

Liberação e recarga de flúor por cimentos de ionômero de vidro

Fluoride release and uptake by glass ionomer cements

Fábia Danielle Sales Cunha Medeiros e SILVA¹

Rosângela Marques DUARTE¹

Fábio Correia SAMPAIO²

RESUMO

Objetivo: Avaliar a liberação de flúor de seis cimentos de ionômero de vidro convencional e dois modificados por resina antes e após a recarga com fluoreto de sódio neutro a 2%. Uma resina composta foi usada como grupo-controle.

Métodos: Cinco amostras de cada material foram confeccionadas, utilizando-se uma matriz de teflon, e posteriormente imersas em 5,0 ml de água deionizada. Nos dias 1, 2, 3, 5, 7 e 14 foram realizadas aferições em eletrodo específico para determinação da quantidade de flúor liberado. No 15º dia, as amostras foram submetidas à aplicação tópica de gel de fluoreto de sódio neutro a 2% durante 4 minutos e em seguida foram lavadas, secas e novamente imersas em 5,0 ml de água deionizada. Aferições da liberação de flúor foram realizadas nos dias 1, 2, 7 e 14 após a recarga.

Resultados: Os dados, submetidos à análise de variância e aos testes de Tukey e de Student ($p < 0,05$), mostraram diferenças estatísticas significativas entre os materiais antes e após a recarga. Os materiais com maior liberação inicial de flúor foram Maxxion R > Vidrion R > Vitro Fil > Vitro Molar > Vitro Fil LC > Riva Self Cure > Vitremer > Ketac Molar > Z-250. Após a aplicação tópica de flúor, todos os materiais foram capazes de apresentar recarga de flúor.

Conclusão: Concluiu-se que cimentos de ionômero de vidro são capazes de liberar flúor em água deionizada e podem recarregar flúor através de uma aplicação tópica de fluoreto de sódio neutro a 2%.

Termos de indexação: Cimentos dentários. Cimentos de ionômeros de vidro. Materiais dentários.

ABSTRACT

Objective: Evaluated the fluoride released from six conventional and two resin-modified glass ionomer cements before and after a topical application of a 2% neutral sodium fluoride gel. A composite resin was used as control.

Methods: Five specimens of each material were prepared by the use of a Teflon matrix and immersed in 5.0 ml of deionized water. On days 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 14, a specific electrode was used to determine the amount of fluoride released. On day 15, a 2% neutral sodium fluoride gel was applied topically on the specimens for 4 minutes. The specimens were then rinsed, dried and again immersed in 5.0 ml of deionized water. The amount of fluoride released was measured 1, 2, 7 and 14 days after fluoride uptake.

Results: Analysis of variance, the Tukey's test and the Student's t-test ($p < 0.05$) revealed significant differences between the materials before and after the uptake. The materials that released the greatest amounts of fluoride initially were Maxxion R > Vidrion R > Vitro FIL > Vitro Molar > Vitro Fil LC > Riva Self Cure > Vitremer > Ketac Molar > Z-250. All materials were capable of absorbing fluoride.

Conclusion: Glass ionomer cements are capable of releasing fluoride in deionized water and absorbing fluoride from a topical application of a 2% neutral sodium fluoride gel.

Indexing terms: Dental cements. Glass ionomer cements. Dental materials.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre a influência do flúor na prevenção da cárie dentária marcaram as últimas décadas. Após um longo período em que produtos contendo flúor em altas concentrações eram recomendados como o método mais eficiente, os conceitos referentes à ação anticariogênica têm demonstrado, no entanto, que o flúor ministrado em concentrações baixas, mas constantes no meio bucal por longos períodos, tem se mostrado mais eficiente¹⁻⁴.

A presença do flúor na cavidade bucal, exercendo influência sobre a adequação do meio, e, mais particularmente o seu contato na interface dente/restauração, é de grande importância na prevenção da desmineralização e na promoção da remineralização do esmalte e da dentina expostos ao desafio ácido. Adicionalmente, o flúor atua aumentando a longevidade dos tratamentos restauradores quando associado a outros fatores como cuidados do paciente, habilidade do profissional e características inerentes ao material restaurador^{1,4-5}. O fornecimento do íon flúor pode ocorrer

¹ Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Odontologia, Departamento de Odontologia Restauradora. Cidade Universitária, 58059-900, João Pessoa, PB, Brasil. Correspondência para / Correspondence to: FDSC MEDEIROS E SILVA. E-mail: <fabiadanielle2@yahoo.com.br>.

² Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Odontologia, Departamento de Clínica e Odontologia Social. João Pessoa, PB, Brasil.

através da água de abastecimento, aplicações tópicas de géis, soluções para bochechos, dentifrícios fluoretados e materiais odontológicos, tais como os cimentos de ionômero de vidro⁶⁻⁷.

