	0,3 por pulso	Não	98%
Hsu et al.	2001	10,6	Pulsado	0,3 por pulso	Sim	98%
Nobre dos Santos et al.	2001	9,6	Pulsado	1,5 por pulso	Sim	76%
Featherstone et al.	2001	9,6	Pulsado	1,5 por pulso	Não	84%
Klein et al.	2005	10,6	Pulsado	16	Não	64%
Rodrigues et al.	2006	9,6	Pulsado	1,5	Sim	76%
Steiner-Oliveira et al.	2006a	10,6	Pulsado	1,5-10,0	Não	68%
Steiner-Oliveira et al.	2006b	10,6	Pulsado	10,0	Sim	60%
Tagliaferro et al.	2007	10,6	Pulsado	5,0	Sim	97%

Kantola et al.,<sup>14</sup> 1973). A redução do conteúdo de carbonato decorrente da irradiação com laser é um fator positivo visto que, o carbonato torna a apatita mais instável e solúvel em ácido. Por outro lado, Fowler et al.<sup>6</sup> (1986), salientaram que fosfato tetracálcico e fosfato α-tricálcico são substancialmente mais solúveis em ácido que o esmalte dentário e a hidroxiapatita. Deste modo, a ação do laser na superfície irradiada pode ser benéfica ou prejudicial dependendo dos parâmetros de irradiação empregados. Assim, a quantidade de energia e a forma como esta energia é depositada no substrato são particularmente importantes.

Outra explicação se baseia na redução da solubilidade do esmalte ocasionada pelo derretimento e recristalização dos cristais de hidroxiapatita ou pela mudança de solubilidade da apatita aquecida pela formação de compostos fosfatados menos solúveis (Nelson et al.<sup>19,20</sup> (1986, 1987). Por outro lado, análises por microscopia eletrônica de varredura demonstraram que quando presentes, as zonas de derretimento do esmalte não são homogêneas e ocorrem em áreas limitadas (Kantorowitz et al.,<sup>15</sup> 1998; Rodrigues et al.,<sup>23</sup> 2006). Por conseguinte, parece que este derretimento não é necessariamente a única causa para a diminuição da reatividade ácida do esmalte.

Finalmente, a mais recente teoria preconiza que a irradiação com laser altera a matriz orgânica presente no esmalte que normalmente já desempenha um papel protetor em situações de desafio ácido. O uso de uma baixa densidade de energia

(0,3 J/cm<sup>2</sup>) pode levar ao aquecimento do esmalte a temperaturas inferiores a 400°C e isso pode causar uma decomposição parcial da matriz orgânica. Esta decomposição poderia levar a um bloqueio dos espaços intra e interprismáticos com o comprometimento da difusão de íons e redução da desmineralização do esmalte (Hsu et al.,<sup>11</sup> 2000).

Estudos realizados por nosso grupo de trabalho demonstraram que provavelmente o mecanismo de ação do laser de CO<sub>2</sub> na inibição da desmineralização pode ser uma combinação de alterações na estrutura do esmalte. Os primeiros estudos, realizados por Nobre dos Santos et al.<sup>21</sup> (2001), obtiveram resultados promissores de inibição de cárie tanto em superfície lisa quanto em superfície oclusal, quando o esmalte íntegro e desmineralizado foram submetidos a desafios cariogênicos *in vitro*. Nestes estudos, foi utilizado um TEA laser de CO<sub>2</sub> (Argus Photonics Group, Jupiter, FL) de comprimento de onda 9,6 μm com densidades de energia que variaram de 1 a 3 J/cm<sup>2</sup>. Embora não tenha sido realizada nenhuma análise morfológica da superfície irradiada, a microscopia de luz polarizada mostrou indícios da ocorrência de derretimento em algumas áreas. Tais resultados foram ratificados recentemente, com a utilização de um modelo de produção de cárie *in situ* onde o efeito do mesmo laser (1,5 J/cm<sup>2</sup>) foi testado. Neste estudo, zonas de derretimento e recristalização dos cristais de hidroxiapatita foram evidenciadas pela microscopia eletrônica de varredura.

