

SISTEMA DE EDUCAÇÃO EM SAÚDE CONTINUADA A DISTÂNCIA

# PRO-ODONTO

## PREVENÇÃO

PROGRAMA DE ATUALIZAÇÃO EM  
ODONTOLOGIA PREVENTIVA E SAÚDE COLETIVA



COORDENADOR-GERAL  
NORBERTO FRANCISCO LUBIANA

DIRETORES ACADÊMICOS  
SAMUEL JORGE MOYSÉS  
SONIA GROISMAN



ODONTOLOGIA

artmed®  
EDITORA

EDITORIAL MEDICA  
panamericana

SISTEMA DE EDUCAÇÃO EM SAÚDE CONTINUADA A DISTÂNCIA

# PRO-ODONTO

## PREVENÇÃO

PROGRAMA DE ATUALIZAÇÃO EM  
ODONTOLOGIA PREVENTIVA E SAÚDE COLETIVA



### CONTEÚDO

**EPIDEMIOLOGIA DAS DOENÇAS PERIODONTAIS**  
RICARDO GUIMARÃES FISCHER

**NOVOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO  
DA EROSÃO DENTÁRIA**

ANA CAROLINA MAGALHÃES  
DANIELA RIOS  
HEITOR MARQUES HONÓRIO  
GERSON BONFANTE  
MARÍLIA AFONSO RABELO BUZALAF

**ASSOCIAÇÃO CLÍNICA DE LASERS E FLUORETOS  
NA PREVENÇÃO DE LESÕES CARIOSAS**

LIVIA MARIA ANDALÓ TENUTA  
PATRICIA APARECIDA DA ANA  
DENISE MARIA ZEZELL  
JAIME APARECIDO CURY

ISSN 1981-7592



9 771981 759003

**Artmed/Panamericana Editora**

Rua Jerônimo de Ornelas, 670 - Bairro Santana  
90040-340 - Porto Alegre, RS

Fone: (51) 3025.2550 - Fax: (51) 3025.2555  
[www.sescad.com.br](http://www.sescad.com.br) - [info@sescad.com.br](mailto:info@sescad.com.br)

# SUMÁRIO

<b>EPIDEMIOLOGIA DAS DOENÇAS PERIODONTAIS</b> <i>Ricardo Guimarães Fischer</i>	9
<b>NOVOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DA EROSÃO DENTÁRIA</b> <i>Ana Carolina Magalhães</i> <i>Daniela Rios</i> <i>Heitor Marques Honório</i> <i>Gerson Bonfante</i> <i>Marília Afonso Rabelo Buzalaf</i>	49
<b>ASSOCIAÇÃO CLÍNICA DE LASERS E FLUORETOS NA PREVENÇÃO DE LESÕES CARIOSAS</b> <i>Livia Maria Andaló Tenuta</i> <i>Patricia Aparecida da Ana</i> <i>Denise Maria Zezell</i> <i>Jaime Aparecido Cury</i>	117
<b>AVALIAÇÃO PEDAGÓGICA DO CICLO 3 - MÓDULO 3</b>	157
<b>AVALIAÇÃO DO PORTAL DO PROGRAMA</b>	159

# ASSOCIAÇÃO CLÍNICA DE LASERS E FLUORETOS NA PREVENÇÃO DE LESÕES CARIOSAS

Livia Maria Andaló Tenuta  
Patrícia Aparecida da Ana  
Denise Maria Zzell  
Jaime Aparecido Cury

---

## INTRODUÇÃO



A ampla utilização de **fluoretos** é o principal fator responsável pelo declínio no número de casos de cárie observado em todo o mundo nas últimas décadas.<sup>1,2</sup>

O conhecimento atual sobre o mecanismo de ação do **íon** está embasado em seu efeito local, presente na cavidade da boca, inibindo a **desmineralização** durante um desafio cariogênico e ativando a **remineralização** dental.<sup>3</sup>

O efeito do fluoreto incorporado à estrutura dental, diminuindo a solubilidade do mineral, é muito menor do que quando disponível na forma iônica, livre no meio bucal.<sup>3</sup> No entanto, a importância da **diminuição da solubilidade do mineral** do dente na prevenção da doença cárie ganhou um novo enfoque com a associação do uso de **lasers** sobre a superfície dental, combinado com a aplicação profissional de fluoreto.

Os *lasers* ganharam visibilidade na **prevenção da doença cárie** a partir da demonstração de que poderiam diminuir a solubilidade do mineral irradiado.<sup>4</sup> Logo descobriu-se que esse potencial poderia ser aumentado pela associação de *laser* e fluoreto.<sup>5, 6</sup> Desde então, diferentes protocolos têm sido sugeridos, seja pela utilização do *laser* previamente à aplicação do fluoreto, seja pela utilização inicial do fluoreto seguida pelo *laser*.

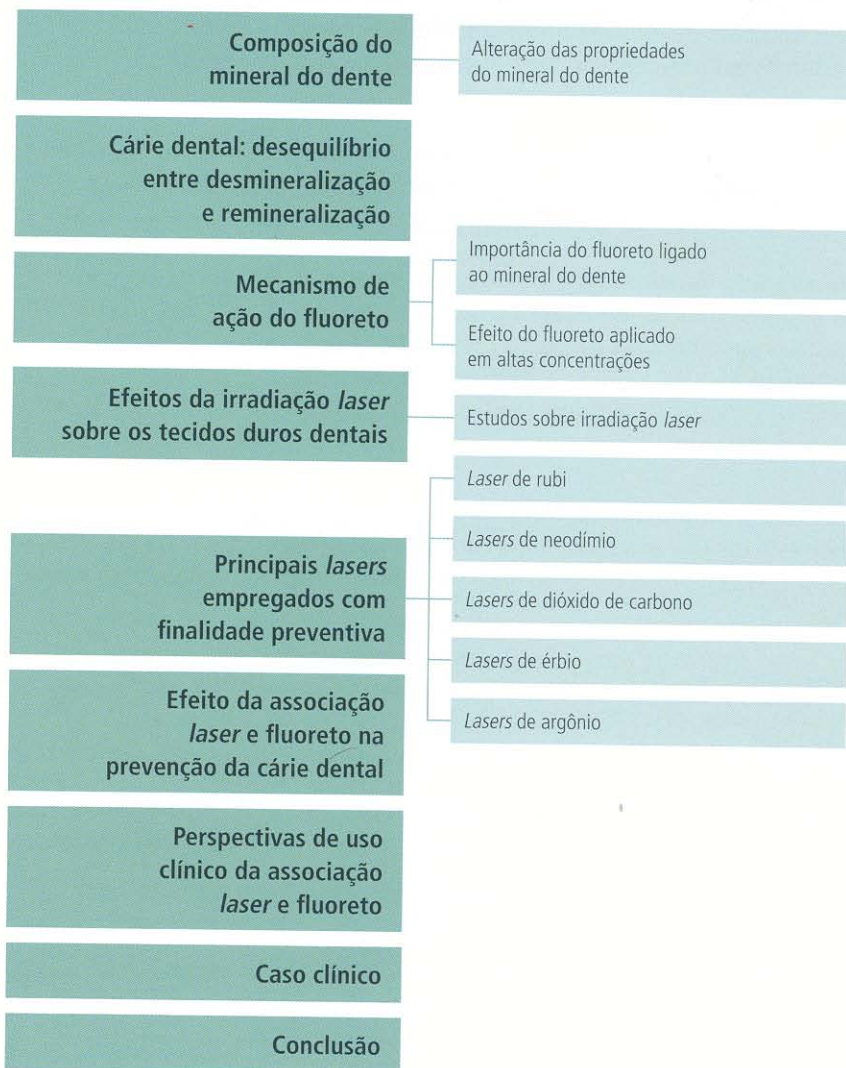
Diferentes tipos de *lasers* e parâmetros podem ser empregados com resultados bastante distintos. No entanto, as evidências demonstram que a associação de *laser* e fluoretos apresenta um efeito significativo na solubilidade do mineral do dente, **reduzindo a perda mineral** por mecanismos ainda não totalmente compreendidos.

## OBJETIVOS

Ao final do capítulo, o leitor poderá:

- considerar a composição química da estrutura dental como substrato para ação de *laser* e fluoreto;
- identificar o desenvolvimento da lesão cáries como desequilíbrio entre o processo de desmineralização e remineralização dental;
- descrever o mecanismo de ação do fluoreto em alta concentração quando ocorrer aplicação profissional;
- analisar o mecanismo de ação dos diversos tipos de *lasers* na alteração da solubilidade do mineral do dente;
- identificar o potencial da associação de *laser* e fluoretos no controle da doença cárie.

## ESQUEMA CONCEITUAL



## COMPOSIÇÃO DO MINERAL DO DENTE

A parte mineral da estrutura dental é composta, principalmente, por milhões de **crystalis de hidroxiapatita (HA)**:  $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]_n$ .



A HA é um mineral de baixíssima solubilidade e, embora um dente sofra pequena dissolução em água, rapidamente atinge-se um **equilíbrio de solubilidade**.

O produto de solubilidade da HA, uma constante que associa as atividades dos íons que constituem a HA em uma solução em equilíbrio com esse mineral, é da ordem de  $10^{-117}M$ . Ou seja, uma solução com diminutas concentrações dos íons constituintes de **cálcio** ( $Ca^{++}$ ), **fosfato** ( $PO_4^{3-}$ ) e **hidroxila** ( $OH^-$ ) previne a dissolução desse mineral. É por essa razão que os dentes são estáveis na **saliva**, pois esta tem concentração de  $Ca^{++}$  e  $PO_4^{3-}$  que a torna supersaturada em relação à HA.<sup>7</sup>

No entanto, a HA dissolve-se quando o pH diminui e isso deve-se ao fato de que o íon fosfato ( $PO_4^{3-}$ ) que compõe esse mineral apresenta outras formas iônicas, dependendo do pH:  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$  e  $H_3PO_4$ . Assim, quanto mais ácido no meio, mais **protonado** (com mais hidrogênios) estará o íon fosfato.

Como a única forma envolvida no equilíbrio iônico da HA é o  $PO_4^{3-}$ , a **acidificação** do meio reduz a concentração desse íon, tornando o meio subsaturado em relação à HA, e esta, conseqüentemente, irá se dissolver.

Outro íon envolvido no equilíbrio em baixo pH é a **hidroxila** ( $OH^-$ ), que tende a formar  $H_2O$  em pH ácido, e também irá dirigir o equilíbrio do mineral com o meio no sentido da dissolução quando em pH ácido.



O **mineral do esmalte** e da **dentina** não é uma HA pura, mas sim contaminada com outros íons, como carbonato ( $CO_3^{2-}$ ), sódio ( $Na^+$ ), magnésio ( $Mg^{++}$ ), cloreto ( $Cl^-$ ), e fluoreto ( $F^-$ ), entre outros.<sup>8</sup>

Essa contaminação ocorre durante a **amelo** e a **dentinogênese**, mesmo antes da erupção dos dentes na cavidade bucal. Esse fenômeno é normal na mineralização biológica, mas pode trazer conseqüências para o dente.