A deficiência do selamento marginal e a ausência de liberação de flúor pelos materiais têm sido relatadas como possíveis responsáveis pelo desenvolvimento de lesões de cáries recorrentes que podem rapidamente afetar a integridade das restaurações e, por conseguinte, a longevidade do procedimento restaurador⁵.

A frequência constante de íons flúor na cavidade oral é importante quando em pequenas concentrações (abaixo de 0,5 ppm), ressaltando a utilização de materiais odontológicos que apresentam essa propriedade⁸⁻⁹. Por outro lado, a concentração mínima para o efeito inibitório da cárie dentária ainda não está bem estabelecida^{2, 10-11}.

Muitos estudos surgiram na tentativa de desenvolver materiais dentários com propriedades físicas, mecânicas e biológicas adequadas, incluindo a liberação de flúor e a adesividade à estrutura dental compatíveis com o meio bucal³, encorajando fabricantes a promover aperfeiçoamentos nesses materiais, além da incorporação do flúor como os compômeros e as resinas compostas¹⁻².

O termo cimento de ionômero de vidro tem sido, tradicionalmente, aplicado ao grupo de materiais que tomam presa a partir de uma reação ácido-base entre o vidro degradável e o ácido polialcenóico. Inicialmente, o fluoreto encontra-se na partícula de vidro, mas durante a formação do cimento, os íons flúor são liberados na fase aquosa ácida e se tornam presos à matriz de gel. A presença do flúor no cimento que tomou presa é responsável pela continuada liberação de flúor^{4,12-14}.

Os cimentos de ionômero de vidro convencionais são caracterizados por uma reação química e por apresentarem propriedades como adesão ao substrato dental e liberação de flúor. O surgimento no mercado dos cimentos de ionômero de vidro modificados por componentes resinosos, como o HEMA ou BIS-GMA, ampliou as indicações destes materiais. Estes cimentos, além da reação ácido-base (reação química), são ativados por luz, e apresentam vantagens em relação aos convencionais como menor solubilidade, maior resistência ao desgaste, estabilidade de cor e durabilidade^{7-8,14-18}. Adicionalmente, nos últimos anos, houve o desenvolvimento de cimentos de ionômero de vidro convencionais (pois são quimicamente ativados) de alta viscosidade indicados para técnica de ART, desenvolvidos no intuito de acelerar a reação de presa e melhorar propriedades de manipulação e mecânicas.

A liberação de flúor por cimentos de ionômero de vidro convencional, cimentos de ionômero de vidro modificados por resina e cimentos de ionômero de vidro convencionais de alta viscosidade, têm sido demonstrada em vários estudos, entretanto, o processo de liberação de flúor é complexo e ainda não foi completamente definido, sendo afetado por inúmeras variáveis, incluindo composição do

cimento; proporção de pó e líquido; método de manipulação do material; quantidade de flúor disponível para a liberação; pH do ambiente de estocagem e o tipo de material protetor utilizado^{6,10,12,14,17-19}.

Os cimentos de ionômero de vidro podem recarregar e re-liberar flúor para o ambiente oral como um meio de substituir o flúor que foi liberado. Esta recarga de flúor pelos materiais pode contribuir, em longo prazo, no efeito inibitório da recidiva de cárie, pois o flúor recarregado é novamente liberado, contribuindo assim para sua manutenção no meio oral^{2,4,7,11,15,20-21}.

Portanto, estudos da liberação de flúor pelos cimentos de ionômero de vidro convencional e modificados por resina, antes e após a recarga, são de grande importância na avaliação do potencial preventivo destes materiais.

MÉTODOS

Os materiais utilizados para realização deste estudo encontram-se no Quadro 1, com seus respectivos fabricantes e lotes.

Foram confeccionados cinco corpos de cada um dos oito cimentos de ionômero de vidro e da resina composta, totalizando 45 corpos-de-prova, os quais foram distribuídos individualmente e armazenados em 5,0 ml de água destilada/deionizada.

Para a confecção dos corpos-de-prova, foi utilizada uma matriz de Teflon de forma circular com 10,0 mm de diâmetro e 2,0 mm de espessura. Os cimentos de ionômero de vidro foram manipulados seguindo as recomendações dos fabricantes, em ambiente laboratorial onde a temperatura era mantida a $26 \pm 1^{\circ} \text{C}$.

A manipulação dos cimentos de ionômero de vidro convencional e de alta viscosidade foi realizada sobre placas de vidro resfriadas e, imediatamente após a inserção do material, adaptava-se um pedaço de fio dental para auxiliar na suspensão do corpo-de-prova, uma tira de poliéster e uma lâmina de vidro sobre a matriz, exercendo pressão manual, firme e constante durante 2 minutos para extravasamento do excesso de material e obtenção de superfície lisa e regular do corpo-de-prova.