Com a utilização de um laser de CO<sub>2</sub> clínico (Opus 20), com comprimento de onda 10,6 μm e operando em modo pulsado, foram realizados outros 3 estudos *in vitro*. No primeiro, Klein et al.<sup>16</sup> (2005) mostraram inibição da desmineralização do esmalte ao redor de restaurações de resina composta através da irradiação com 8 e 16 J/cm<sup>2</sup>. Zonas de derretimento e recristalização também foram evidenciadas por imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV). No entanto, Tagliaferro et al.<sup>28</sup> (2007), também mostraram inibição de progressão da desmineralização em esmalte decíduo irradiado com 5 J/cm<sup>2</sup>, porém, sem a ocorrência de alterações morfológicas da superfície do esmalte. Neste estudo, a análise da composição química do esmalte feita através de espectroscopia Raman transformada de Fourier (FT-Raman) evidenciou diminuição do conteúdo de carbonato e alteração na matriz orgânica do esmalte (dados não publicados). Já Steiner-Oliveira et al.<sup>25</sup> (2006a) encontraram redução da desmineralização do esmalte dentário humano irradiado com 10 J/cm<sup>2</sup> evidenciando presença de zonas de derretimento e recristalização observados em MEV. Neste estudo também foram detectadas diminuições das bandas de carbonato e fosfato através da análise da composição química por espectroscopia FT-Raman.

Por conseguinte, o mecanismo de ação do laser de CO<sub>2</sub> na inibição da desmineralização do esmalte está intimamente relacionado com os parâmetros de irradiação usados e tipo de substrato irradiado. Mesmo em condições de irradiação similares, diferentes mecanismos podem atuar para diminuir a reatividade do esmalte aos ácidos.

### **Associação do laser de CO<sub>2</sub> a compostos fluoretados**

Existem dois possíveis mecanismos envolvidos no sinergismo existente quando os dois tratamentos são associados, ambos decorrentes do aumento da reatividade do esmalte aos fluoretos. Um deles sugere que o tratamento combinado flúor-laser produz, sobre o esmalte dentário, numerosos precipitados esféricos que morfológicamente lembram fluoreto de cálcio, que funcionariam como um reservatório de flúor (Hossain et al.,<sup>9</sup> 2002). O outro mecanismo enfatiza o papel dos lasers no aumento da incorporação de flúor dentro da estrutura cristalizada na forma de flúor fortemente ligado (fluorapatita) (Meurman et al.,<sup>18</sup> 1997). O primeiro mecanismo está relacionado à formação de pequenas fendas ou crateras na

superfície do substrato irradiado que permitiriam maior difusão dos íons flúor no interior do esmalte. Nesta hipótese, o flúor pode ou não estar presente na ocasião da irradiação. Por outro lado, a formação de fluorapatita é dependente da presença de flúor na ocasião da irradiação para que este íon seja aprisionado dentro do cristal de hidroxiapatita.

Nossos estudos encontraram efeito sinérgico *in vitro* entre os tratamentos, tanto quando o flúor (gel de flúor fosfato acidulado – FFA) foi aplicado antes da aplicação do laser (Nobre dos Santos et al.,<sup>21</sup> 2001) quanto depois (Rodrigues et al.,<sup>23</sup> 2006). No primeiro estudo, este sinergismo foi demonstrado através de análise microrradiográfica dos espécimes de esmalte dentário humano submetidos ao tratamento de aplicação de FFA e posteriormente a irradiação laser com um TEA laser de CO<sub>2</sub> (λ = 9,6 μm) operando com 1,5 J/cm<sup>2</sup> por pulso e submetido à ciclagem de pH e o grupo controle (apenas submetido à ciclagem). No entanto, em estudo realizado por Tagliaferro et al.<sup>28</sup> (2007), embora sem diferença estatística entre os grupos experimentais, a maior porcentagem de inibição de desmineralização foi encontrada quando a aplicação tópica de flúor foi realizada após a irradiação com um laser de CO<sub>2</sub> (λ = 10,6 μm) operando com 5 J/cm<sup>2</sup>. Ainda, outro trabalho realizado por Steiner-Oliveira et al.<sup>26</sup> (2006b) avaliou a combinação de terapias com dentifrício e enxaguatório bucal fluoretados com uso de laser de CO<sub>2</sub> (λ = 10,6 μm) operando com 10 J/cm<sup>2</sup>. Após a ciclagem de pH, os espécimes foram analisados, qualitativamente, por microscopia de luz polarizada e teste de microdureza em corte longitudinal para quantificar mudanças no conteúdo mineral. Os tratamentos foram capazes de reduzir a perda mineral do esmalte, e alguns grupos causaram remineralização do esmalte dentário. É válido ressaltar que, nesses últimos dois estudos, o efeito sinérgico entre os tratamentos não foi evidenciado, provavelmente pelas fontes de variação dos estudos tais como variabilidade do substrato dentário usado (esmalte desmineralizado), processo de irradiação e técnica de microdureza para determinação da perda mineral dos espécimes.

