

# LIBERAÇÃO DE FLÚOR DE RESTAURAÇÕES DE IONÔMERO DE VIDRO E A SUA INCORPORAÇÃO AO ESMALTE DENTAL APÓS CICLOS DE DESMINERALIZAÇÃO/REMINERALIZAÇÃO

*FLUORIDE RELEASE OF GLASS IONOMER RESTORATIONS AND ITS ENAMEL INCORPORATION AFTER DEMINERALIZATION/REMINERALIZATION CYCLES*

---

Martins, Luís Roberto Marcondes\*  
Silva, André Luís Faria e\*\*  
Cury, Jaime Aparecido\*\*\*  
Francischone, Carlos Eduardo\*\*\*\*

---

---

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi quantificar a liberação de flúor de materiais ionoméricos e a incorporação deste ao esmalte dental quando as restaurações são submetidas a ciclos de desmineralização/remineralização. Cavidades classe I foram confeccionadas na superfície oclusal de pré-molares humanos. Os dentes foram completamente cobertos com cera, exceto a cavidade oclusal e uma área de 3 mm<sup>2</sup> na superfície vestibular. As cavidades foram restauradas com ChemFil II (G1), Chelon-Fil (G2), Chelon-Silver (G3) e amálgama (G4). Os dentes restaurados foram submetidos a 15 ciclos de desmineralização e 15 de remineralização. A concentração de flúor nas soluções foi quantificada ao final de cada ciclo e o flúor incorporado ao esmalte foi avaliado ao final da ciclagem. Os resultados mostraram que uma maior liberação de flúor ocorreu durante os primeiros ciclos e quando a solução desmineralizante foi utilizada. A incorporação de flúor ao esmalte ocorreu até 20-30 µm da superfície. As camadas mais superficiais do esmalte apresentaram uma maior concentração de flúor. O ionômero de vidro ChemFil II mostrou a maior liberação de flúor, o que também resultou em uma maior incorporação deste pelo esmalte.

**UNITERMOS:** cimentos de ionômeros de vidro; flúor; desmineralização; remineralização dentária; cárie dentária.

## SUMMARY

*The aim of this study was to quantify the fluoride release of ionomeric materials and its enamel incorporation when restorations were submitted to demineralization/remineralization cycles. Class I cavities were confectioned on occlusal surface of human pre-molars. The teeth were completely coated with wax, except for the occlusal cavity and 3 mm<sup>2</sup> of the buccal surface. The cavities were restored with ChemFil II (G1), Chelon-Fil (G2), Chelon-Silver (G3) and amalgam (G4). The restored teeth were submitted to 15 desmineralization and 15 remineralization cycles. The fluoride solution concentration was quantified after each cycle and the enamel fluoride incorporation was evaluated after all cycles. The results demonstrated that the highest fluoride release occurred during the first cycles and when the desmineralizing solution was used. The enamel fluoride incorporation occurred within 20-30 µm of the surfaces. The superficial layers of the enamel presented the highest fluoride concentration. Chemfill II glass ionomer revealed the highest fluoride release and also resulted also in the highest fluoride enamel incorporation.*

**UNITERMS:** glass ionomer cements; fluoride; demineralization; tooth remineralization; dental caries.

---

\* Livre Docente pela FOP/UNICAMP. Professor Titular da área de Dentística, Departamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia de Piracicaba/UNICAMP.

\*\* Mestrando em Clínica Odontológica, área de Dentística, Departamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia de Piracicaba/UNICAMP.

\*\*\* Livre Docente pela FOP/UNICAMP. Professor Titular da área de Bioquímica, Departamento de Ciências Fisiológicas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba/UNICAMP.

\*\*\*\* Livre Docente pela FOB/USP. Professor Titular da área de Dentística, Departamento de Endodontia, Dentística e Materiais Dentários, Faculdade de Odontologia de Bauru/USP.

## INTRODUÇÃO

O tratamento restaurador atraumático (ART) foi proposto inicialmente para ser utilizado como um procedimento curativo e, ao mesmo tempo, preventivo em populações desfavorecidas economicamente e que não têm acesso a um serviço odontológico mais sofisticado (Yip et al.<sup>16</sup>, 2001). Nessas populações, a exodontia era o único procedimento passível de ser executado frente a lesões cáries, tendo em vista a inexistência de consultórios e equipamentos odontológicos necessário para procedimentos restauradores tradicionais. Nesse contexto, a ART aparece como um procedimento atrativo para a restauração de dentes cariados devido a sua simplicidade somada ao seu relativo baixo custo.