Os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Vitremer (3M ESPE, St. Paul, EUA) e Vitro Fil LC (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) foram também manipulados de acordo com as instruções do fabricante e posteriormente inseridos na matriz através do uso da seringa Centrix (DFL, Rio de Janeiro, Brasil.), fotopolimerizados com o aparelho Ultra-Lux (Dabiatlante, Ribeirão Preto, Brasil) com intensidade de luz aferida em $400 \text{mW}/\text{cm}^2$, conforme leitura do radiômetro Demetron 100 (Demetron Research Corp., Danbury, EUA) durante 40 segundos na superfície do conjunto lâmina de vidro/matriz nos dois lados.

Quadro 1. Apresentação dos materiais restauradores, de acordo com sua classificação, lote e fabricantes.

Material / Lote	Fabricante	Composição das partículas	Resina ou Líquido	Classificação
Z-250: Lote 40GL	3M ESPE (St. Paul, EUA)	Zircônia/ Sílica	BIS-GMA, UDMA e BIS-EMA	Resina composta híbrida
<i>Maxcion</i>				
Lotes: Pó: 28 jan 04 Líq: 28 jan 04	FGM (Joinville, Brasil)	Ionômero de vidro micronizado, óxido de ferro, partículas de carga, fluoreto de potássio	Ácido poliacrílico, água deionizada	Cimento de ionômero de vidro convencional
<i>Vidion R</i>				
Lotes: Pó: 008 Líq: 008	SSWHITE (Rio de Janeiro, Brasil)	Fluossilicato de sódio, cálcio e alumínio, sulfato de bário, ácido poliacrílico, óxido ferroso	Ácido tartárico, veículo aquoso	Cimento de ionômero de vidro convencional
<i>Vitro Fil</i>				
Lote: 4101119	DFL (Rio de Janeiro, Brasil)	Silicato de estrôncio e alumínio, ácido poliacrílico desidratado e óxido de ferro.	Ácido poliacrílico, ácido tartárico e água destilada.	Cimento de ionômero de vidro convencional
<i>Riva Self Cure</i>				
Lote: 87001	SDI (Victoria, Austrália)	Fluoroaluminossilicato, ácido poliacrílico	Ácido poliacrílico, ácido tartárico e água	Cimento de ionômero de vidro convencional de alta viscosidade
<i>Vitro Molar</i>				
Lote: 4101141	DFL (Rio de Janeiro, Brasil)	Silicato de bário e alumínio, ácido poliacrílico desidratado e óxido de ferro.	Ácido poliacrílico, e água destilada.	Cimento de ionômero de vidro convencional de alta viscosidade
<i>Ketac Molar</i>				
Lote: 185704	3M ESPE (St. Paul, EUA)	Vidro de fluossilicato de Al, La e Ca, copolímero de ácido acrílico e ácido maleico, ácido benzóico e pigmentos.	Água, copolímero de ácido acrílico e ácido maleico, ácido tartárico e ácido benzóico.	Cimento de ionômero de vidro convencional de alta viscosidade
<i>Vitremer</i>				
Lote: 18104	3M ESPE (St. Paul, EUA)	Cristais de fluoroaluminossilicato, persulfato de potássio, ácido ascórbico e pigmentos.	Ácido polalcenóico, grupos metacrilatos, água, HEMA, canforaquinona.	Cimento de ionômero de vidro modificado por resina
<i>Vitro Fil LC</i>				
Lote: 4111227	DFL (Rio de Janeiro, Brasil)	Silicato de estrôncio, alumínio, carga, ativadores e óxido de ferro.	2-Hidroxi-etil metacrilato, solução aquosa de ácidos poliacrílicos e tartárico, peróxido de benzoíla e canforaquinona.	Cimento de ionômero de vidro modificado por resina

Nota: Al: alumínio; Ca: cálcio; La: lantânio.

A resina composta Filtek Z-250 (3M ESPE St. Paul, EUA) foi inserida na matriz com o auxílio de espátula plástica, e fotopolimerizada da maneira anteriormente descrita.

Após a manipulação dos cimentos, padronizou-se o tempo de 10 minutos em umidificador para simular as condições bucais. Não foi utilizada a proteção superficial, e os corpos-de-prova foram, então, removidos da matriz, cortados os excessos com lâmina de bisturi, pesados em balança analítica e mantidos em umidificador para que a imersão do grupo acontecesse ao mesmo tempo.

Após a confecção de cada grupo, os corpos-de-prova de cada material foram individualmente imersos em frascos plásticos de poliestireno, de 3,4 X 2,0 cm, contendo 5,0 ml de água destilada/deionizada, que foi trocada a cada 24 horas, em intervalos pré-determinados para aferição da liberação de flúor: 1,2,3,5,7 e 14 dias e 1,2,7 e 14 dias para a liberação após a recarga. Os corpos-de-prova permaneceram suspensos de forma padronizada, sem tocar nem no fundo do frasco, nem nas paredes laterais do mesmo.

No décimo quinto dia, os corpos-de-prova foram removidos dos tubos plásticos, secos em papel absorvente e submetidos à aplicação tópica de gel de fluoreto de sódio neutro a 2% (Flutop Gel, SSWhite, Rio de Janeiro, Brasil) durante 4 minutos. Decorrido este tempo, elas foram lavadas com um jato de água deionizada durante 2 minutos e secas com papel absorvente a fim de remover os excessos.