Os contaminantes da HA do dente podem modificar as propriedades desse mineral e é importante compreender tal efeito. Alguns contaminantes posicionam-se como **substituintes da hidroxila** em uma subunidade do cristal de HA (como é o caso do fluoreto ou do carbonato) ou como **substituinte do fosfato** (como é o caso do carbonato).

Esses dois contaminantes estão presentes em maior porcentagem em relação aos demais contaminantes descritos neste capítulo, portanto, será dada especial atenção a como se alteram as propriedades do mineral do dente.



## ATIVIDADE

1. Com relação à HA, assinale a alternativa INCORRETA.
  - A) É um mineral de baixíssima solubilidade e, embora um dente sofra pequena dissolução em água, rapidamente atinge-se um equilíbrio de solubilidade.
  - B) O produto de solubilidade da HA é da ordem de  $10^{-117}$  M.
  - C) A contaminação da HA com outros íons ocorre durante a desmineralização.
  - D) A HA dissolve-se quando o pH diminui e isso ocorre porque o íon fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) que compõe esse mineral apresenta outras formas iônicas, dependendo do pH.

*Resposta no final do capítulo*

2. Como corre a contaminação da HA com outros íons?

---

---

---

---



## ATIVIDADE

3. Leia as afirmativas sobre o carbonato.

- I - O carbonato presente no mineral dos dentes é importante para deixar o esmalte mais resistente à doença cárie.
- II - O carbonato presente no mineral dos dentes é um contaminante cuja concentração aumenta no esmalte com lesão cáriosa.
- III - O carbonato é um contaminante cuja concentração é menor no esmalte com lesão cáriosa.

Quais estão corretas?

- A) Apenas a I.
- B) Apenas a II.
- C) Apenas a III.
- D) Apenas a I e a III.

*Resposta no final do capítulo*

4. Por que se diz que um dente acometido por lesão cáriosa fica mais resistente a ela?

---

---

---

---

## DOENÇA CÁRIE: DESEQUILÍBRIO ENTRE DESMINERALIZAÇÃO E REMINERALIZAÇÃO

A lesão cáriosa é resultado de um desequilíbrio entre os eventos de **desmineralização** que ocorrem na superfície dental.

A presença de **placa (biofilme) dental** é condição necessária para que uma lesão cáriosa se forme sobre uma superfície dental, mas não é condição suficiente. A presença de biofilme é condição *sine qua non* para o desenvolvimento de uma lesão cáriosa. É necessário que o biofilme seja exposto a **carboidratos fermentáveis**, que irão causar uma queda local do pH devido à produção de ácidos pelos microrganismos do biofilme.

## ALTERAÇÃO DAS PROPRIÉDADES DO MINERAL DO DENTE

A contaminação com carbonato aumenta a solubilidade do mineral resultante. Isso ocorre porque o carbonato posiciona-se de forma menos estável no **crystal de apatita** e, portanto, o arranjo do cristal é mais facilmente desfeito.



A concentração de carbonato é maior em certas regiões do esmalte, como na cervical ou na região de fissuras.<sup>8</sup> Além disso, o esmalte do dente decíduo possui um maior conteúdo de carbonato do que o esmalte do dente permanente, o que pode estar relacionado à progressão mais rápida da lesão cariosa em dentes decíduos.<sup>9</sup>

A dentina também apresenta maior **concentração de carbonato** do que o esmalte, o que também explica a dissolução mais rápida de seu mineral em relação ao mineral do esmalte.

O **fluoreto**, por outro lado, ocupa uma posição mais estável do que seu substituinte hidroxila, podendo diminuir a **solubilidade do mineral**. No entanto, o efeito da incorporação de fluoreto no dente, antes ou depois da erupção na cavidade bucal, não pode ser superestimado.



A contaminação do mineral do dente com carbonato e fluoreto tem uma função interessante na dinâmica interação do dente com as condições diversas da cavidade bucal.

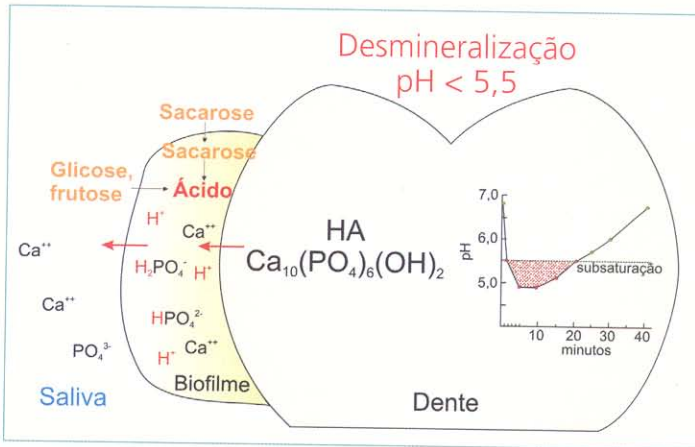
Em um **evento de dissolução dental**, haverá, preferencialmente, a dissolução das porções do mineral contaminadas com carbonato. Já, durante um evento de remineralização na presença de fluoreto, haverá maior deposição do mineral contaminado com esse íon.

Assim, a própria exposição do dente na cavidade bucal prevê uma **modificação** de sua composição mineral, pela dissolução dos minerais mais solúveis, e **precipitação** de minerais menos solúveis. É por isso que se diz que um dente acometido por lesão cariosa fica mais resistente a ela.



O efeito do **carbonato** e do **fluoreto** na alteração da solubilidade do mineral do dente após a erupção não pode ser visto de modo simplificado, mas como resultado de um processo dinâmico.

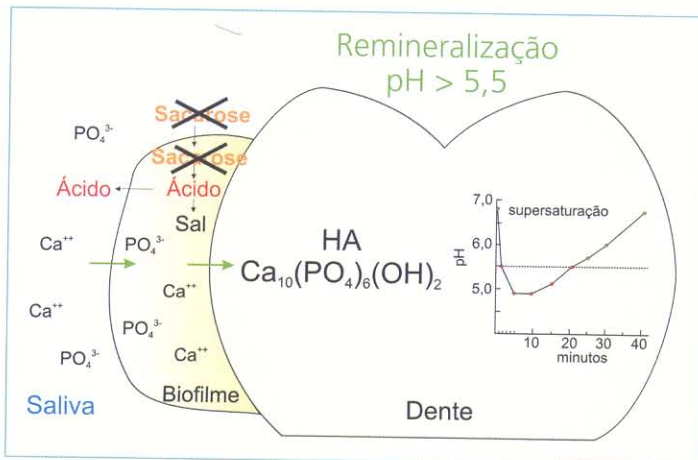
Em baixo pH, estabelece-se uma condição de **subsaturação do fluido do biofilme** em relação ao mineral do dente, ou seja, o dente tenderá a se dissolver (perder minerais para o fluido do biofilme e em seguida para a saliva), como já explicado (Figura 1).<sup>10</sup>



**Figura 1** – Desmineralização dental decorrente de acúmulo de biofilme e exposição a açúcares fermentáveis. Na presença de ácido, o fluido do biofilme torna-se subsaturado em relação ao mineral do dente (representado aqui pela HA), e há tendência de dissolução do mineral.

Fonte: Tenuta e Cury (2005).<sup>10</sup>

O processo de **desmineralização dental** é parcialmente reversível. Quando o pH do biofilme volta a subir – pela lavagem dos açúcares e ácidos pela saliva ou se o biofilme for removido, expondo a superfície à saliva – estabelece-se uma condição de supersaturação em relação ao mineral do dente, e este tenderá a se remineralizar (Figura 2).



**Figura 2** – Remineralização da estrutura dental quando o pH do biofilme volta a subir após exposição a açúcares fermentáveis. O ácido se difunde para a saliva ou é neutralizado; o fluido do biofilme torna-se supersaturado em relação ao mineral do dente (representado aqui pela HA), e há tendência de reprecipitação dos minerais perdidos. O mesmo processo ocorre se o biofilme for removido e a superfície dental for exposta à saliva.

Fonte: Tenuta e Cury (2005).<sup>10</sup>



Apesar de o processo de **desmineralização dental** ser parcialmente reversível, é pouco provável que a reversão dos minerais perdidos seja total, pois sempre haverá uma perda líquida mínima.

Para que uma lesão cáries seja visível clinicamente, mesmo que na forma de uma opacidade ou mancha branca incipiente, é necessário que diversos eventos de desmineralização ocorram sequencialmente, fazendo com que a remineralização seja em muito suplantada pelos eventos de demineralização. A superfície dental inicialmente torna-se **porosa**, e os ácidos, então, difundem-se cada vez mais para o seu interior.



O resultado da cinética de perda de minerais no interior do esmalte e da dentina, e a reprecipitação desses minerais na superfície, é a lesão **cariosa subsuperficial** ou a lesão de mancha branca do esmalte.

A lesão cáries é **branca**, pois os poros criados pela dissolução de mineral são preenchidos por ar, com índice de refração diferente do índice de refração do esmalte. Assim, ela é ainda mais evidente quando a superfície dental for seca com um jato de ar, pelo contraste criado com o esmalte normal.



## ATIVIDADE

5. A doença cárie pode ser considerada uma doença
- A) do biofilme e açúcar-dependente.
  - B) dependente exclusivamente de bactérias.
  - C) cuja manifestação não sofre influência da frequência de consumo de açúcar.
  - D) cuja manifestação não sofre influência da saliva.

*Resposta no final do capítulo*

6. Quais as condições necessárias para que uma lesão cáries se forme sobre uma superfície dental?

---

---

---

---

7. O que é necessário para que uma lesão cariosa seja visível clinicamente?

---

---

---

---

---

## MECANISMO DE AÇÃO DO FLUORETO

A ampla utilização de fluoretos tem sido considerada a principal razão para a diminuição nos índices de cárie observados no mundo todo nas últimas décadas.<sup>1,2</sup>



Apesar dos esforços em difundir medidas preventivas, tendo em vista o **controle cariogênico** do biofilme dental e a redução no consumo de açúcar, em todos os países do mundo em que houve uma significativa redução dos índices de lesões cariosas, o fluoreto estava sendo utilizado de alguma forma.