Outra vantagem apresentada pela ART, principalmente em odontopediatria, é o seu aspecto "atraumático", a partir do momento em que dispensa o uso de rotatórios e de anestesia (Schriks et al.<sup>9</sup>, 2003; Van Amerongen et al.<sup>13</sup>, 1999). A ART envolve a remoção do tecido dentinário infectado com instrumento manuais, seguida pela restauração da cavidade com um material restaurador adesivo (Tyas et al.<sup>12</sup>, 2000). O ionômero de vidro tem sido o material de escolha, por apresentar adesão química à substrato dental, biocompatibilidade e liberação de flúor (Smales et al.<sup>10</sup>, 2004). Outra vantagem deste material é que ele não requer nenhum equipamento especial para a sua manipulação e utilização (Frencken et al., 2004).

Os ionômeros de vidro surgiram a partir da evolução dos cimentos de silicato e de poliacrilato. Nos ionômeros convencionais, o material é disponibilizado através de um pó e um líquido, que quando misturados iniciam uma reação de presa do tipo ácido-base, formando um sal de hidrogel. O pó geralmente apresenta três componentes essenciais: a sílica (SiO<sub>2</sub>), a alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e o fluoreto de cálcio (CaF<sub>2</sub>) (Yli-Urpo et al.<sup>17</sup>, 2004). A utilização do flúor, além de melhorar as propriedades de manipulação e a resistência, confere ao material uma propriedade anticariogênica, prevenindo a instalação de novas lesões cáries. Já o líquido é uma solução aquosa de co-polímero do ácido acrílico com um acelerador de presa, o ácido tartárico. Na seqüência de evolução dos materiais ionoméricos surgiram os chamados cimentos anidros, nos quais os poliácidos são liofilizados e agregados ao pó, podendo-se assim utilizar a água destilada como o líquido. Outras marcas de ionômeros de vidro contêm o solvente ácido polimaleico em substituição ao ácido poliacrílico.

Entretanto, apesar de todas as vantagens dos cimentos de ionômero de vidro, eles apresentam como limitação a sua baixa resistência ao desgaste quando submetido a cargas oclusais. Buscando solucionar essa limitação, uma porção considerável de limalha de amálgama foi incorporada ao pó do cimento de ionômero de vidro, sendo esses materiais denominados de cermet (Kunzelmann et al.<sup>7</sup>, 2004) Além de aumentar a resistência, a incorporação da liga de amálgama também aumentou também a radiopacidade do material, facilitando o acompanhamento radiográfico do preenchimento da cavidade com o material. Kunzelmann et al.<sup>7</sup> (2004) demonstraram que os cermets, quando utilizados para ART, apresentaram comportamento clínico comparável a restaurações de amálgama.

Tendo em vista que uma das principais vantagens dos materiais ionoméricos é a sua capacidade de liberar flúor, o que pode prevenir a reincidência de cárie, o objetivo deste estudo foi quantificar a liberação de flúor de diferentes ionômeros de vidro, quando submetidos a ciclos dinâmicos de desmineralização/remineralização. O amálgama, que é um material restaurador muito utilizado nos serviços públicos de saúde, foi utilizado como controle. A hipótese nula formulada é que não há diferença entre a quantidade de liberação de flúor para os materiais testados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Preparo das amostras

Foram utilizados para este estudo 20 pré-molares superiores, extraídos por razão ortodôntica, que foram limpos e mantidos em solução de formol a 10%. Na superfície oclusal foram confeccionadas cavidades tipo classe I com as seguintes dimensões: 4 mm de comprimento méso-distal, 2 mm de profundidade e 1 mm de extensão vestibulo-palatino, que era o diâmetro da broca utilizada. Os dentes foram então cobertos por cera rosa nº 7, permanecendo apenas a face oclusal e uma área de 3 mm de diâmetro na superfície vestibular expostas. Esta área na vestibular foi deixada para possibilitar a avaliação da capacidade do flúor liberado ser incorporado ao esmalte dental. A cavidades preparadas foram então restauradas com um dos seguintes materiais: Grupo 1: ionômero de vidro anidro Chemfil II (Dentsply), Grupo 2: ionômero de vidro com ácido polimaleico Chelon-Fil (Espe), Grupo 3: cermet Chelon-Silver (Espe) e

Grupo 4: amálgama. O peso do pó para todos os materiais foi o mesmo, em virtude da importância do teor de flúor, sendo utilizado para isso uma balança analítica de precisão.