Os corpos-de-prova foram novamente imersos individualmente em 5,0 ml de água deionizada contida em tubos plásticos e fechados. Do mesmo modo, a água deionizada foi trocada diariamente durante os 15 dias subsequentes e as soluções dos dias 1, 2, 7 e 14 foram armazenadas a 4°C em tubos plásticos selados.

A quantidade de flúor nas soluções foi aferida através do eletrodo sensível de íons flúor (Orion, modelo 94-09) acoplado a um aparelho analisador digital de pH/F⁻ (Procyon SA-720), previamente calibrados com uma série de soluções-padrão com as seguintes concentrações de flúor: 0,25; 0,5; 2,5; 5,0; 25 e 50ppm de flúor, após tamponamento com TISAB III (*Total Ionic Strength Adjustment Buffer*), na proporção de 1:10.

Para análise do flúor liberado, as soluções armazenadas foram também tamponadas com TISAB III na proporção de 1:10, no momento da leitura. A leitura das soluções foi feita em duplicata. Os valores obtidos em mV foram digitados em uma planilha de cálculos (Microsoft Excel) contendo os dados dos padrões com concentrações conhecidas de F⁻ obtendo-se a quantidade de flúor liberada, em ppm (µgF⁻).

RESULTADOS

Os dados da liberação de flúor antes e após a recarga foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo procedimento GLM do *Statistical Analyses Systems* (SAS) que mostrou haver diferenças significativas entre os grupos. Observou-se interação entre os fatores tempo, material e momento. Para comparação das médias foram empregados os testes de Tukey ($p < 0,05$) e o teste de t Student ($p < 0,05$).

A Tabela 1 refere-se à liberação de flúor no momento inicial e nela encontra-se a distribuição das médias e desvios-padrão de sua liberação, como também a análise estatística da liberação dele por cada material dentro de cada tempo e a análise da comparação da liberação de flúor entre os materiais (Teste de Tukey, $p < 0,05$).

Os materiais com maior liberação de flúor em ordem decrescente foram Maxxion R (FGM, Joinville, Brasil) > Vidrion R (SSWhite, Rio de Janeiro, Brasil) > Vitro Fil (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) > Vitro Molar (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) > Vitro Fil LC (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) > Riva Self Cure (SDI, Victoria, Austrália) > Vitremer (3M ESPE, St. Paul, EUA) > Ketac Molar (3M ESPE, St. Paul, EUA) > Z-250 (3M ESPE, St. Paul, EUA). O grupo representado pelo Maxxion R (FGM, Joinville, Brasil) apresentou a maior liberação inicial de íons flúor, sendo esta diferença significativa ($p < 0,05$) nas 24 horas seguintes à imersão.

Após a aplicação de fluoreto de sódio a 2%, observou-se em todos os materiais aumento nos níveis de liberação de flúor, sendo comprovada a capacidade de recarga destes materiais. O padrão de liberação foi o mesmo do período inicial, ou seja, uma linha decrescente, porém, as concentrações mostraram uma queda mais acentuada após a recarga. Foram observados também, menores concentrações de flúor ao longo do tempo (Tabela 2).

Na Tabela 3 pode-se observar que a partir do segundo dia, todos os materiais liberaram maiores concentrações de flúor no período inicial do que após recarga.

Na Figura 1 é possível visualizar o comportamento de todos os materiais durante todo o período do experimento.

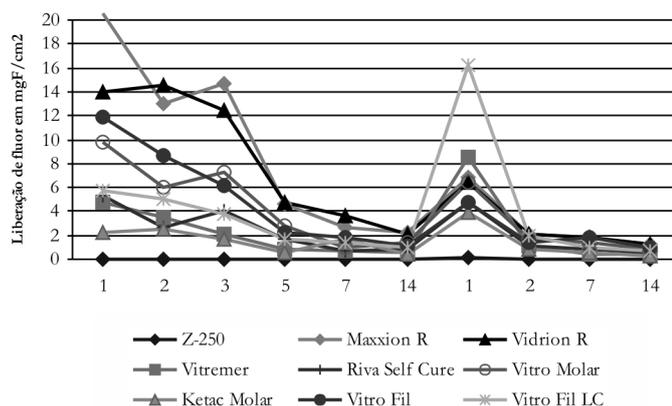


Figura 1. Liberação de flúor em µgF/cm² durante todo o experimento.

Tabela 1. Médias e desvio-padrão (DP) do flúor liberado pelos materiais em µgF/cm² (n=5).