Especialistas mundiais reconhecem o uso amplo de fluoretos, com destaque para os **dentífricos fluoretados**, como a principal causa para o declínio da doença cárie.<sup>1</sup>

Independentemente de como o fluoreto é utilizado, seu mecanismo de ação é considerado sempre o mesmo: quando presente na cavidade bucal, interfere na desmineralização e na remineralização dental.<sup>3,10</sup>

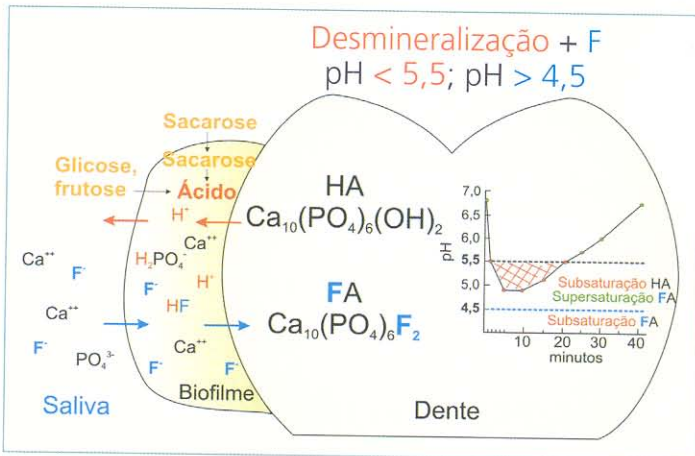


A utilização de fluoreto pode ocorrer de forma **coletiva** – água fluoretada –, de **autouso** – dentífricos ou soluções para bochecho – ou de **uso profissional** – aplicação de géis, vernizes ou utilização de materiais liberadores de fluoreto.

Na desmineralização dental, o processo de desmineralização, na presença de fluoreto, continua ocorrendo como já descrito.

Parte dos minerais em dissolução pode voltar a se precipitar na estrutura dental, se houver fluoreto presente no fluido do biofilme. Esse efeito é chamado **diminuição da desmineralização**, pois a perda mineral líquida após um desafio cariogênico será diminuída pela precipitação do mineral menos solúvel (fluorapatita), ao mesmo tempo em que o mineral HA está se dissolvendo.

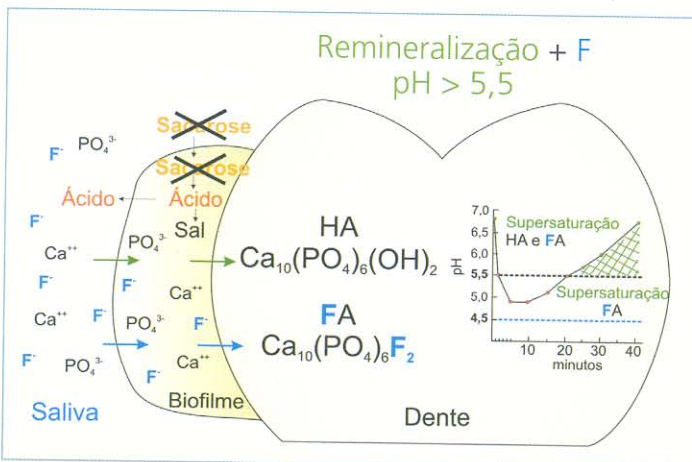
Por ser menos solúvel, a **fluorapatita (FA)** tem a tendência de se formar mesmo quando o pH do fluido-do biofilme já está ácido o suficiente para que a HA se dissolva (Figura 3).



**Figura 3** – Diminuição da desmineralização dental na presença de fluoreto. Ao mesmo tempo em que o mineral mais solúvel (HA) se dissolve, a FA terá a tendência de se precipitar, desde que o pH não caia a níveis abaixo do crítico para a FA, quando o fluido do biofilme também se torna subsaturado em relação a esse mineral.

Fonte: Cury e Tenuta (2009).<sup>11</sup>

Quando a remineralização ocorre na presença de fluoreto, haverá maior tendência de precipitação mineral, pois, além de ser possível formar HA, também haverá a **precipitação de FA**. É a chamada **ativação da remineralização** causada pelo fluoreto (Figura 4).



**Figura 4** – Ativação da remineralização pelo fluoreto. Quando o pH do biofilme volta a subir após um desafio cariogênico, havendo fluoreto presente no fluido do biofilme, além da precipitação de HA, o mineral FA também tenderá a se precipitar. O mesmo processo ocorre se o biofilme for removido e a superfície dental for exposta à saliva contendo fluoreto.

Fonte: Cury e Tenuta (2009).<sup>11</sup>



Os resultados dos eventos de desmineralização e remineralização na presença de fluoreto são perda mineral líquida reduzida e aumento da concentração de fluoreto na superfície dental.

Em certos casos, mesmo na presença de fluoreto, os eventos de desmineralização superam a recuperação de mineral na forma de HA e FA e, portanto, a lesão cariosa, embora demore mais a ser evidente clinicamente, após certo tempo se tornará visível.



O fluoreto não impede que a **perda mineral** ocorra, mas a atenua, adiando o aparecimento de lesões. Em alguns casos, nenhuma lesão será clinicamente visível mesmo após décadas de exposição do dente a ciclos de desremineralização na cavidade bucal.



## ATIVIDADE

8. Em relação à utilização de fluoreto, assinale a alternativa INCORRETA.
- A) Quando presente na cavidade bucal, o fluoreto interfere na desmineralização e na remineralização dental.
  - B) Especialistas reconhecem o uso amplo de fluoretos, com destaque para sua utilização na água como a principal causa para o declínio da doença cárie.
  - C) A utilização de fluoreto pode ocorrer de forma coletiva – água fluoretada –, de autouso – dentifrícios ou soluções para bochecho – ou de uso profissional – aplicação de géis, vernizes ou uso de materiais liberadores de fluoreto.
  - D) Apesar dos esforços em difundir medidas preventivas, tendo em vista o controle cariogênico do biofilme dental e a redução no consumo de açúcar, em todos os países do mundo que experimentaram uma significativa redução dos índices de doença cárie, o fluoreto estava sendo utilizado de alguma forma.

*Resposta no final do capítulo*

9. Quais os resultados dos eventos de desmineralização e remineralização na presença de fluoreto?

---

---

---

---

## IMPORTÂNCIA DO FLUORETO LIGADO AO MINERAL DO DENTE

Na discussão a respeito do efeito do *laser* no controle da doença cárie, é necessário compreender a importância do fluoreto ligado ao mineral do dente.



Atualmente, considera-se que o fluoreto ativo no controle da doença cárie é o **iônico**, livre na cavidade bucal para interferir com a desmineralização dental.

Enriquecer a estrutura dental com fluoreto (pela ingestão de fluoreto durante a mineralização dos dentes, por exemplo) é considerada uma medida menos importante no controle da doença cárie. Essa constatação baseia-se em inúmeras evidências científicas de que o **fluoreto iônico** é muito mais eficiente.<sup>3</sup>

Assim, apesar do mineral FA ser menos solúvel do que a HA, normalmente a porcentagem de substituição desta por fluoreto chega a 10%. Esse valor não apresenta um efeito significativo de redução da desmineralização dental, ou seja, o mineral do dente continuará a se comportar como uma apatita em termos de solubilidade.

Essa informação parece contrastar com o abordado a respeito da formação da **lesão cariiosa** pela dissolução preferencial de minerais mais solúveis e precipitação preferencial de minerais menos solúveis, resultando em um substrato cada vez mais resistente à desmineralização.

É necessário, no entanto, fazer uma distinção entre o fluoreto incorporado durante a formação do dente, com pouca repercussão para alterar sua tendência de dissolução, e aquele incorporado como resultado da desmineralização na presença de fluoreto.

Quando o cloreto é incorporado como resultado da desmineralização, o mineral da região que está sofrendo desmineralização tenderá a se tornar cada vez mais resistente a um futuro **ataque cariogênico**. Isso ocorre porque os minerais mais solúveis foram dissolvidos e os menos solúveis precipitaram-se.



Algumas formas de utilização do fluoreto promovem sua reação com o mineral do dente, o que poderia alterar sua solubilidade, embora também não seja esse o principal **efeito anticárie** desses meios.

Em resumo, embora o principal efeito do fluoreto na dinâmica da perda mineral seja resultado do fluoreto livre no biofilme dental ou na saliva, o enriquecimento do mineral do dente com fluoreto como resultado do processo de cárie na presença do íon, ou de uma aplicação de fluoreto em alta concentração, pode afetar sua solubilidade.

## EFEITO DO FLUORETO APLICADO EM ALTAS CONCENTRAÇÕES

Independentemente de como o fluoreto é utilizado, seu mecanismo de ação é basicamente diminuir a desmineralização e ativar a remineralização quando presente na forma iônica no fluido do biofilme/saliva.

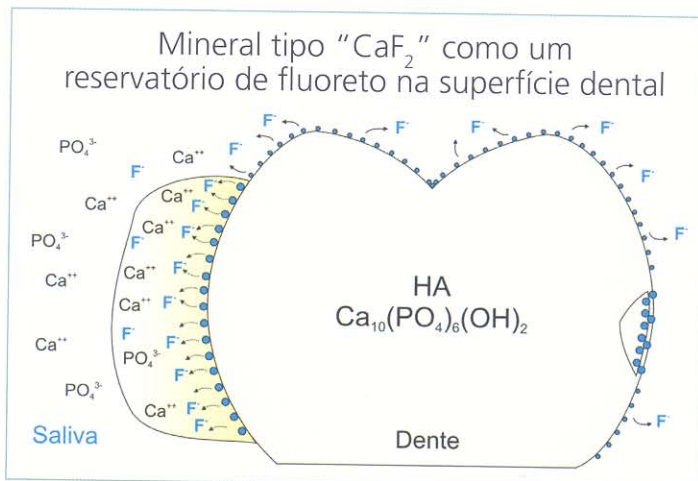
O mecanismo de ação do fluoreto vale inclusive para os meios nos quais é utilizado em alta concentração, normalmente pelo profissional, como é o caso da aplicação de **géis** (12.300ppm F, pH ácido) e **vernizes fluoretados** (23.000ppm F, pH neutro).



Na aplicação de **gel** ou **verniz fluoretado** em alta concentração na superfície dental, além de um aumento momentâneo na concentração de fluoreto na saliva e no biofilme, também ocorrerá reação do fluoreto no produto com a superfície do esmalte ou da dentina.

Os produtos formados pela reação do fluoreto no produto com a superfície do esmalte ou da dentina são a **FA** (incorporação de fluoreto de forma firmemente ligada ao mineral) e um mineral tipo **fluoreto de cálcio** ( $\text{CaF}_2$ ).

O fluoreto de cálcio deposita-se a na forma de glóbulos e dissolve-se na boca, liberando fluoreto para o fluido do biofilme ou para a saliva (Figura 5). Assim, é considerando o principal reservatório formado pela aplicação profissional de fluoreto, pois libera fluoreto iônico para o meio.<sup>12-14</sup> O  $\text{CaF}_2$  pode ficar retido por dias ou semanas antes de sua total dissolução.



**Figura 5** – Glóbulos de fluoreto de cálcio depositados na superfície dental após aplicação de fluoreto em alta concentração. A saliva e o fluido do biofilme dental são subsaturados em relação ao  $\text{CaF}_2$ , e este irá se dissolver, liberando flúor para o meio (saliva ou fluido do biofilme).