Após a restauração, os dentes foram submetidos a ciclos de desmineralização e remineralização, seguindo as linhas gerais de Featherstone et al.<sup>4</sup>. A solução desmineralizante utilizada foi composta de 2,0 mM de cálcio, 2,0 mM de fosfato em tampão de acetato 7,5 mM, em pH 4,3. Já a solução remineralizante continha 1,5 mM de cálcio, 0,9 mM de fosfato, 150 mM de cloreto de sódio em tampão de tris 20 mM, em pH 7,0. Em cada ciclo os dentes eram submetidos a desmineralização por 6 horas, sendo em seguida lavados com água destilada e eram transferidos para a solução remineralizante, onde permaneciam por 17 horas. A ciclagem foi realizada a uma temperatura de 37°C, perfazendo um total de 15 ciclos.

### Mensuração da dosagem de flúor

Após cada ciclo, a concentração de íons flúor liberado na solução era mensurada. Para isso, 0,25 ml da solução eram pipetadas para um dispositivo preparado para esta finalidade. Acrescentava-se 0,25 ml de tampão de acetato e fazia-se então a leitura potenciométrica utilizando-se um eletrodo Orion 96-09 (Ionalyzer, USA) e o analisador de íons Orion 701-A (Orion Research Model/Digital – USA). A concentração de íons flúor foi obtida através de análise por regressão linear da curva de calibração feitas com padrões de 0,05 a 0,5 µgF/ml em TISAB (Total Ionic Strength Adjustor Buffer). A exatidão da determinação era avaliada utilizando-se soluções de concentrações conhecidas de flúor simulando as condições do ensaio. O teor de flúor liberado dos ionômeros era obtido subtraindo-se a quantidade de flúor na solução pelos encontrados com o amálgama (controle).

O flúor incorporado no esmalte exposto foi determinado após a remoção de camadas sequenciais de esmalte através de ação ácida. Para tal, os dentes foram colocados individualmente em 0,5 ml de HCl 0,1 M e agitados por 10, 30, 60, 120 e 240 segundos. Após cada tempo, o ácido era neutralizado com 0,5 ml de TISAB, contendo 4,0 NaOH/L e o dente transferido para outro tubo com ácido para sofrer novo ataque. Assim, foram removidas 5 camadas de esmalte e nestas soluções foram determinadas as concentrações de íons flúor e fósforo. Para as dosagens de fluoreto foram feitas curvas

de calibração em soluções de TISAB a 50% contendo de 0,05 a 0,5 µgF/L. As dosagens de fósforo foram feitas utilizando-se o espectrofotômetro Micronal Digital B342/1. Através da dosagem de fósforo determinava-se a massa de esmalte removida em cada ataque ácido e a espessura correspondente. A concentração de flúor no esmalte foi obtida dividindo-se a concentração na solução pela quantidade de esmalte removido, sendo os valores expressos em função da distância da superfície.

### Análise Estatística

Os dados obtidos na mensuração da concentração de flúor nas soluções foram submetidos à Análise de Variância – ANOVA –, sendo os fatores o material restaurador e o tempo do teste. Em seguida, foi realizada a comparação entre a média através do teste de Tukey o nível de 5% de significância.

Quanto aos resultados relativos à dosagem da incorporação de flúor ao esmalte dental, foram calculadas as médias de posição e a variabilidade, sendo os resultados expressos em tabelas e gráficos.

### RESULTADOS

A concentração de flúor nas soluções desmineralizantes e remineralizantes em cada ciclo para os materiais ionoméricos estão representados no Gráfico 1. Foram realizadas 15 ciclagens, entretanto como se observou uma tendência à estabilização após o 10º dia, para todos os materiais utilizados, optou-se por selecionar a partir daí os valores do 12º e 14º ciclos, os quais foram suficientes para demonstrar o fenômeno. A análise estatística demonstrou uma maior concentração significativa de flúor na solução desmineralizante do que na remineralizante para todos os materiais estudados.