Tempo (Dias)	1	2	3	5	7	14
Material	Média (±)	Média (±)	Média (±)	Média (±)	Média (±)	Média (±)
Maxxion (FGM, Joinville, Brasil)	20,51 Aa (1,59)	13,02 Bc (1,67)	14,66 Ab (3,36)	4,68 Ad (1,02)	2,72 AB e (0,47)	2,20 Ae (0,13)
Vidrion R (SSWhite, Rio de Janeiro, Brasil)	13,96 Ba (0,69)	14,50 Aa (1,11)	12,42 Bb (1,61)	4,80 Ac (1,09)	3,64 Ac (0,88)	2,10 Ad (0,39)
Vitro Fil (DFL, Rio de Janeiro, Brasil)	11,90 Ca (2,99)	8,61 Cb (2,65)	6,13 Cc (2,23)	2,20 BCd (0,64)	1,75 BCd (0,47)	1,18 ABd (0,30)
Vitro Molar (DFL, Rio de Janeiro, Brasil)	9,83 Da (0,90)	5,97 Dc (0,69)	7,27 Cb (0,76)	2,82 Bd (0,36)	1,74 BCde (0,15)	1,45 AB e (0,14)
Vitro Fil LC (DFL, Rio de Janeiro, Brasil)	5,71 Ea (0,66)	4,99 Dab (0,98)	3,80 Db (0,59)	1,70 BCc (0,33)	1,38 BCc (0,25)	0,94 ABc (0,18)
Riva Self Cure (SDI, Victoria, Austrália)	5,32 Ea (0,53)	2,65 Eb (0,84)	4,06 Da (0,97)	1,67 BC bc (0,24)	1,03 Cc (0,03)	0,82 ABc (0,14)
Vitremer (3M ESPE, St. Paul, EUA)	4,80 Ea (0,19)	3,50 Ea (0,22)	2,15 Eb (0,16)	0,84 CDc (0,04)	0,70 Cc (0,03)	0,52 ABc (0,05)
Ketac Molar (3M ESPE, St. Paul, EUA)	2,28 Fa (0,45)	2,58 Ea (0,49)	1,71 Eab (0,29)	0,62 CDb (0,11)	0,58 C b (0,25)	0,40 ABb (0,06)
Z-250 (3M ESPE, St. Paul, EUA)	0,02 Ga (0,00)	0,02 Fa (0,00)	0,02 Fa (0,00)	0,03 Da (0,00)	0,02 Ca (0,00)	0,02 Ba (0,00)

Nota: *Letras maiúsculas representam, na vertical, a análise comparativa dos materiais dentro de um mesmo tempo. Letras minúsculas representam, na horizontal, a análise de um mesmo material dentro dos tempos de leitura (Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).

**Letras semelhantes demonstram que não houve diferenças estatísticas.

Tabela 2. Médias e desvio-padrão (DP) do flúor liberado pelos materiais após a recarga com flúor em $\mu\text{gF}/\text{cm}^2$ (n=5).

Tempo (Dias)	Tempo			
	1	2	7	14
Material	Média (\pm)	Média (\pm)	Média (\pm)	Média (\pm)
Vitro Fil LC (DFL, Rio de Janeiro, Brasil)	16.23 A a (1.82)	1.92 A b -0,3	0.94 ABC c (0.14)	0.73 AB c (0.12)
Vitremer (3M ESPE, St. Paul, EUA)	8.51 B a (0.59)	1.05 AB b (0.21)	0.48 BC b (0.03)	0.38 AB b (0.03)
Maxxion (FGM, Joinville, Brasil)	6.85 C a (0.44)	2.09 A b (0.44)	1.85 A b (0.17)	1.32 A b (0.10)
Vitro Molar (DFL, Rio de Janeiro, Brasil)	6.46 C a (0.80)	1.74 AB b (0.13)	1.41 AB bc -0,1	0.78 AB c (0.06)
Vidrion R (SSWhite, Rio de Janeiro, Brasil)	6.40 C a (0.74)	2.14 A b (0.48)	1.85 A bc (0.37)	1.30 A c (0.17)
Vitro Fil (DFL, Rio de Janeiro, Brasil)	4.79 D a (0.89)	1.37 AB b (0.19)	1.75 A b (0.47)	0.95 AB b (0.17)
Riva Self Cure (SDI, Victoria, Austrália)	4.74 D a (1.02)	1.18 AB b (0.29)	0.80 BC b (0.16)	0.51 AB b (0.08)
Ketac Molar (3M ESPE, St. Paul, EUA)	3.90 E a (2.19)	0.78 B b (0.41)	0.53 BC b (0.37)	0.33 AB b (0.04)
Z-250 (3M ESPE, St. Paul, EUA)	0.10 F a (0.03)	0.02 C a (0.00)	0.02 C a (0.00)	0.02 B a (0.00)

Nota: Letras maiúsculas representam, na vertical, a análise comparativa dos materiais dentro de um mesmo tempo. Letras minúsculas representam, na horizontal, a análise de um mesmo material dentro dos tempos de leitura (Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade). **Letras semelhantes demonstram que não houve diferenças estatísticas.