**Fonte:** Cury e Tenuta (2009).

A formação do **fluoreto de cálcio** na estrutura dental é função direta da concentração de flúor no produto e na inversão do pH. Assim, quanto maior a concentração de flúor em um produto e menor seu pH, maior será a formação do  $\text{CaF}_2$ .<sup>12</sup>

Devido à essa concentração, o flúor fosfato acidulado, com concentração de F de 12.300ppm e pH em torno de 3,5, resulta na formação de uma grande quantidade de  $\text{CaF}_2$ , em maior porcentagem do que a de FA formada.



O **fluoreto de cálcio** funciona como um reservatório de fluoreto formado no esmalte-dentina pela aplicação profissional. Como ele se esgota em função do tempo, estratégias para aumentar seu tempo de retenção podem aumentar a eficácia anticárie da aplicação profissional de flúor.



## ATIVIDADE

10. Por que o fluoreto iônico é ativo no controle da doença cárie?

---

---

---

---

11. Observe as seguintes afirmativas em relação à importância do fluoreto ligado ao mineral do dente.

- I - Enriquecer a estrutura dental com fluoreto (pela ingestão de fluoreto durante a mineralização dos dentes, por exemplo) é considerada uma medida menos importante no controle da doença cárie.
- II - Algumas formas de utilização do fluoreto promovem sua reação com o mineral do dente, o que poderia alterar sua solubilidade, embora também não seja esse o principal efeito anticárie desses meios.
- III - O mineral FA é tão solúvel quanto a HA.

Quais estão corretas?

- A) Apenas a III.
- B) Apenas a I e a II.
- C) Apenas a II e a III.
- D) A I, a II e a III.

*Resposta no final do capítulo*

12. Explique o mecanismo de ação do fluoreto.

---

---

---

---

13. Assinale **V** (verdadeiro) ou **F** (falso).

- ( ) Quando é feita aplicação de gel ou verniz fluoretado em alta concentração na superfície dental, além de um aumento momentâneo na concentração de fluoreto na saliva e no biofilme, também ocorrerá reação do fluoreto no produto com a superfície do esmalte ou da dentina.
- ( ) O fluoreto de cálcio é pouco útil para a aplicação profissional de fluoreto, pois não libera fluoreto iônico para o meio.
- ( ) Os produtos formados pela reação do fluoreto no produto com a superfície do esmalte ou da dentina são a FA (incorporação de fluoreto de forma firmemente ligada ao mineral) e um mineral tipo fluoreto de cálcio.
- ( ) Devido à concentração do pH, o flúor fosfato acidulado resulta na formação de uma grande quantidade de fluoreto, em maior porcentagem do que a de FA formada.

Qual a sequência correta?

- A) V – V – F – V
- B) V – F – V – F
- C) F – V – V – V
- D) F – V – F – V

Resposta no final do capítulo

## EFEITOS DA IRRADIAÇÃO LASER SOBRE OS TECIDOS DÚROS DENTAIS



Para qualquer procedimento que utilize a irradiação *laser*, as interações ópticas entre a luz *laser* e o tecido-alvo devem ser conhecidas, para garantir procedimentos seguros e efetivos.

A interação da luz *laser* com os tecidos duros dentais depende de todos os parâmetros do *laser*, tais como:

- comprimento de onda;
- modo de emissão (contínuo ou pulsado);
- duração do pulso;
- energia por pulso;
- taxa de repetição;
- densidade de energia;
- diâmetro do feixe e suas características.

Essa interação também depende das propriedades ópticas e térmicas do tecido, entre as quais se destacam:

- índice de refração;
- coeficiente de espalhamento ( $\mu_s$ );
- coeficiente de absorção ( $\mu_a$ ).

A irradiação *laser* poderá ser absorvida, espalhada, refletida ou mesmo transmitida para o interior do tecido irradiado. Para a finalidade preventiva, é necessário que promova modificações químicas no esmalte ou na dentina, sejam elas para alterar a solubilidade do tecido irradiado ou mesmo para interagir com o fluoreto.



A irradiação *laser* deverá ser altamente absorvida, de forma que uma grande quantidade de calor possa ser gerada, porém restrita a uma pequena profundidade no tecido para não induzir injúrias aos tecidos moles adjacentes ou à polpa.

A alta absorção pelos componentes essenciais do esmalte, isto é, água e HA, é o grande motivo de escolha dos *lasers* de alta intensidade para prevenção da doença cárie.<sup>15</sup>

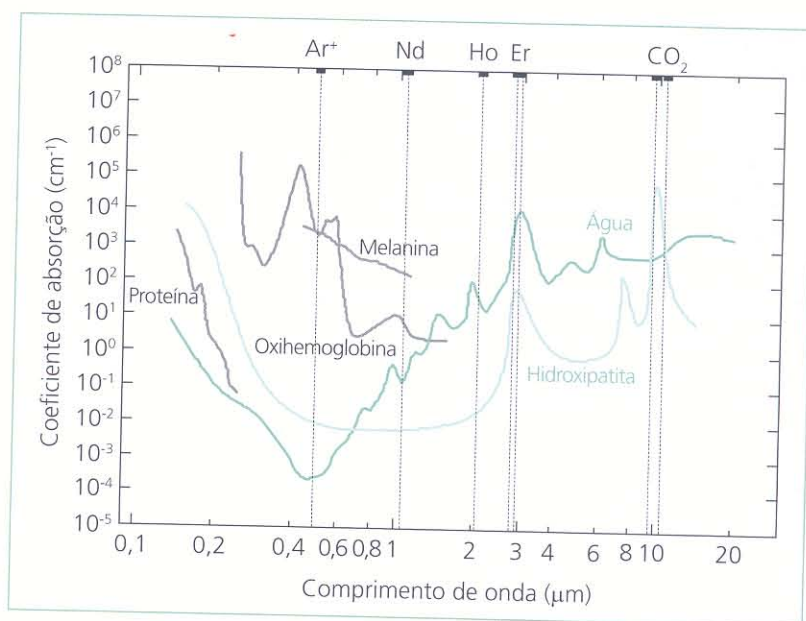
A Tabela 1 apresenta uma comparação numérica entre as propriedades do esmalte e o comprimento de onda de diferentes *lasers*, o que justifica as diversas aplicações clínicas de cada um.<sup>16</sup>

Tabela 1

**COMPARAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES DO ESMALTE E O COMPRIMENTO DE ONDA DE DIFERENTES LASERS**

<b>Lasers</b>	<b>Comprimento de onda</b>	<b>Coefficiente de absorção (cm-1)</b>	<b>Coefficiente de espalhamento (cm-1)</b>
Visíveis	450 – 700nm	< 1	40 – 100
Nd:YAG	1064nm	< 1	15
Ho:YAG	2,10µm	< 20	Não determinado
Er,Cr:YSGG	2,79µm	450	Aproximadamente 0
Er:YAG	2,94µm	770	Aproximadamente 0
CO <sub>2</sub>	9,3µm	5500	Aproximadamente 0
CO <sub>2</sub>	9,6µm	8000	Aproximadamente 0
CO <sub>2</sub>	10,3µm	1125	Aproximadamente 0
CO <sub>2</sub>	10,6µm	825	Aproximadamente 0

A Figura 6 apresenta uma comparação entre os principais *lasers* utilizados em odontologia e sua interação com os principais componentes dos tecidos biológicos.



**Figura 6** – Principais lasers utilizados em odontologia e sua interação com os principais componentes dos tecidos biológicos, entre eles a água e a HA.  
**Fonte:** Ana e colaboradores (2006).<sup>17</sup>

Os lasers de érbio e CO<sub>2</sub> são os que melhor interagem com os componentes estruturais do esmalte, o que pode gerar maiores aumentos de temperatura superficial (1 a 5μm de profundidade). Esse aumento de temperatura na superfície parece ser o principal fator responsável por ocasionar mudanças na microestrutura do esmalte.



### ATIVIDADE

14. O que deve ser conhecido em qualquer procedimento que utilize a irradiação laser?

---



---



---



---

15. Em relação aos efeitos da irradiação *laser* sobre os tecidos duros dentais, assinale a alternativa correta.
- A) A interação da luz *laser* com os tecidos duros dentais depende de todos os parâmetros do *laser*.
  - B) A alta absorção pelos componentes essenciais do esmalte, isto é, água e HA, é o grande motivo de escolha dos *lasers* de alta intensidade para prevenção da doença cárie.
  - C) A irradiação *laser* poderá ser absorvida, espalhada, refletida ou mesmo transmitida para o interior do tecido irradiado.
  - D) Para a finalidade preventiva, é necessário que a taxa de repetição promova modificações químicas no esmalte ou na dentina.

*Resposta no final do capítulo*

## ESTUDOS SOBRE IRRADIAÇÃO LASER

Ainda há uma busca constante por comprimentos de onda e parâmetros ótimos dos *lasers* de alta intensidade para atuação sobre a resistência à desmineralização dos tecidos duros dentais. Com os diversos estudos prévios sobre esse assunto, foi possível sugerir alguns mecanismos ou mesmo conhecer melhor os efeitos dos *lasers* e suas interações com o esmalte e a dentina.



Um dos primeiros mecanismos propostos para explicar a interação da irradiação *laser* com o esmalte dental surgiu da evidência morfológica de **fusão** e **ressolidificação** decorrentes da irradiação *laser*.

A **fusão** e a **ressolidificação** decorrentes da irradiação *laser* proporcionariam um decréscimo na permeabilidade do esmalte à água.<sup>18</sup> Assim, temperaturas superiores a 1200°C, isto é, maiores do que o ponto de fusão da HA, deveriam ser atingidas para se conseguir tal efeito.

Acreditava-se, também, que a **fusão** e a **recristalização** do esmalte poderiam promover um selamento da superfície, o que reduziria sua solubilidade.<sup>19</sup> Contudo, um estudo posterior<sup>20</sup> ressaltou que as alterações morfológicas no esmalte decorrentes das irradiações poderiam, também, aumentar sua permeabilidade para alguns íons e substâncias, como sorbitol e glicerol.

O mesmo estudo ressaltou que o aumento da resistência à ação dos ácidos poderia ocorrer devido a algumas modificações químicas induzidas pela irradiação *laser*, tais como a evaporação do material orgânico e do carbonato.

Em estudos posteriores, a análise química da **camada fundida e recristalizada** do esmalte irradiado evidenciou a presença de **monóxido de difosfato de tetracálcio**, um composto menos solúvel, e reduzido conteúdo de **carbonato**.<sup>21</sup>

Ressaltou-se que o aumento da resistência à desmineralização do esmalte não poderia ser exclusivamente devido à sua fusão e recristalização, pois tratava-se de uma camada não uniforme, e, sim, restrita a apenas algumas áreas de maior interação do esmalte com a irradiação *laser*.