No Gráfico 2 pode ser visualizado a quantidade de fluoreto acumulado nas soluções, remineralizante e desmineralizante, ao longo da ciclagem. O ionômero de vidro anidro ChemFil II apresentou a maior liberação de flúor, seguido pelo ionômero com ácido polimaleico Chelon Fil, pelo cermet Chelon Silver, sendo que o amálgama apresentou as menores quantidades de flúor na solução. A análise estatística demonstrou que todas as diferenças entre os materiais foram significantes.

O Gráfico 3 representa a incorporação de flúor ao esmalte dental em diferentes distâncias da su-

perfície. O ChemFil II apresentou os maiores valores de incorporação de flúor ao esmalte, sendo que o amálgama apresentou os menores valores. Para

todos os materiais a concentração de flúor incorporado ao esmalte decresceu à medida que a distância da superfície aumentou.

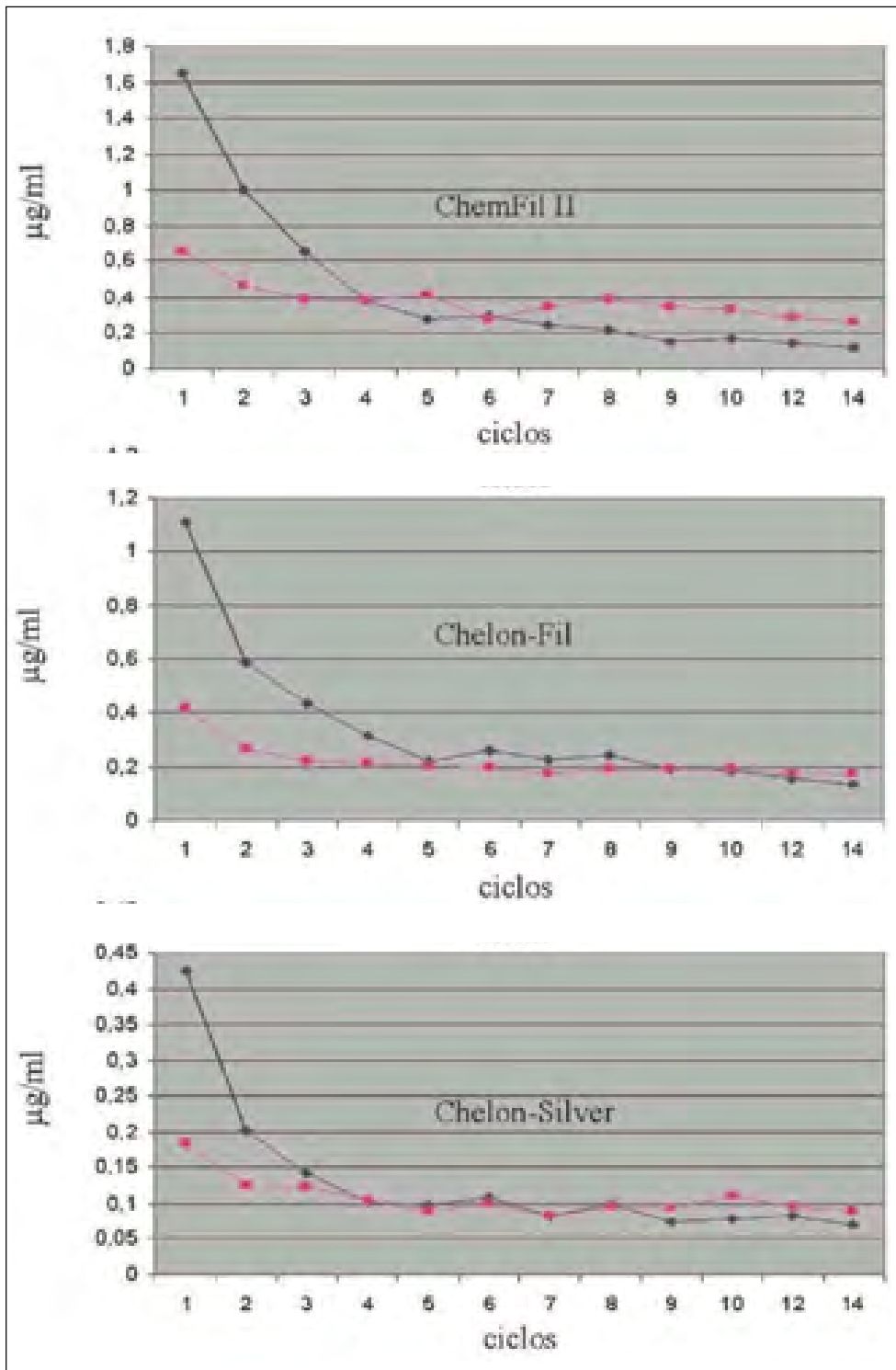


GRÁFICO 1 – Concentração de fluoretos nas soluções desmineralizante  $\blacklozenge$  e remineralizante  $\blacksquare$  em cada ciclo.