DISCUSSÃO

Estudos demonstram que a liberação de flúor tem sido estudada por diferentes métodos e protocolos experimentais, dificultando análises comparativas entre eles^{9,11,15,20,22-23}. Entretanto, de forma geral, estudos que verificam a liberação de flúor por materiais odontológicos, utilizam corpos-de-prova confeccionados a partir dos materiais a serem avaliados através de matrizes pré-fabricadas. Estes são imersos em um meio líquido, durante determinado período de tempo, e aferições são realizadas com um eletrodo específico para determinar a quantidade de flúor liberado²¹.

Neste estudo, optou-se por imergir os corpos-de-prova em água destilada/deionizada que tem a vantagem de não promover interferência iônica, porém, não simula o meio ambiente bucal e não leva em consideração a dinâmica do desenvolvimento de cárie.

Tabela 3. Análise pareada do flúor liberado antes (momento I) e após a recarga (momento II) com flúor em $\mu\text{gF}/\text{cm}^2$ (n=5). Valores das médias e desvios-padrão.

Material	(Dias)		Momento		Momento		Momento		Momento	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Maxxion (FGM, Joinville, Brasil)	2051 a (1.59)	685 b (0.44)	1302 a (1.67)	209 b (0.44)	272 a (0.47)	185 b (0.17)	220 a (0.13)	132 b (0.10)		
Vidrion R (SSWhite, Rio de Janeiro, Brasil)	1396 a (0.69)	640 b (0.74)	1450 a (1.11)	214 b (0.48)	364 a (0.80)	185 b (0.37)	210 a (0.39)	130 b (0.17)		
Vitro Fil (DFL, Rio de Janeiro, Brasil)	11.90 a (2.99)	4.79 b (0.89)	8.61 a (2.65)	1.37 b (0.19)	1.75 a (0.47)	1.75 a (0.47)	1.18 a (0.30)	0.95 a (0.17)		
Vitro Molar (DFL, Rio de Janeiro, Brasil)	9.83 a (0.90)	6.46 b (0.80)	5.97 a (0.69)	1.74 b (0.13)	1.74 a (0.15)	1.41 -0,1	1.45 a (0.14)	0.78 b (0.06)		
Vitro Fil LC (DFL, Rio de Janeiro, Brasil)	5.71 b (0.66)	16.23 a (1.82)	4.99 a (0.98)	1.92 b -0,3	1.38 a (0.25)	0.94 b (0.14)	0.94 a (0.18)	0.73 b (0.12)		
Riva Self Cure (SDI, Victoria, Austrália)	5.32 a (0.53)	4.74 a (1.02)	2.65 b (0.84)	1.18 a (0.29)	1.03 a (0.05)	0.80 b (0.16)	0.82 a (0.14)	0.51 b (0.08)		
Vitremer (3M ESPE, St. Paul, EUA)	4.80 b (0.19)	8.51 a (0.59)	3.50 a (0.22)	1.05 b (0.21)	0.70 a (0.05)	0.48 b (0.05)	0.52 a (0.05)	0.38 b (0.05)		
Ketac Molar (3M ESPE, St. Paul, EUA)	2.28 b (0.45)	3.90 a (2.19)	2.58 a (0.49)	0.78 b (0.41)	0.58 a (0.25)	0.53 a (0.37)	0.40 a (0.06)	0.33 b (0.04)		
Z-250/Z-250 (3M ESPE, St. Paul, EUA)	0.02 b (0.00)	0.10 a (0.03)	0.02 a (0.00)							

Nota: * Letras minúsculas representam, na horizontal, a análise de um mesmo material em cada dia antes e após a aplicação de NaF2 a 2% (Teste de Student ao nível de 5% de probabilidade). **Letras semelhantes demonstram que não houve diferenças estatísticas.

Da mesma forma, apesar dos fabricantes recomendarem a proteção superficial dos cimentos ionoméricos, optou-se por não fazê-la, corroborando alguns estudos^{2,9,11,15,20,22-23}, pois o intuito da presente pesquisa era observar a liberação bruta de flúor, como pelo o fato de que a proteção superficial na boca desaparece nas primeiras horas, enquanto que neste estudo, por se tratar de um meio estático, perduraria por muito mais tempo e sua dissolução em cada corpo-de-prova ocorreria de uma maneira não controlada, podendo interferir nas concentrações de flúor liberadas.

Na presente pesquisa, os cimentos de ionômero de vidro avaliados apresentaram um padrão de liberação com elevada concentração de flúor no período inicial, denominada *burst effect* ou “efeito explosão”, seguida de rápido declínio após os primeiros três dias. Depois, os níveis permaneceram baixos e constantes ao longo do tempo, tendendo a uma estabilização (Figura 1)^{7,9,11,15,18,22}. Os valores médios de liberação de flúor em função do tempo estão

de acordo com os encontrados na literatura que avaliaram a liberação de flúor de cimentos de ionômero de vidro, apresentando padrões qualitativos semelhantes de liberação de flúor dos materiais^{2,12,16,20-21,24-28}.