Atualmente, acredita-se que a **diminuição da solubilidade** do esmalte ocorre devido às modificações em sua ultraestrutura, como:<sup>22</sup>

- redução do conteúdo de água e de carbonato;
- aumento da quantidade de íons hidroxila;
- formação de pirofosfatos e decomposição de proteínas.<sup>22</sup>

Outra hipótese mencionada seria a alteração e, eventualmente, a destruição da matriz orgânica localizada no **espaço interprismático**. Assim, os produtos da decomposição dessa matriz poderiam obstruir a passagem dos íons durante o processo de desmineralização, o que diminuiria os efeitos desse processo.

Também foi sugerido que a irradiação *laser* poderia promover modificações na forma e no tamanho dos cristais de HA, além da perda de sua estrutura prismática,<sup>23</sup> o que tem sido comprovado em estudos mais recentes.



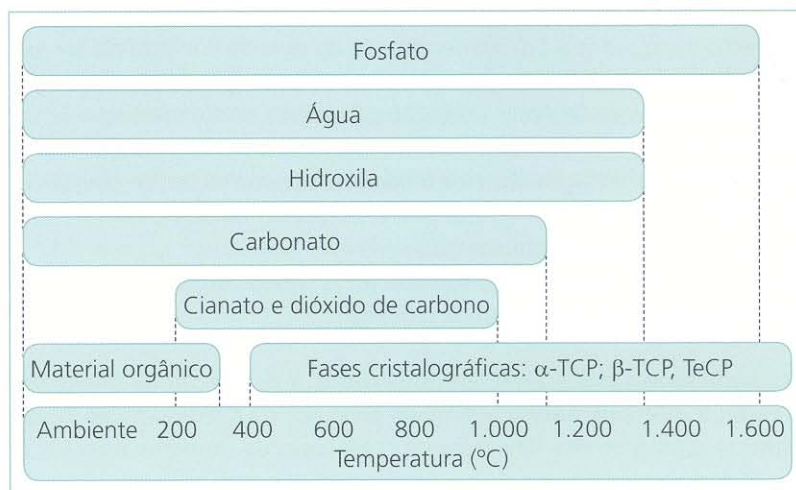
Os efeitos da irradiação *laser* sobre o esmalte dental dependem diretamente da temperatura atingida. Em temperaturas superiores a 100°C, ocorre o início da remoção do carbonato, sendo sua completa remoção efetivada em temperaturas da ordem de 1.100°C.<sup>22</sup>

Na faixa de temperatura entre 100 e 650°C, devido à redução do carbonato presente na posição do fosfato (substituição tipo B), ocorre a conversão do íon ácido de fosfato em pirofosfato. Novas fases cristalinas, como  $\alpha$ -TCP [ $\alpha$ -fosfato tricálcico -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\alpha$ ] e  $\beta$ -TCP [ $\beta$ fosfato tricálcico -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\beta$ ], são formadas em temperaturas superiores a 1.100°C.<sup>24</sup>



É importante ressaltar que essas substâncias, isoladamente, são mais solúveis em meio ácido, em relação à HA. A destruição da matriz orgânica do esmalte, responsável por comprometer a difusão iônica durante a desmineralização, ocorre em temperaturas em torno de 400°C.

Os efeitos da destruição da matriz orgânica do esmalte estão resumidos na Figura 7.



**Figura 7** – Estabilidade térmica dos principais compostos do esmalte em função da faixa de temperatura.

Fonte: Bachmann e Zezell (2005).<sup>24</sup>

A primeira evidência da formação das novas fases cristalinas citadas provém de estudos realizados com *lasers* de CO<sub>2</sub>, empregado com densidade de energia entre 15 e 12.000 J/cm<sup>2</sup>.

Foram observados pequenos traços de -TCP na camada fundida e recristalizada do esmalte.<sup>25</sup> Posteriormente, confirmou-se essa evidência quando o *laser* de CO<sub>2</sub> foi empregado com densidades de energia que variaram entre 10<sup>4</sup> e 10<sup>5</sup>J/cm<sup>2</sup>.

Com a irradiação do esmalte com *laser* de Nd:YAG, ocorreu a formação de -TCP e β-TCP com energias bem inferiores, ao redor de 150mJ/pulso.<sup>26</sup> Nesse estudo, ocorreu, também, a formação de pequena fração de TCP-α-β.

Outras fases, como TetCP [Ca<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>O] e Ca<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>O, foram observadas em esmalte fundido por meio da irradiação com os *lasers* de CO<sub>2</sub> (com comprimento de onda de 9,3μm)<sup>27</sup> e Ho:YLF, respectivamente. Essas fases também foram encontradas em esmalte irradiado com *laser* de Er,Cr:YSGG, o qual não promove fusão do esmalte e, portanto, não atinge valores de temperatura acima de 1.000°C.

Observa-se que a atuação da irradiação *laser* para prevenção da doença cárie parece depender da temperatura atingida. Entretanto, efeitos significativos para inibição da desmineralização são reportados mesmo com comprimentos de onda pouco absorvidos pelo esmalte, como o *laser* de argônio (488 a 514nm). Nesse caso, sugere-se que a irradiação *laser* possa promover efeitos fotoquímicos, teoria que ainda não pode ser confirmada na literatura.



## ATIVIDADE

16. Assinale **V** (verdadeiro) ou **F** (falso).

- ( ) Um dos primeiros mecanismos propostos para explicar a interação da irradiação *laser* com o esmalte dental surgiu da evidência morfológica de fusão e recristalização da irradiação *laser*.
- ( ) Atualmente, acredita-se que a diminuição da solubilidade do esmalte ocorre devido às modificações em sua ultraestrutura.
- ( ) A análise química da camada fundida e recristalizada do esmalte irradiado evidenciou a presença de monóxido de difosfato de tetracálcio – um composto menos solúvel – e reduzido conteúdo de carbonato.
- ( ) Os efeitos da irradiação *laser* sobre o esmalte dental dependem diretamente do aumento da quantidade de íons hidroxila.

Qual a sequência correta?

- A) V – V – F – V
- B) V – F – V – F
- C) F – V – F – V
- D) F – V – V – F

*Resposta no final do capítulo*

17. Qual o papel da temperatura na irradiação *laser* para prevenção da doença cárie?

---

---

---

---

## PRINCIPAIS LASERS EMPREGADOS COM FINALIDADE PREVENTIVA

Os principais *lasers* empregados para fins preventivos são:

- rubi;
- neodímio;
- dióxido de carbono;
- érbio;
- argônio.

### LASER DE RUBI

De comprimento de onda de 693nm, o *laser* de rubi foi o primeiro a ser investigado para prevenção da doença cárie em meados da década de 1960. Os estudos apontaram uma menor perda mineral em esmalte irradiado com 12J/pulso em desmineralização *in vitro* com pH 4,5.<sup>18</sup>

Contudo, mais tarde, relatou-se um aumento da permeabilidade do esmalte, além de superaquecimento da superfície e do tecido pulpar.<sup>19</sup>



Devido à sua baixa interação com os tecidos duros dentais, seu uso foi descartado para prevenção da doença cárie, o que motivou a investigação de outros comprimentos de onda que interagissem de melhor forma com o esmalte, provocando menores danos térmicos e morfológicos.

### LASERS DE NEODÍMIO

A utilização dos *lasers* de Nd:YAG para prevenção da cárie foi motivada pela possibilidade de promover fusão do esmalte,<sup>28</sup> embora o comprimento de onda de 1064nm seja pouco absorvido pelos tecidos duros dentais.



Com o comprimento de onda de 1064nm, ocorre pouco aquecimento superficial e grande dissipação do calor, o que pode comprometer a vitalidade do tecido pulpar.

Para potencializar os efeitos do *laser* de Nd:YAG sobre a superfície do esmalte e diminuir a possibilidade de transmissão para o interior do tecido pulpar, optou-se pela aplicação prévia de substâncias fotoabsorvedoras, como a tinta nanquim<sup>5</sup> ou, mais recentemente, a pasta de pó de carvão.<sup>6</sup>

O primeiro estudo *in vitro* realizado com o *laser* de Nd:YAG para prevenção da desmineralização remonta de 1972,<sup>19</sup> quando foram observados 90% de inibição da dissolução de cálcio com fluências em torno de 30J/cm<sup>2</sup>.



Um estudo arrojado realizado em 1989, que comparou nove tipos de *laser* na busca do mais apropriado para aumentar a resistência do esmalte à desmineralização, concluiu que o *laser* de Nd:YAG sob fluência de 50J/cm<sup>2</sup> seria o mais eficaz e o mais viável de se aplicar clinicamente.<sup>28</sup>

Novos estudos *in vitro* foram realizados, comprovando, também, os benefícios da interação com o fluoreto em suas diversas formas, inclusive o **verniz fluoretado**, o que foi comprovado com estudos clínicos posteriores.

## LASERS DE DIÓXIDO DE CARBONO

A grande interação dos *lasers* de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) com os radicais fosfato da HA motivou a investigação dos comprimentos de onda de 9,3μm, 9,6μm, 10,3μm e 10,6μm para prevenção da doença cárie, tendo em vista o potencial aquecimento que poderia ser promovido na superfície irradiada.

Devido à interação dos *lasers* de dióxido de carbono com os radicais fosfato da HA, as densidades de energia empregadas puderam ser bastante diminuídas para se obter o mesmo efeito. Assim, os primeiros estudos com *laser* de CO<sub>2</sub> utilizaram um décimo das fluências utilizadas com o *laser* de rubi.

Os primeiros estudos realizados utilizaram o *laser* de rubi sob modo contínuo, o que foi rapidamente descartado com a comprovação do superaquecimento pulpar decorrente das irradiações.



A opção pelo uso de *lasers* que operam no **modo pulsado** tornou-se mais vantajosa por permitir o relaxamento térmico do tecido irradiado, de tal forma que a propagação de calor para o interior do tecido pulpar pudesse ser diminuída e controlada.<sup>29</sup>

Variações nas taxas de repetição e na largura temporal dos pulsos ocasionam resultados conflitantes. Isso motiva ainda a busca de parâmetros que proporcionem um aprimoramento interação do *laser* de CO<sub>2</sub> com os tecidos duros dentais, buscando-se sempre melhorar a relação custo-benefício do procedimento.

Os estudos clássicos com *lasers* de CO<sub>2</sub> evidenciaram inibições da perda mineral de esmalte submetido ao desafio cariogênico *in vitro* da ordem de 85, 73, 71 e 68% para os comprimentos de onda de 10,6µm, 10,3µm, 9,6µm e 9,3µm, sem associação de fluoreto.<sup>30</sup>

A aplicação de fluoreto demonstrou uma importante sinergia com a irradiação *laser*, otimizando os resultados de perda mineral e inibindo a progressão das lesões cariosas com mais eficiência. Estudos *in situ* também puderam confirmar os efeitos promovidos por essa associação.<sup>31</sup>

Mesmo com os numerosos estudos já realizados com os *lasers* de CO<sub>2</sub>, ainda não existe uma definição clara sobre os prováveis parâmetros para uma aplicação clínica. Embora mais promissores, por terem maior interação com a HA do que os demais *lasers* de dióxido de carbono, os *lasers* de CO<sub>2</sub> com comprimento de onda de 9,6µm ainda não estão disponíveis comercialmente.