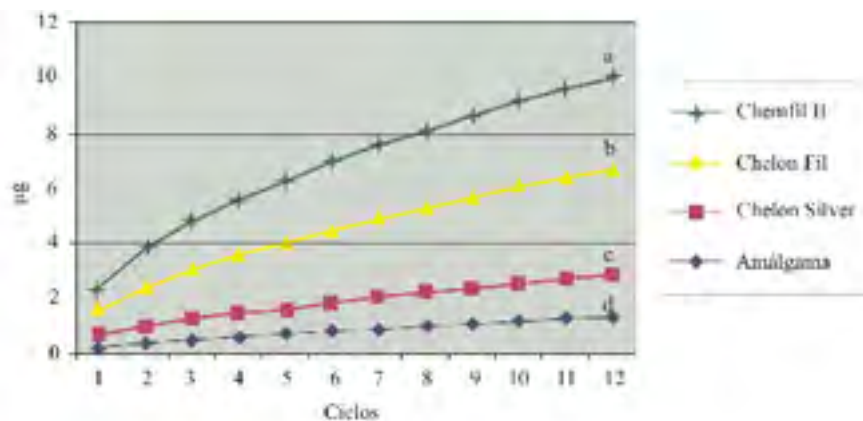


GRÁFICO 2 – Quantidade acumulada de fluoreto liberado. Letras distintas diferem entre si no teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

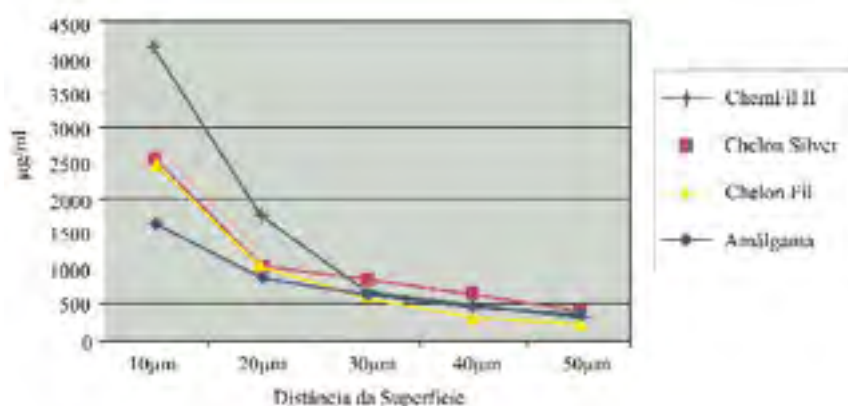


GRÁFICO 3 – Concentração de flúor no esmalte.

## DISCUSSÃO

O efeito cariostático decorrente de restaurações de materiais ionoméricos que apresentam flúor em sua composição é comprovado e estes materiais são indicados principalmente para pacientes com alto risco à cárie. Estudos que abordam a liberação de flúor podem ser realizados utilizando-se como meio de solução a água ou a saliva artificial. Neste estudo optou-se por dosar o flúor em soluções desmineralizantes e remineralizantes na tentativa de simular laboratorialmente uma situação mais próxima possível do que se evidencia intraoralmente. Assim, as concentrações das soluções utilizadas e os seus respectivos pH's visaram criar um ambiente com um alto desafio cariogênico.

O amálgama funcionou neste trabalho como um controle negativo por não apresentar flúor em sua composição. Assim, os valores de flúor encontrados nas soluções, que foram baixos, denotam a presença de impurezas das mesmas, o que se ve-

rificou pelas dosagens prévias da solução desmineralizante que foram sempre realizadas. Para maior rigor na expressão dos resultados dos demais materiais poderiam ser subtraídos os valores relativos às dosagens controle, o que deixou de ser feito por não alterar significativamente os resultados dos materiais em que houve liberação de flúor.

