

# Efeito da aplicação tópica de um verniz de $TiF_4$ quimicamente estável na desmineralização do esmalte dentário bovino: estudo in vitro

*Effect of topical application of a chemically stable  $TiF_4$  varnish on the demineralization of bovine enamel: an in vitro study*

Arthur Marinho LIRA<sup>a</sup>, Marília Araújo REUL<sup>b</sup>, Carolina Bezerra Cavalcanti NÓBREGA<sup>c</sup>,  
Rodrigo Othávio de Assunção e SOUZA<sup>a</sup>, Ana Maria Gondim VALENÇA<sup>a</sup>

<sup>a</sup>UFPB – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil

<sup>b</sup>UEPB – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil

<sup>c</sup>UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, Brasil

## Resumo

**Objetivo:** Avaliar, in vitro, o efeito preventivo da aplicação tópica de um verniz à base de tetrafluoreto de titânio quimicamente estável e de um verniz à base de fluoreto de sódio sobre o esmalte bovino, mediante ciclagem de pH. **Metodologia:** A amostra foi constituída por 75 blocos de esmalte bovino 3×3 mm, sendo 15 aleatoriamente alocados em cada um dos cinco grupos: G1: Dentifrício Fluoretado + Verniz sem princípio ativo; G2: Dentifrício Fluoretado + Verniz à base de  $TiF_4$  (4 minutos); G3: Dentifrício Fluoretado + Verniz à base de  $TiF_4$  (24 horas); G4: Dentifrício Fluoretado + Verniz à base de NaF (24 horas); G5: Dentifrício Fluoretado. A ciclagem de pH foi realizada por um período de 14 dias, constando de oito ciclos, a 37 °C. Os blocos tratados foram mantidos em solução desmineralizante por oito horas e, por 16 horas, em solução remineralizante, sendo submetidos à análise da superfície em microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de energia dispersiva. **Resultado:** O verniz à base de  $TiF_4$  promoveu uma maior proteção ao esmalte quando comparado com os demais grupos. Mesmo após o período de ciclagem, foram encontrados fósforo, cálcio, sódio, magnésio, titânio, cloro, silício, alumínio, enxofre, potássio, oxigênio e flúor na superfície do esmalte. **Conclusão:** O aspecto da estrutura adamantina submetida à ação do tetrafluoreto de titânio revelou a presença de uma película protetora. O cálcio e o fósforo foram os principais compostos inorgânicos encontrados no esmalte, sendo observadas alterações na constituição química da camada superficial adamantina em função do tratamento com fluoreto instituído.

**Descritores:** Titânio; compostos de flúor; reatividade-estabilidade.

## Abstract

**Objective:** To evaluate the in vitro preventive effect of topical application of achemically stable titanium-tetrafluoride ( $TiF_4$ ) varnish and a sodium fluoride (NaF) varnish on bovine enamel by pH cycling test. **Methodology:** The sample consisted of 75 blocks of bovine enamel measuring 3x3mm, which were randomly assigned to 5 groups of 15, as follows: G1: Fluoridated dentifrice + varnish without active principle; G2: fluoridated dentifrice +  $TiF_4$  varnish (4 minutes); G3: fluoridated dentifrice +  $TiF_4$  varnish (24 hours); G4:fluoridated dentifrice + NaF varnish (24 hours); G5: fluoridated dentifrice. A pH cycling was carried out for a period of 14 days, consisting of 8 cycles at 37 °C. The treated blocks were kept in demineralizing and remineralizing solutions for 8 and 16 hours, respectively, being then subjected to surface analysis under scanning electron microscopy and dispersive energy spectroscopy. **Result:** The  $TiF_4$  varnish showed a greater protection to enamel when compared with the other groups. Even after the cycling period, the following elements were found on the enamel surface: phosphorus, calcium, sodium, magnesium, titanium, chlorine, silicon, aluminum, sulfur, potassium, oxygen and fluorine. **Conclusion:** The adamantine structure subjected to the action of titanium tetrafluoride revealed the presence of a protective pellicle. Calcium and phosphorus were the major inorganic compounds found in enamel. Furthermore, there were changes in the chemical composition of the adamantine surface layer as a result of the treatment with fluoride.