## LASERS DE ÉRIBIO

Os *lasers* de érbio (Er:YAG – 2,94µm e Er,Cr:YSGG – 2,79µm) também podem ser empregados para fins preventivos, como a realização de preparos cavitários, por promover **ablação** nos tecidos duros.

Para uso em prevenção da doença cárie, contudo, as densidades de energia dos *lasers* de érbio tiveram que ser bastante diminuídas para que o fenômeno de ablação, resultado da forte interação desses comprimentos de onda com a água presente nos tecidos duros dentais, fosse evitado.

A partir da definição de uma energia de **limiar de ablação** para os *lasers* de érbio, buscam-se parâmetros inferiores a esse limiar para assegurar que danos morfológicos sejam evitados, o que poderia comprometer a estética e possibilitar maior acúmulo de biofilme dental.



O *laser* de Er:YAG é o mais popular e também o pioneiro dos *lasers* de érbio a ser introduzido no mercado. Além disso, foi primeiro a ter aprovação pela Food and Drug Administration (FDA) para ablação de tecidos duros dentais.

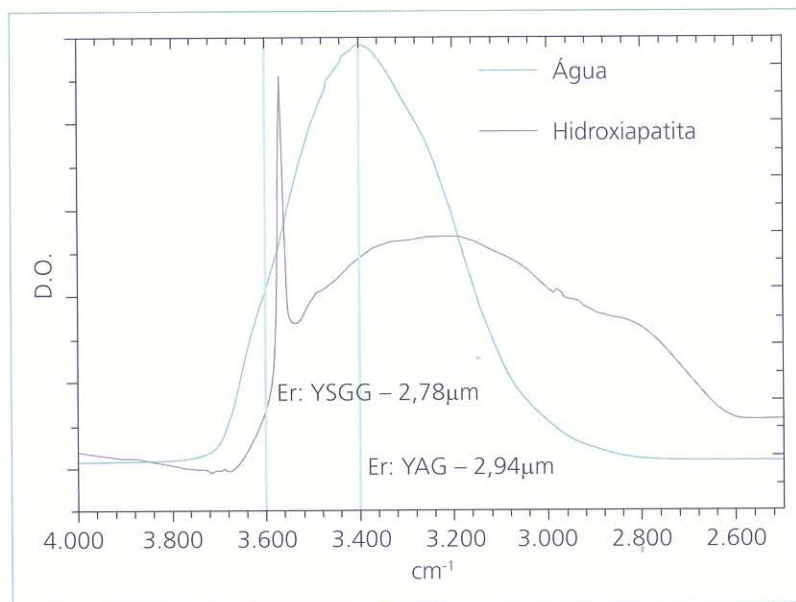
Resultados promissores foram reportados, na década de 1990, evidenciando que esse comprimento de onda poderia aumentar a resistência do esmalte aos ácidos<sup>32</sup> quando empregado com densidade de energia ao redor de 55 a 130J/cm<sup>2</sup>. Essa dose, contudo, é empregada para preparo cavitário e poderia comprometer a estética dental.



Testes posteriores evidenciaram que doses subablativas (entre 9 e 12J/cm<sup>2</sup>)<sup>33</sup> mostraram inibição de 40% da desmineralização do esmalte *in vitro*, comprovando, assim, o potencial do *laser* de Er:YAG para prevenção da doença cárie.

Embora estudos posteriores tenham evidenciado o potencial do *laser* de Er:YAG para diminuir a desmineralização do esmalte juntamente com a aplicação de fluoreto, é necessário determinar os parâmetros adequados, caso seja empregado para esse fim.

Embora promova ablação tecidual e também seja amplamente empregado para corte de tecidos duros, o *laser* de Er,Cr:YSGG difere do *laser* de Er:YAG por possuir forte interação tanto pela água como também pela hidroxila presente na molécula de HA ( $\text{OH}^-$  mineral). Dessa maneira, o *laser* de Er,Cr:YSGG promove maior aquecimento superficial (Figura 8).<sup>24</sup>



**Figura 8** – Espectro de absorção no infravermelho dos *lasers* de Er:YAG (2,94 $\mu\text{m}$ ) e Er,Cr:YSGG (2,79 $\mu\text{m}$ ) em relação à água e à HA.<sup>24</sup>

**Fonte:** Bachmann e Zezell (2005).<sup>24</sup>

Embora em estágio menos avançado, as pesquisas com *laser* de Er,Cr:YSGG para prevenção da desmineralização evidenciam resultados promissores, mesmo quando o *laser* foi empregado sob densidades de energia inferiores ao limiar de ablação.<sup>25</sup>

Esse comprimento de onda promove modificações químico-estruturais no esmalte irradiado, além de apresentar forte interação com o fluoreto, aumentando a formação e a retenção do  $\text{CaF}_2$ . Contudo, novos estudos ainda são necessários para elucidar os mecanismos envolvidos e estabelecer um protocolo seguro e eficaz para a prática clínica.

## LASERS DE ARGÔNIO

Os **lasers de argônio** emitem comprimentos de onda entre 488 e 514nm (azul ou verde), sendo, portanto, fracamente absorvidos pelos tecidos duros dentais. Entretanto, são *lasers* que mostraram evidências de atuação na redução da desmineralização do esmalte quando empregados sob densidades de energia moderadas (ao redor de 100J/cm<sup>2</sup>) e por pouco tempo de exposição (10 segundos).<sup>34</sup>

Quando empregados posteriormente à aplicação tópica de flúor fosfato acidulado, os *lasers* de argônio evidenciaram **efeitos sinérgicos**. Os estudos *in vivo* confirmam que esses *lasers* podem promover a retenção de fluoreto por mais tempo,<sup>35</sup> embora os mecanismos envolvidos não estejam completamente elucidados.



### ATIVIDADE

18. Relacione as colunas.

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| A) <i>Lasers</i> de rubi              | ( ) Sua grande interação com os radicais fosfato da HA motivou a investigação dos comprimentos de onda de 9,3µm, 9,6µm, 10,3µm e 10,6µm para prevenção da doença cárie. |
| B) <i>Laser</i> de neomídio           | ( ) Pode ser empregado para fins preventivos, como a realização de preparos cavitários, por promover ablação nos tecidos duros.   |
| C) <i>Laser</i> de dióxido de carbono | ( ) Emite comprimentos de onda entre 488 e 514nm (azul ou verde), sendo, portanto, fracamente absorvidos pelos tecidos duros dentais.                                   |
| D) <i>Laser</i> de érbio              | ( ) De comprimento de onda de 693nm, foi o primeiro <i>laser</i> a ser investigado para prevenção da doença cárie em meados da década de 1960.                          |
| E) <i>Laser</i> de argônio            | ( ) Sua utilização foi motivada pela possibilidade de promover fusão do esmalte.  |

Qual a seqüência correta?

- A) A – C – B – E – D
- B) B – A – C – D – E
- C) C – D – E – A – B
- D) D – C – E – A – B

Resposta no final do capítulo

19. Por que o *laser* de rubi foi descartado para prevenção da doença cárie?

---

---

---

---

20. Qual o resultado da aplicação de fluoreto na interação dos *lasers* de dióxido de carbono?

---

---

---

---

21. Qual a condição a ser observada para que os *lasers* de érbio possam ser empregados para prevenção da doença cárie?

---

---

---

---

## EFEITO DA ASSOCIAÇÃO LASER E FLUORETO NA PREVENÇÃO DA DOENÇA CÁRIE

Embora existam indícios de que a irradiação *laser* possa induzir maior resistência à desmineralização de esmalte e de dentina, a associação com o fluoreto, sob suas diversas formas disponíveis, comprovou melhores resultados. Esses resultados foram comprovados por meio da inibição da formação inicial da lesão cariosa ou mesmo na inibição da progressão da lesão, tanto em estudos *in vitro* como *in vivo*.

Na década de 1970, relatou-se que a **associação do *laser* de argônio com o fluoreto de sódio** resultou em aumento da absorção de flúor e diminuição da dissolução de cálcio e de fósforo.<sup>36</sup> Já na década de 1980, estudos com ***laser* de Nd:YAG associado à aplicação tópica de flúor fosfato acidulado** demonstraram um aumento da penetração de íons flúor no esmalte irradiado.<sup>37</sup>

Estudos com *lasers* de CO<sub>2</sub> – considerando-se sua alta absorção – são mais abundantes, e sempre evidenciaram efeitos benéficos da irradiação *laser* seguida de aplicação de fluoreto ou aplicação de fluoreto seguida de irradiação *laser*.<sup>16, 23, 25, 30, 31</sup>

As análises com os **lasers de érbio** iniciaram mais tarde, sugerindo que o mecanismo de ablação pode favorecer a retenção do fluoreto.<sup>38</sup> Com relação aos mecanismos envolvidos, sugeriu-se que a irradiação *laser* é capaz de aumentar a difusibilidade do fluoreto, fazendo com que ocorra maior absorção desse íon pelo esmalte.

A **formação de microespaços** – devido à remoção de componentes orgânicos, água e carbonato do esmalte pela irradiação *laser* – poderia agir como sítios para deposição de íons liberados durante a desmineralização,<sup>39</sup> o que facilitaria também a retenção do fluoreto.

Mais tarde, comprovou-se que o esmalte dental modificado pela irradiação *laser* é mais reativo ao flúor aplicado topicamente e que o aumento de produtos formados no esmalte é potencializado quando a irradiação é realizada antes da aplicação profissional de fluoreto.<sup>28</sup>

Estudos posteriores sugeriram que a irradiação promove maior retenção do fluoreto formado, favorecendo, assim, o **efeito cariostático** por um maior período de tempo.<sup>40</sup>

Estudos que utilizaram o *laser* de CO<sub>2</sub> em HA sintética reportam que a irradiação *laser* propiciou a conversão de HA carbonatada em FA.<sup>41, 42</sup> Esse fenômeno ocorre devido, provavelmente, à fusão e à solidificação das camadas superficiais de HA combinadas com a camada de fluoreto difundido e incorporado pelo tratamento tópico prévio às irradiações.

A camada de esmalte fundido originaria uma nova estrutura composta de FA mineral ou HA fluoretada, mais resistente à desmineralização. Contudo, efeitos distintos são observados quando a irradiação é empregada antes ou após a aplicação tópica de fluoreto, o que parece depender também do comprimento de onda (TEA-CO<sub>2</sub> 9,6µm versus CO<sub>2</sub> comercial 10,6µm) e do tipo de *laser* empregado (contínuos versus pulsados).