Os resultados deste estudo mostram que o material ChemFil II apresentou a maior taxa de liberação de flúor, sendo essa mais acentuada até o 5º ciclo. O Chelon Fil apresentou um comportamento semelhante, porém com valores inferiores. O mesmo comportamento teve o Chelon Silver, sendo que os menores valores de liberação de flúor deste material podem ser atribuídos à presença de prata em sua composição. As curvas de ionômeros de vidro de forma geral demonstraram uma maior liberação de flúor nos primeiros dias. A tendência de estabilização para o ChemFil II e Chelon Fil se iniciou aproximadamente pelo 9º dia. Já para o Chelon Silver, esta tendência ocorreu

mais precocemente, em torno do 7º dia. Diversos autores na literatura demonstraram comportamento semelhante dos materiais ionoméricos, com alta liberação de flúor nos primeiros dias e com reduções subseqüentes dessa liberação (Asmussen et al.<sup>1</sup>, 2001; Momio et al.<sup>8</sup>, 1993; Swartz et al.<sup>11</sup>, 1984; Vermeersch et al.<sup>14</sup>, 2001).

Levando em consideração a solução utilizada, o ChemFil II apresentou os melhores resultados em solução desmineralizante até o 6º dia, quando ocorreu uma inversão. Este fato pode ser explicado pelo material possuir o elemento flúor em sua composição em mais de uma forma, levando a um comportamento diferente dependendo do pH da solução (Carvalho et al.<sup>2</sup>, 1999; Hayacibara<sup>6</sup>, 2004; Williams et al.<sup>15</sup>, 2003). Comportamentos semelhantes apresentaram o Chelon Fil e o Chelon Silver, sendo que a inversão para os maiores valores em solução remineralizante nestes dois materiais ocorreu no 9º e 8º, respectivamente. É importante ressaltar que todos os ionômeros liberaram íons flúor passíveis de serem mensurados, com uma concentração bastante significativa sob a óptica clínica comportamental e, mesmo quando houve uma estabilização na curva de liberação, esta continuou. Isso demonstra que enquanto a restauração estiver presente há a liberação de flúor. Segundo Delbem et al.<sup>3</sup> (2002) o principal mecanismo anticariogênico do flúor deve-se à sua capacidade de interferir no processo dinâmico de desmineralização e remineralização, fazendo com que o segundo predomine. Sob esse aspecto os materiais ionoméricos apresentam a vantagem de possibilitar, mesmo que em baixas concentrações, a presença de flúor no meio bucal.

Essa inibição de lesões cáries pelos materiais ionoméricos pôde ser verificada visualmente neste trabalho. Uma lesão subsuperficial evidenciada como uma mancha branca nas faces lisas dos dentes é admitida como o início da lesão cáries. Neste estudo os dentes foram submetidos a alto desafio cariogênico, podendo-se supor que manchas brancas viessem a se formar. O que se observou, contudo, foi que os materiais que liberaram flúor retardaram a formação da lesão em relação ao grupo controle (amálgama). No dentes restaurados com amálgama, uma lesão de mancha branca foi verificada já no 5º ciclo, enquanto que para o Chelon-Silver, Chelon-Fil e ChemFil II, essas lesões foram observadas no 10º, 13º e 14º ciclos, respectivamente. Estas observações reforçam de forma clara o aspecto cariostático destes materiais, reforçando a sua utilização em ART e em pacientes de alto risco à cárie.

Foi também observado neste trabalho que os materiais que mais liberaram flúor na solução levaram a uma maior incorporação deste flúor ao esmalte dental. Essa diferença foi percebida de forma mais clara nas áreas mais superficiais do esmalte, em que o ChemFil II apresentou o melhor resultado, seguido pelo Chelon-Fil e Chelon-Silver. Entretanto, na medida em que aumenta a distância da superfície, a taxa de incorporação de flúor ao esmalte é reduzida para todos os materiais avaliados, sendo que há também uma tendência de se igualar o resultado obtido com os diferentes materiais. Nas camadas mais profundas, a concentração de flúor no esmalte obtida nos dentes restaurados com os materiais ionoméricos é muito próxima daquela obtida com a restauração de amálgama, que apresentaram as menores concentrações de flúor na solução. Assim, parece que nas camadas mais internas do esmalte dental, o flúor incorporado parece independe da concentração deste na solução.