A elevada concentração de flúor, observada no presente estudo, no primeiro dia após a imersão, está provavelmente associada à dissolução das partículas, na verdade, efeito da "lavagem" superficial, impulsionada pelo fato dos cimentos não terem recebido proteção superficial. Igualmente, a liberação tardia é controlada pela difusão através dos microporos e da própria massa do cimento²².

Como verificado neste experimento, os cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina, embora apresentem uma curva de liberação semelhante, apresentam diferença significativa entre eles^{9,20,25}. A análise dos resultados de liberação de flúor nos 14 dias iniciais demonstra que os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina Vitremer (3M ESPE, St. Paul, EUA) e Vitro Fil LC (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) não diferiram estatisticamente entre si²⁶ e liberaram significativamente menores concentrações de flúor do que os cimentos convencionais Vidrion R (SSWhite, Rio de Janeiro, Brasil), Maxxion R (FGM, Joinville, Brasil), Vitro Fil (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) e Vitro Molar (DFL, Rio de Janeiro, Brasil). Entretanto, não diferiram estatisticamente dos cimentos de ionômero de vidro convencional de alta viscosidade Riva Self Cure (SDI, Victoria, Austrália) e Ketac Molar (3M ESPE, St. Paul, EUA) (Tabela 4).

A maior concentração na liberação de flúor de cimentos ionoméricos convencionais com relação aos cimentos modificados com resina e aos de alta viscosidade, está associada ao fato desses materiais serem mais solúveis, apresentarem uma reação de presa mais lenta e serem mais porosos²⁸, em decorrência, provavelmente, de partículas maiores, mais irregulares, maior relação líquido/pó e, conseqüentemente, maior fluidez.

Adicionalmente, verificou-se que os cimentos de ionômero de vidro convencionais de alta viscosidade Vitro Molar (DFL, Rio de Janeiro, Brasil), Riva Self Cure (SDI, Victoria, Austrália) e Ketac Molar (3M ESPE, St. Paul, EUA), exibem concentrações de flúor liberadas próximas dos cimentos ionoméricos modificados por resina, o que provavelmente está relacionado à elevada viscosidade desses materiais, que possibilita uma reação de presa mais rápida e resulta, não só no aprisionamento de íons flúor no interior da matriz, como também, na formação de um material mais denso e coeso, logicamente, menos solúvel.

É importante salientar que os níveis de flúor liberado ao longo do tempo são mais importantes que níveis transitórios, como os observados no "efeito estouro"⁶. É possível observar que ao final do décimo quarto dia os

valores médios de todos os materiais são bem próximos entre si, diminuindo a grande diferença observada inicialmente (Figura 1).

Os resultados demonstram que todos os materiais apresentaram elevações nas concentrações de flúor liberadas nos primeiros dias após a recarga, que foi diminuindo e se estabilizando ao longo dos 14 dias subsequentes, corroborando os comportamentos observados na literatura^{2,11,15-16,20-22,24,28}.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que as diferenças nas concentrações de flúor entre os materiais observados neste estudo estão relacionadas com o tipo de cimento, a composição, a proporção pó/líquido, tamanho de partículas, a solubilidade do material, a capacidade de difusão do íon flúor através dos materiais, diferença na energia superficial, porosidades presentes no material, além de outros fatores desconhecidos.

Finalmente, considerando as limitações do estudo *in vitro*, vale salientar que os resultados observados não devem ser comparados diretamente às condições clínicas em decorrência da complexidade do meio bucal. Dessa forma, os resultados do presente trabalho necessitam de investigações clínicas que comprovem ou não o potencial preventivo dos materiais. Adicionalmente, é importante salientar que na escolha do material devem-se considerar todas as propriedades, associada às necessidades clínicas, não sendo, portanto a liberação de flúor, por si só, indicadora da seleção de um material restaurador.

CONCLUSÃO

Nas condições experimentais, e de acordo com os critérios de avaliação utilizados, parece-nos lícito concluir que todos os materiais estudados desenvolveram padrão semelhante de liberação de flúor com liberação acentuada nos primeiros dias e decréscimo lento, mantendo nível constante até o décimo quarto dia. Os cimentos de ionômero de vidro convencionais liberaram maiores concentrações de flúor do que os cimentos modificados por resina, e após aplicação tópica de fluoreto de sódio neutro a 2%, todos os materiais aumentaram significativamente a concentração de flúor liberado nas 24 horas subsequentes, comprovando a capacidade de recarga por estes materiais.

Colaboradores

Todos os autores tiveram participação efetiva em todas as fases de elaboração do artigo.