Os estudos com *lasers* de érbio, contudo, contradizem os mecanismos propostos, tendo em vista que esse tipo de *laser* não promove fusão do esmalte.

Provavelmente devido ao mecanismo de ablação, estudos realizados com aplicação de *laser* de Er,Cr:YSGG, seguida da aplicação de flúor fosfato acidulado sobre esmalte, evidenciam maior formação e retenção de CaF<sub>2</sub> na estrutura dental, o que teria efeito direto sobre a inibição da desmineralização.<sup>38</sup>

Embora os mecanismos de interação entre *laser* e flúor estejam embasados em aumento de temperatura (efeitos fototérmicos), eles não são a única evidência para a interação entre os *lasers* de argônio e o fluoreto, considerando que este *laser* possui baixa absorção e alto espalhamento no esmalte.

Os resultados obtidos em relação ao aumento significativo da microdureza do esmalte irradiado, à promoção de prolongada retenção de flúor mesmo após seis meses da aplicação tópica de flúor fosfato acidulado e à significativa inibição (cerca de 62%)<sup>37</sup> da formação de lesões cáries incipientes *in vivo* ao redor de *brackets* ortodônticos,<sup>43</sup> devem-se a outros tipos de efeitos, sugeridos pelos autores como efeitos fotoquímicos.<sup>45, 37</sup>

Contudo, os reais mecanismos de interação *laser* e fluoreto, assim como os efeitos sobre a prevenção da desmineralização em longo prazo, ainda não estão esclarecidos, o que motiva as pesquisas nessa área.



## ATIVIDADE

22. Observe as seguintes afirmativas em relação à utilização da irradiação *laser*.

- I - É possível a formação de FA a partir da irradiação *laser*, sendo esse o principal mecanismo que explica a maior resistência à desmineralização encontrada na literatura.
- II - A irradiação *laser* pode promover a maior retenção de  $\text{CaF}_2$ , podendo ser também responsável pelos efeitos benéficos observados.
- III - É necessário ter fusão do esmalte para que sejam observados efeitos na redução da desmineralização após a irradiação *laser*.

Quais estão corretas?

- A) Apenas a II.
- B) Apenas a III.
- C) Apenas a I e a II.
- D) A I, a II e a III.

Resposta no final do capítulo

## PERSPECTIVAS DE USO CLÍNICO DA ASSOCIAÇÃO LASER E FLUORETO

Embora existam diversos estudos prévios que relatem os efeitos da irradiação *laser* associada à aplicação de fluoreto para prevenção da doença cárie, ainda há poucos estudos clínicos que comprovem a eficácia dessa associação por um longo período de tempo.

Mesmo que os *lasers* de CO<sub>2</sub> sejam os mais indicados para prevenção da desmineralização, estudos *in vivo* com esse propósito iniciaram com os *lasers* de neodímio e argônio. Esses estudos tiveram início após a comprovação, por meio de outros trabalhos clínicos focados em procedimentos de dentística, da não indução de injúrias aos tecidos duros e moles orais pela irradiação *laser*.

Os poucos estudos com *lasers* de Nd:YAG utilizam-no previamente à aplicação tópica de fluoreto, evidenciando a significativa inibição do surgimento e da progressão de lesões cariosas incipientes após um ano de acompanhamento clínico,<sup>6, 44</sup> quando comparados aos sítios que tiveram como tratamento apenas a aplicação de fluoreto. Tais estudos motivam os tratamentos já realizados atualmente nas clínicas que dispõem desse equipamento, tratando-se do único *laser* empregado com tal propósito no Brasil.

Os estudos *in vivo* com *laser* de argônio começaram com a detecção de maior retenção de fluoreto após 7 dias<sup>45</sup> e 6 meses<sup>37</sup> de tratamento nos indivíduos que receberam aplicação de flúor fosfato acidulado seguida da irradiação *laser*, quando comparado ao grupo que recebeu apenas a aplicação de fluoreto.

O único estudo clínico com *laser* de argônio demonstra menor, porém não significativa, perda mineral ao redor de bracketes ortodônticos.<sup>43</sup> Entretanto, ainda faltam evidências científicas e estudos longitudinais que suportem a utilização de *laser* para prevenção da doença cárie.

Há ainda um único estudo clínico que emprega o *laser* de CO<sub>2</sub> 9,6µm para prevenção da desmineralização também ao redor de bracketes.<sup>46</sup> Contudo, embora com resultados positivos, o acompanhamento clínico por breve período e a ausência de comparação com os efeitos do fluoreto requerem ainda mais estudos para realmente implementar o uso desse *laser* na prática clínica.



Embora haja **evidências promissoras** sobre a eficácia da irradiação *laser* associada ao fluoreto para finalidade preventiva, estudos longitudinais são necessários para confirmar essa possibilidade.

Seja tornando a superfície irradiada mais resistente ou prolongando a ação do fluoreto, a irradiação *laser* surge como uma forma simples de tratamento. Além dos efeitos a longo prazo, evitam-se sucessivas aplicações de fluoreto e adia-se a necessidade de realização de procedimentos invasivos, o que traria benefícios, principalmente, aos tratamentos ortodônticos e odontopediátricos.

## \* CASO CLÍNICO

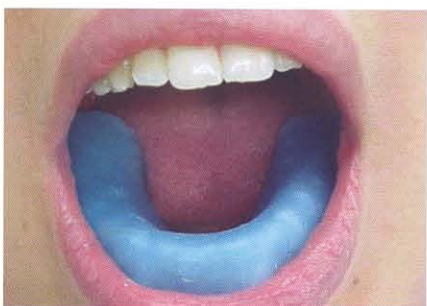
Foram selecionados 33 pacientes de 7 a 15 anos de idade para uma pesquisa clínica,<sup>6</sup> com o objetivo de prevenir o surgimento de lesões cariosas incipientes em fóssulas e fissuras. Dois dentes de um arco foram submetidos à irradiação com *laser* de Nd:YAG e posterior aplicação tópica de flúor fosfato acidulado, enquanto os dentes homólogos aos selecionados tiveram apenas aplicação tópica de flúor.

Após 1 ano, esses pacientes foram avaliados, e constatou-se uma redução de aproximadamente 40% na incidência de lesões cariosas incipientes nos elementos irradiados quando comparados aos dentes que tiveram apenas aplicação tópica de fluoreto (Figuras 9 e 10).



**Figura 9** – Irradiação *laser* sobre as superfícies de dentes molares e pré-molares, realizada sob a forma de varredura, após profilaxia.

**Fonte:** Arquivo de imagens dos autores.



**Figura 10** – Aplicação tópica de flúor fosfato acidulado, efetuada imediatamente após as irradiações, compreendendo tanto os dentes irradiados quanto os homólogos (não irradiados) considerados para comparação.

**Fonte:** Arquivo de imagens dos autores.



## ATIVIDADE

23. Por que foi utilizado o *laser* de Nd:YAG no estudo do caso clínico?

---

---

---

---

24. Tendo em vista que o *laser* de Nd:YAG não é absorvido pelo esmalte, qual o cuidado que se deve ter previamente às irradiações para evitar danos térmicos ao tecido pulpar?

---

---

---

---

25. Caso o profissional não tenha o *laser* de Nd:YAG à disposição, qual seria o *laser* mais recomendado para prevenção de lesões cáries incipientes nessas superfícies?

---

---

---

---

26. Por que foi utilizada a irradiação *laser* associada ao flúor fosfato acidulado para tratamento das superfícies e não apenas a irradiação *laser* isoladamente?

---

---

---

---

## CONCLUSÃO

A irradiação *laser*, principalmente os *lasers* de alta intensidade, tem se mostrado promissora para redução da desmineralização. Seus resultados são mais expressivos quando associada à aplicação de fluoreto, podendo trazer benefícios a longo prazo, especialmente para pacientes com alto índice de lesões cariosas que não podem ser submetidos a múltiplas sessões – principalmente crianças.

Contudo, deve-se atentar para o tipo de *laser* empregado, suas características e a interação com os tecidos para evitar danos térmicos ou morfológicos. Há, ainda, a necessidade de novos estudos clínicos longitudinais para avaliar a duração e a eficácia dessa associação.



Atualmente, o *laser* de neodímio é o que apresenta maior embasamento para aplicação clínica.

## RESPOSTAS ÀS ATIVIDADES E COMENTÁRIOS

### Atividade 1

Resposta: **C**

Comentário: A contaminação da HA com outros íons ocorre durante a amelo e a dentinogênese, mesmo antes da erupção dos dentes na cavidade bucal. Esse fenômeno é normal na mineralização biológica, mas pode trazer consequências para o dente.

### Atividade 3

Resposta: **C**

Comentário: Na formação da lesão cariosa, os minerais que primeiro se dissolvem são aqueles mais solúveis, como os que contêm carbonato. Assim, uma lesão cariosa contém menor concentração de carbonato do que o esmalte hígido. A presença de carbonato torna o mineral menos estável e mais propenso à dissolução. Durante a formação da lesão cariosa, os minerais mais solúveis dissolvem-se mais facilmente, como no caso do mineral contaminado com carbonato.

### Atividade 5

Resposta: **A**

Comentário: Para que as lesões cariosas se desenvolvam, é necessária a presença de biofilme dental e sua exposição a açúcares (carboidratos) fermentáveis. Apenas a presença de bactérias, mesmo que estejam estruturadas em um biofilme dental, não é suficiente para que a desmineralização ocorra. É necessário que as bactérias sejam expostas a açúcar e à produção de ácido, causando desmineralização. A frequência de exposição do biofilme dental a açúcares está intimamente relacionada ao desenvolvimento da lesão: quanto maior a frequência de exposição a açúcar, mais eventos de desmineralização ocorrem, e o resultado é a formação da lesão cariosa inicial. A saliva, por ser supersaturada em relação ao mineral do dente, sempre tenta repor minerais perdidos, contrabalançando os eventos de desmineralização.

Atividade **8**

Resposta: **B**

Comentário: Especialistas mundiais reconhecem o uso amplo de fluoretos, com destaque para os dentífricos fluoretados, como a principal causa para o declínio da doença cárie.

Atividade **11**

Resposta: **B**

Comentário: Apesar de o mineral FA ser menos solúvel do que a HA, normalmente a porcentagem de substituição desta por fluoreto chega a 10%. Esse valor não apresenta um efeito significativo de redução da desmineralização dental, ou seja, o mineral do dente continuará a se comportar como uma apatita em termos de solubilidade.

Atividade **13**

Resposta: **B**

Comentário: O fluoreto de cálcio deposita-se a na forma de glóbulos e irá se dissolver na boca, liberando fluoreto para o fluido do biofilme ou para a saliva. Assim, é considerado o principal reservatório formado pela aplicação profissional de fluoreto, pois libera fluoreto iônico para o meio. Devido à concentração de fluoreto no produto e na inversão do pH, o flúor fosfato acidulado, com concentração de F de 12.300ppm e pH em torno de 3,5, resulta na formação de uma grande quantidade de  $\text{CaF}_2$ , em maior porcentagem do que a de FA formada.