Por outro lado, nosso mais recente trabalho, realizado por Rodrigues et al.<sup>23</sup> (2006), demonstrou pela primeira vez *in situ* a existência de sinergismo entre a irradiação com laser de CO<sub>2</sub> e a utilização de dentifrício fluoretado. Neste estudo, 17 voluntários utilizaram um dispositivo intra-oral, semelhante a um aparelho ortodôntico móvel,

contendo blocos de dente humano irradiados com o mesmo laser e mesmos parâmetros do estudo de Nobre dos Santos et al.<sup>21</sup> (2001). Os voluntários gotejavam sobre os blocos uma solução de sacarose a 20% oito vezes ao dia para proporcionar a formação de biofilme cariogênico sobre os blocos. Os autores acreditam que a potencialização dos efeitos do flúor deu-se devido à maior formação de fluoreto de cálcio decorrente da alteração tecidual ocorrida na superfície do esmalte. Os resultados deste estudo foram concordantes com aqueles encontrados por Featherstone et al.<sup>5</sup> (2001), que também encontraram inibição de desmineralização do esmalte, pelo uso do laser de CO<sub>2</sub>, em condições intrabucais. No entanto, os efeitos da alteração da superfície sobre a adesão bacteriana ainda não foram testados, sendo objeto de estudo de pesquisas futuras.

## CONCLUSÃO

O mecanismo de ação do laser de CO<sub>2</sub> na inibição da desmineralização do esmalte ainda não está completamente esclarecido, no entanto parece estar intimamente relacionado com os parâmetros de irradiação utilizados assim como com o tipo de substrato irradiado. Também é possível concluir que a utilização do laser de CO<sub>2</sub> associado ao flúor pode permitir a redução tanto das densidades de energia quanto das concentrações de flúor utilizadas no tratamento. Além disso, melhora o desempenho dos métodos de prevenção aumentando o efeito inibidor da desmineralização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Borggrevén JMP, Van Duk JW, Driessens FCM. Effect of laser irradiation on the permeability of bovine dental enamel. *Arch Oral Biol.* 1980;25(11-12):831-2.
2. Clarkson IJ, Hardwick K, Barmes D. International collaborative research on fluoride. *J Dent Res.* 2000;79(4):893-904.
3. Featherstone JDB, Zhang SH, Shariati M, McCormack SM. Carbon dioxide laser effects on caries-like lesions of dental enamel. *Lasers in Orthop Dent Vet Med SPIE.* 1991;1424:145-9.
4. Featherstone JDB, Barrett-Vespone NA, Fried D, Kantorowitz Z, Seka W. CO<sub>2</sub> laser inhibition of artificial caries-like lesion progression in dental enamel. *J Dent Res.* 1998;77(6):1397-403.
5. Featherstone JDB, Fried D, Gansky SA, Stookey GK, Dunipace A. Effect of carbon dioxide laser treatment on lesion progression in an intra-oral model. *Lasers in Dent SPIE VII.* 2001;4249:87-91.
6. Fowler BO, Kuroda S. Changes in heated and in laser-irradiated human tooth enamel and their