REFERÊNCIAS

1. Creanor SL, Al-Harthy NS, Gilmour WH, Foye RH, Rogers I, Millett DT. Fluoride release from orthodontic cements-effect of specimen surface area and depth. *J Dent*. 2003;31(1):25-32.
2. Forsten L. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*. 1998;19(6):503-8.
3. Mazzaoui SA, Burrow MF, Tyas MJ. Fluoride release from glass ionômero cement. *Dent Mater*. 2000;16:166-71.
4. Rodrigues LA, Marchi GM, Serra MC, Hara AT. Visual evaluation of in vitro cariostatic effect of restorative materials associated with dentifrices. *Braz Dent J*. 2005;16(2):112-8.
5. Savarino L, Breschi L, Tedaldi M, Ciapetti G, Tarabusi C, Greco M, et al. Ability of restorative and fluoride releasing materials to prevent marginal dentine demineralization. *Biomaterials*. 2004;25(6):1011-7.
6. Billington RW, Williams JA, Dorban A, Pearson GJ. Glass ionomer cement: evidence pointing to fluoride release in the form of monofluorophosphate in addition to fluoride ion. *Biomaterials*. 2004; 25(17):3399-402.
7. Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials - Fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater*. 2007;23(3):343-62.
8. Carvalho AS, Cury JA. Liberação de flúor de materiais restauradores. *Rev Odontol Univ São Paulo*. 1998;12(4):367-73.
9. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*. 2003;24(14):2451-61.
10. Miranda LA, Weidlich P, Samuel SMW, Maltz M. Fluoride release from restorative materials coated with an adhesive. *Braz Dent J*. 2002;13(1):39-43.
11. Preston AJ, Higgham SM, Agalamanyi EA, Mair LH. Fluoride recharge of aesthetic dental materials. *J Oral Rehabil*. 1999;26(12):936-40.
12. De Witte AMJC, De Maeyer EAP, Verbeeck RMH, Martens LC. Fluoride release profiles of mature restorative glass ionomer cements after fluoride application. *Biomaterials*. 2000;21:475-82.
13. Smales RJ, Gao W. In vitro caries inhibition at the enamel margins of glass ionômero restoratives developed for the ART approach. *J Dent*. 2000;28:249-56.
14. Smith DC. Development of glass-ionomer cement systems. *Biomaterials*. 1998;19(6):467-78.
15. Attar N, Önen A. Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil*. 2002;29(8):791-8.
16. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Pataridou A. Fluoride release and uptake by four new fluoride releasing restorative materials. *J Oral Rehabil*. 2003;30(9):866-72.
17. Verbeeck RMH, De Maeyer EAP, Marks LSM, De Moor RJG, De Witte AMJC. Fluoride release process of (resin-modified) glass-ionomer cements versus (polyacid-modified) composite resin. *Biomaterials*. 1998;19(6):509-19.
18. Vermeersch G, Leloup G, Vreven J. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil*. 2001;28(1):26-32.
19. Weidlich P, Miranda LA, Maltz M, Samuels MW. Fluoride release and uptake from glass ionomer cements and composite resins. *Braz Dent J*. 2000;11(2):89-96.
20. Diaz-Arnold AM, Holmes DC, Wistrom DW, Swift Jr EJ. Short-term fluoride release/uptake of glass ionomer restoratives. *Dent Mater*. 1995;11:96-101.
21. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater*. 2004;20(9):789-95.
22. Gandolfi MG, Chersoni S, Acquaviva GL, Piana G, Prati C, Mongiorgi R. Fluoride release and absorption at different pH from glass-ionomer cements. *Dent Mater*. 2005;20:1-8.
23. Sales D, Sae-Lee D, Matsuya S, Ana ID. Short-term fluoride and cations release from polyacid-modified composites in a distilled water, and an acidic lactate buffer. *Biomaterials*. 2003;24(10):1687-96.
24. Gao W, Smales RJ. Fluoride release/uptake of conventional and resin-modified glass ionomers, and compomers. *J Dent*. 2001;29(4):301-6.
25. Coelho LGC, Araujo MAM. Avaliação qualitativa do grau de desmineralização da estrutura dental empregando-se cimento de ionômero de vidro e materiais derivados em presença de *S. mutans*: estudo in vitro. *J Bras Odontol Integ*. 2003;7(39):209-15.
26. Kalix AP, Dias ARC, Oliveira ARB, Dias KRHC. Avaliação de propriedades mecânicas e liberação de flúor de dois ionômeros de vidro e um compômero. *Rev Brás Odontol*. 2004;61(3):152-3.
27. Carvalho RM, Navarro MFL, Albuquerque MVP, Pinheiro CE. Padrão de liberação de flúor de cimentos odontológicos. *RGO - Rev Gaúcha Odontol*. 1990;38(5):346-8.
28. Santos RL, Pithon MM, Leonardo JBP, Oberosler ELC, Vaitsman DS, Ruellas ACO. Liberação de flúor de cimentos ortodônticos antes e após recarga com solução fluoretada. *Odonto Ciênc*. 2009;24(1):54-8.

Recebido em: 27/10/2008

Versão final reapresentada em: 23/5/2009

Aprovado em: 3/7/2009