Atividade **15**

Resposta: **D**

Comentário: Para a finalidade preventiva, é necessário que a irradiação de *laser* promova modificações químicas no esmalte ou na dentina, sejam elas para alterar a solubilidade do tecido irradiado ou mesmo para interagir com o fluoreto.

Atividade **16**

Resposta: **D**

Comentário: Um dos primeiros mecanismos propostos para explicar a interação da irradiação *laser* com o esmalte dental surgiu da evidência morfológica de fusão e ressolidificação decorrentes da irradiação *laser*. Os efeitos da irradiação sobre o esmalte dental dependem diretamente da temperatura atingida. Em temperaturas superiores a 100°C, ocorre o início da remoção do carbonato, sendo sua completa remoção efetivada em temperaturas da ordem de 1.100°C.

Atividade **18**

Resposta: **C**

#### Atividade 22

Resposta: **A**

Comentário: Estudos demonstram que a irradiação *laser* aumenta a formação e consequente presença de  $\text{CaF}_2$  em ambiente oral, o que, associado aos efeitos do *laser* na estrutura cristalina, parece ser o principal responsável pela redução da desmineralização reportada na literatura. Embora tenha sido demonstrada a formação de FA em esmalte irradiado com *laser* de  $\text{CO}_2$ , esse não é o principal mecanismo envolvido no aumento da resistência à desmineralização nos tecidos tratados com *laser* e fluoreto, pois esse fenômeno não ocorre com o emprego de outros *lasers*. Não é necessário ter fusão do esmalte para obter efeitos preventivos, basta um aumento de temperatura significativo (acima de  $400^\circ\text{C}$ ) para que ocorram mudanças químicas na estrutura dental.

#### Atividade 23

Resposta: O *laser* de Nd:YAG foi empregado por ser o único vastamente estudado na literatura, com parâmetros determinados para esse fim. Nos parâmetros corretos, pode-se assegurar fusão superficial e segurança para os tecidos pulpares e periodontais.

#### Atividade 24

Resposta: Tendo em vista que o *laser* de Nd:YAG é altamente absorvido por pigmentos, deve-se aplicar uma camada de substância fotoabsorvedora (tinta nanquim ou pasta de pó de carvão) para assegurar a absorção da energia na superfície do esmalte e evitar a transmissão para o tecido pulpar. Vale ressaltar que o pó de carvão é o mais aconselhado, tendo em vista sua fácil remoção, o que não compromete a estética.

#### Atividade 25

Resposta: Para redução da desmineralização, é necessário que exista aquecimento tecidual, o que depende da absorção da irradiação *laser* pelo tecido. Sendo assim, embora os *lasers* de alta intensidade, em geral, promovam aquecimento do esmalte, os *lasers* de  $\text{CO}_2$  são os mais indicados devido à forte interação com a HA. Além disso, são os *lasers* que reportam resultados mais promissores na literatura.

#### Atividade 26

Resposta: Embora a irradiação *laser* isoladamente seja capaz de alterar a superfície do esmalte, favorecendo a redução da desmineralização, a associação com o fluoreto mostra-se o método mais eficaz de controle do surgimento de lesões cáries incipientes, aumentando a formação de  $\text{CaF}_2$  e favorecendo o efeito local.

## REFERÊNCIAS

1. Bratthall D, Hänsel-Petersson G, Sundberg H. Reasons for the caries decline: what do the experts believe? *Eur J Oral Sci.* 1996 Aug;104(4 ( Pt 2)):416-22.
2. Cury JA, Tenuta LM, Ribeiro CC, Paes Leme AF. The importance of fluoride dentifrices to the current dental caries prevalence in Brazil. *Braz Dent J.* 2004;15(3):167-74. Epub 2005 Mar 18.
3. ten Cate JM. Current concepts on the theories of the mechanism of action of fluoride. *Acta Odontol Scand.* 1999 Dec;57(6):325-9.
4. Featherstone JD, Fried D, Bitten ER. Mechanism of laser induced solubility reduction of dental enamel. In: Wigdor HA, Featherstone JD, White JM, Neev J. *Lasers in Dentistry II.* Bellingham: Proc. SPIE 1996. p. 112-6.
5. Huang GF, Lan WH, Guo MK, Chiang CP. Synergistic effect of Nd:YAG laser combined with fluoride varnish on inhibition of caries formation in dental pits and fissures in vitro. *J Formos Med Assoc.* 2001 Mar;100(3):181-5.
6. Zezell DM, Boari HG, Ana PA, Eduardo Cde P, Powell GL. Nd:YAG laser in caries prevention: a clinical trial. *Lasers Surg Med.* 2009 Jan;41(1):31-5.
7. Edgar M, O'Mullane D, Dawes C, eds. *Saliva and oral health.* 3. ed. Londres: British Dental Journal; 2004.
8. Jenkins GN. *The physiology and biochemistry of the mouth.* 4. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1978.
9. Sønju Clasen AB, Ogaard B, Duschner H, Ruben J, Arends J, Sønju T. Caries development in fluoridated and non-fluoridated deciduous and permanent enamel in situ examined by micro-radiography and confocal laser scanning microscopy. *Adv Dent Res.* 1997 Nov;11(4):442-7.
10. Tenuta LM, Cury JA. Fluoreto: da ciência à prática clínica. In: Assed S. *Odontopediatria: bases científicas para a prática clínica.* São Paulo: Artmed; 2005. p.113-52.
11. Cury JA, Tenuta LM. Enamel remineralization: controlling the caries disease or treating early caries lesions? *Braz Oral Res.* 2009;23 Suppl 1:23-30.
12. Rølla G. On the role of calcium fluoride in the cariostatic mechanism of fluoride. *Acta Odontol Scand.* 1988 Dec;46(6):341-5.
13. ten Cate JM. Review on fluoride, with special emphasis on calcium fluoride mechanisms in caries prevention. *Eur J Oral Sci.* 1997 Oct;105(5 Pt 2):461-5.
14. Tenuta LM, Cerezetti RV, Del Bel Cury AA, Tabchoury CP, Cury JA. Fluoride release from CaF2 and enamel demineralization. *J Dent Res.* 2008 Nov;87(11):1032-6.
15. Zezell DM, Ribeiro MS, Maldonado EP. Apostila da disciplina interação da luz laser com tecidos biológicos: aplicações. Curso Mestrado Profissionalizante "Lasers em Odontologia"; 2005.
16. Featherstone JD. Caries detection and prevention with laser energy. *Dent Clin North Am.* 2000 Oct;44(4):955-69, ix.

17. Ana PA, Bachmann L, Zezell DM. Laser effects on enamel for caries prevention. *Laser Phys.* 2006;16(5):865-75.
18. Stern RH, Sognaes RF, Goodman F. Laser effect on in vitro enamel permeability and solubility. *J Am Dent Assoc.* 1966 Oct;73(4):838-43.
19. Stern RH, Sognaes RF. Laser inhibition of dental caries suggested by first tests in vivo. *J Am Dent Assoc.* 1972 Nov;85(5):1087-90.
20. Borggreven JM, van Dijk JW, Driessens FC. Effect of laser irradiation on the permeability of bovine dental enamel. *Arch Oral Biol.* 1980;25(11-12):831-2.
21. Nelson DG, Wefel JS, Jongebloed WL, Featherstone JD. Morphology, histology and crystallography of human dental enamel treated with pulsed low-energy infrared laser radiation. *Caries Res.* 1987;21(5):411-26.
22. Fowler BO, Kuroda S. Changes in heated and in laser-irradiated human tooth enamel and their probable effects on solubility. *Calcif Tissue Int.* 1986 Apr;38(4):197-208.
23. 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 Dec;31(6):369-79.
24. Bachmann L, Zezell DM. *Estrutura e composição de esmalte e dentina.* São Paulo: Livraria da Física; 2005.
25. Lobene RR, Bhussry BR, Fine S. Interaction of carbon dioxide laser radiation with enamel and dentin. *J Dent Res.* 1968 Mar-Apr;47(2):311-7.
26. Lin CP, Lee BS, Lin FH, Kok SH, Lan WH. Phase, compositional, and morphological changes of human dentin after Nd:YAG laser treatment. *J Endod.* 2001 Jun;27(6):389-93.
27. Ani I, Vidovi D, Lui M, Tudja M. Laser induced molar tooth pulp chamber temperature changes. *Caries Res.* 1992;26(3):165-9.
28. Tagomori S, Morioka T. Combined effects of laser and fluoride on acid resistance of human dental enamel. *Caries Res.* 1989;23(4):225-31.
29. Featherstone JD, Nelson DG. Laser effects on dental hard tissues. *Adv Dent Res.* 1987 Oct;1(1):21-6.
30. Featherstone JD, Barrett-Vespe NA, Fried D, Kantorowitz Z, Seka W. CO<sub>2</sub> laser inhibitor of artificial caries-like lesion progression in dental enamel. *J Dent Res.* 1998 Jun;77(6):1397-403.
31. Rodrigues LK, Nobre Dos Santos M, Featherstone JD. In situ mineral loss inhibition by CO<sub>2</sub> laser and fluoride. *J Dent Res.* 2006 Jul;85(7):617-21.
32. Nara Y, Tagomori S, Numata Y, Morioka T. Effect of Erbium: YAG Laser irradiation on acid resistance of human tooth enamel. *Surg Med Lasers.* 1990;3(4): 201-10.
33. Fried D, Featherstone JD, Visuri SR, Seka W, Walsh JT. The caries inhibition potential of Er: YAG and Er,Cr: YSGG laser irradiation. In: Wigdor HA, Featherstone JD, White JM, Neev J. *Lasers in Dentistry II*, 1996, Bellingham, WA, SPIE 2672: 73-7.

34. Westerman GH, Ellis RW, Latta MA, Powell GL. An in vitro study of enamel surface microhardness following argon laser irradiation and acidulated phosphate fluoride treatment. *Pediatr Dent*. 2003 Sep-Oct;25(5):497-500.
35. Nammour S, Rocca JP, Pireaux JJ, Powell GL, Morciaux Y, Demortier G. Increase of enamel fluoride retention by low fluence argon laser beam: a 6-month follow-up study in vivo. *Lasers Surg Med*. 2005 Mar;36(3):220-4.
36. Goodman BD, Kaufman HW. Effects of an argon laser on the crystalline properties and rate of dissolution in acid of tooth enamel in the presence of sodium fluoride. *J Dent Res*. 1977 Oct;56(10):1201-7.
37. Morioka T, Tagomori S, Tsutsuni H. Effect of laser irradiation on fluoride retention in enamel.