- probable effects on solubility. *Calcif Tissue Int.* 1986;38(4):197-208.
7. Fried D, Glena RE, Featherstone JDB, Seka W. Permanent and transient changes in the reflectance of CO<sub>2</sub> laser-irradiated dental hard tissues at lambda = 9.3, 9.6, 10.3, and 10.6 microns and at fluences of 1-20 J/cm<sup>2</sup>. *Lasers Surg Med.* 1997;20(1):22-31.
8. Gonzalez CD, Zakariasen KL, Dederich DN, Pruhs RJ. Potential preventive and therapeutic hard-tissue applications of CO<sub>2</sub>, Nd:YAG and argon lasers in dentistry: A review. *ASDC J Dent Child.* 1996;63(3):196-207.
9. Hossain MM, Hossain M, Kimura Y, Kinoshita J, Yamada Y, Matsumoto K. Acquired acid resistance of enamel and dentin by CO<sub>2</sub> laser irradiation with sodium fluoride solution. *J Clin Laser Med Surg.* 2002;20(2):77-82.
10. Hsu J, Fox JL, Wang Z, Powell GL, Otsuka M, Higuchi WI. Combined effects of laser irradiation/solution fluoride ion on enamel demineralization. *J Clin Laser Med Surg.* 1998;16(2):93-105.
11. Hsu CYS, Jordan TH, Dederich DN, Wefel JS. Effects of low-energy CO<sub>2</sub> laser irradiation and the organic matrix on inhibition of enamel demineralization. *J Dent Res.* 2000;79(9):1725-30.
12. Hsu CYS, Jordan TH, Dederich DN, Wefel JS. Laser-matrix-fluoride effects on enamel demineralization. *J Dent Res.* 2001;80(9):1797-801.
13. Kantola S. Laser-induced effects on tooth structure. V. electron probe microanalysis and polarized light microscopy of dental enamel. *Acta Odontol Scand.* 1972;30(4):475-84.
14. Kantola S, Laine E, Tarna T. Laser-induced effects on tooth structure. VI. X-ray diffraction study of dental enamel exposed to a CO<sub>2</sub> laser. *Acta Odontol Scand.* 1973;31(6):369-79.
15. Kantorowitz Z, Featherstone JDB, Fried D. Caries prevention by CO<sub>2</sub> laser treatment: dependency on the number of pulses used. *J Am Dent Assoc.* 1998;129(5):585-91.
16. Klein AL, Rodrigues LK, Eduardo CP, Nobre dos Santos M, Cury JA. Caries inhibition around composite restorations by pulsed carbon dioxide laser application. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(3):239-44.
17. Maiman TH. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature.* 1960;187:493-4.
18. Meurman JH, Hemmerle J, Voegel JC, Rauhamaa-Makinen R, Luomanen M. Transformation of hydroxyapatite to fluorapatite by irradiation with high-energy CO<sub>2</sub> laser. *Caries Res.* 1997;31(5):397-400.
19. Nelson DGA, Shariati M, Glena R, Shields CP, Featherstone JDB. Effect of pulsed low energy infrared laser irradiation on artificial caries-like lesion formation. *Caries Res.* 1986;20(4):289-99.
20. Nelson DGA, Wefel JS, Jongebloed WL, Featherstone JDB. Morphology, histology and crystallography of human dental enamel treated with pulsed low-energy infrared laser radiation. *Caries Res.* 1987;21(5):411-26.
21. Nobre dos Santos M, Featherstone JDB, Fried D. Effect of a new carbon dioxide laser and fluoride on sound and demineralized enamel. *Lasers in Dent VII- SPIE.* 2001;4249:169-74.

22. Patel CKN, McFarlane RA and Faust WL. Selective excitation through vibrational energy transfer and optical maser action in N<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>. *Physiol Rev.* 1964;13:617-9.
23. Rodrigues LKA, Nobre-dos-Santos M, Featherstone JD. In situ mineral loss inhibition by CO<sub>2</sub> laser and fluoride. *J Dent Res.* 2006 July;85(7): 617-21.
24. Seppä L. The future of preventive programs in countries with different systems for dental care. *Caries Res.* 2001; 35(Suppl 1): 26-29.
25. Steiner-Oliveira C, Rodrigues LK, Soares LE, Martin AA, Zezell DM, Nobre-dos-Santos M. Chemical, morphological and thermal effects of 10.6-microm CO<sub>2</sub> laser on the inhibition of enamel demineralization. *Dent Mater J.* 2006a; 25(3):455-62.
26. Steiner-Oliveira C, Rodrigues LK, Soares LE, Martin AA, Zezell DM, Nobre-dos-Santos M. Chemical, morphological and thermal effects of 10.6 m CO<sub>2</sub> laser and fluoride on the reduction of enamel demineralization. In: *Brazilian Oral Research Proceedings of the 23rd Annual SBPqO Meeting; 2006b; São Paulo (BR).* p.20, Abstract H017.
27. Stern RH, Vahl J and Sognnaes RF. Lased enamel: Ultrastructural observations of pulsed carbon dioxide laser effects. *J Dent Res.* 1972;51(2):455-60
28. Tagliaferro EP, Rodrigues LK, Nobre dos Santos M, Soares LE, Martin AA. Combined effects of carbon dioxide laser and fluoride on demineralized primary enamel: an in vitro study. *Caries Res.* 2007;41(1):74-6.
29. Tatevossian A. Fluoride in dental plaque and its effects. *J Dent Res.* 1990;69(Spec n.):645-52.
30. Widgor HA, Walsh JT, Featherstone JDB, Visuri SR, Fried D, Waldvogel JL. Lasers in Dentistry. *Lasers Surg Med.* 1995;16(2):103-33.

Recebido para publicação em: 02/05/2007; aceito em: 18/09/2007.

**Endereço para correspondência:**

CAROLINA STEINER OLIVEIRA  
Av. Limeira, 901  
CEP 13414-903, Piracicaba, SP, Brasil  
E-mail: casteiner@terra.com.br