## CONCLUSÕES

- A utilização de soluções desmineralizantes e remineralizantes para avaliar a propriedade de materiais na liberação de flúor parece ser o meio mais real do que simplesmente água ou saliva artificial.
- Os cimentos de ionômero de vidro liberam quantidades significantes de flúor quando submetidos a soluções Des-Re, o que explicaria sua propriedade em controlar o desenvolvimento de cáries secundárias.
- Em soluções que simulam alto desafio cariogênico, dentre todos os ionômeros testados, o que melhor desempenho apresentou foi o ChemFil II, seguido pelo Chelon-Fil e, finalmente, pelo Chelon-Silver.
- A incorporação de flúor ao esmalte dental foi mais pronunciada nas camadas mais superficiais, onde também os materiais que mais liberaram flúor levaram a uma maior incorporação deste.
- Nas camadas mais profundas, a incorporação de flúor ao esmalte pareceu ser independente da concentração deste nas soluções.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asmussen E, Peutzfeldt A. Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer, and from experimental resin composites. *Acta Odontol Scand.* 2001;60:93-7.
2. Carvalho AS, Cury JA. Fluoride release from some dental materials. In: Different solutions. *Oper Dent.* 1999;24:14-9.

3. Delbem AC, Cury JA. Effect of application time of APF and NAF gels on microhardness and fluoride uptake of *in vitro* enamel caries. *Am J Dent*. 2002;15:169-72.
4. Featherstone JDB, O'reilly MM, Shariati M, Brugler S. Enhancement of remineralization *in vitro* and *in vivo*. In: Leach SA. Factors relating to demineralisation and remineralisation of the teeth. Oxford: Irl Press; 1986. p. 23-34.
5. Frencken JE, Van't Hof MA, Van Amerongen WE, Holmgren CJ. Effectiveness of single-surface art restorations in the permanent dentition: a meta-analysis. *J Dent Res*. 2004;83:120-3.
6. Hayacibara MF, Ambrozano GM, Cury JA. Simultaneous release of fluoride and aluminum from dental materials in various immersion media. *Oper Dent*. 2004;29:16-22.
7. Kunzelmann KH, Burkle V, Bauer C. Two-body and three-body wear of glass ionomer cements. *Int J Paediatr Dent*. 2003;13:434-40.
8. Momio Y, McCabe JF. Fluoride release from light-activated glass ionomer restorative cements. *Dent Mater*. 1993;9:151-4.
9. Schriks MC, Van Amerongen WE. Atraumatic perspectives of art: psychological and physiological aspects of treatment with and without rotary instruments. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2003;31:15-20.
10. Smales RJ, Ng KK. Longevity of a resin-modified glass ionomer cement and a polyacid-modified resin composite restoring non-carious cervical lesions in a general dental practice. *Aust Dent J*. 2004;49:196-200.
11. Swartz ML, Phillips RW, Clark HE. Long-term F release from glass ionomer cements. *J Dent Res*. 1984;63:158-60.
12. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry – a review. *Int Dent J*. 2000;50:1-12.
13. Van Amerongen WE, Rahimtoola S. Is art really atraumatic? *Community Dent Oral Epidemiol*. 1999;27:431-5.
14. Vermeersch G, Vreven J. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil*. 2001;28:26-32.
15. Williams JA, Briggs E, Billington RW, Pearson GJ. The effects of adding fluoride compounds to a fluoride-free glass ionomer cement on subsequent fluoride and sodium release. *Biomaterials*. 2003;24:1301-8.
16. Yip HK, Smales RJ, Ngo HC, Tay FR, Chu FC. Selection of restorative materials for the atraumatic restorative treatment (ART) approach: a review. *Spec Care Dentist*. 2001;21:216-21.
17. Yli-Urpo H, Vallittu PK, Narhi TO, Forsback AP, Vakiaparta M. Release of silica, calcium, phosphorus, and fluoride from glass ionomer cement containing bioactive glass. *J Biomater Appl*. 2004;19:5-20.

Recebido para publicação em: 21/10/2005; aceito em: 19/12/2005.

**Endereço para correspondência:**

LUÍS ROBERTO MARCONDES MARTINS  
Avenida Limeira 901 – Dentística, Vila Areião  
CEP 13414-903, Piracicaba, SP, Brasil  
Tel.: (19) 3412-5340  
E-mail: martins@fop.unicamp.br