**Descriptors:** Titanium; fluorine compounds; reactivity-stability.

## INTRODUÇÃO

Compostos fluoretados vêm sendo amplamente pesquisados para prevenção tanto da cárie como da erosão dental. A fluoretação tópica na forma de géis, dentifrícios, soluções e vernizes de fluoreto de sódio (NaF), fluoreto de estanho ( $\text{SnF}_2$ ), fluoreto de amina (AmF) e monofluorofosfato tem sido empregada por várias décadas<sup>1</sup>. Estes compostos possuem mecanismo de ação baseado na precipitação de fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ) sobre a superfície dentária, servindo como barreira mecânica contra ácidos, bem como reservatório de fluoreto<sup>2</sup>.

Vale ressaltar que é no esmalte que o flúor apresenta seu principal efeito anticárie; no entanto, sua ação antimicrobiana também possui relevância, não necessariamente causando alterações quantitativas da microbiota, mas atuando na preservação da homeostase microbiana do biofilme e estabilizando a mesma durante as variações na concentração de açúcar e nas curvas de pH<sup>3</sup>.

Embora na literatura diversos estudos demonstrem o efeito anticariogênico dos fluoretos tópicos, há vários questionamentos, ainda, quanto à sua eficácia em pacientes com alta atividade de cárie<sup>4-7</sup>. Desta forma, o interesse em descobrir novos agentes anticárie vem crescendo e, por esta razão, fluoretos não convencionais (metálicos), a exemplo do fluoreto estanhoso ( $\text{SnF}_2$ ), do diamino-fluoreto de prata e do tetrafluoreto de titânio ( $\text{TiF}_4$ ), despertam gradativamente o interesse científico. Este último, devido à ação sinérgica dos íons presentes em sua estrutura, é conhecido como um potente agente remineralizador, cujos primeiros testes *in vitro* começaram na década de 1970<sup>6</sup>.

Com relação aos processos de desmineralização e remineralização, o tetrafluoreto de titânio expressa características que o diferem dos outros fluoretos, uma vez que, ao ser aplicado, reage com o oxigênio presente no meio, liberando assim produtos secundários, como o dióxido de titânio. O dióxido de titânio se precipita como uma película branca álcali-ácido resistente, se mantendo adsorvida à superfície do elemento dentário mesmo após períodos de altos desafios cariogênicos<sup>8,9</sup>.

Outra característica dos produtos à base de tetrafluoreto de titânio é que os mesmos exibem valores muito baixos de pH (1-2)<sup>10</sup>, trazendo, como vantagens, o aumento da reatividade com o esmalte e o favorecimento das ligações do titânio e do oxigênio com grupo fosfato para a formação da película de dióxido de titânio sobre a superfície dos tecidos mineralizados<sup>11</sup>. Entretanto, apesar dos resultados promissores, o composto ainda não foi utilizado em procedimentos clínicos devido à falta de estabilidade em solução aquosa, havendo necessidade de modificações na formulação farmacêutica<sup>3</sup>.

Em relação aos tipos de agentes fluoretados, estudos *in vitro* mostram que o tetrafluoreto de titânio é mais eficaz do que outros sais fluoretados, a exemplo do NaF, AmF e  $\text{SnF}_2$ , quanto ao processo de des-remineralização do esmalte, devido a mecanismos de ação adicionais decorrentes da presença do titânio. Esses mecanismos de ação do  $\text{TiF}_4$  poderiam ser potencializados, caso o composto fosse aplicado na forma de verniz, proporcionando interação com o esmalte por períodos de tempo prolongados<sup>1,12,13</sup>. Desta forma,

um verniz à base de tetrafluoreto de titânio quimicamente estável foi desenvolvido, apresentando melhor eficácia em comparação com a solução<sup>10</sup>.

Os primeiros estudos com o novo produto mostraram que a modificação do veículo e a consequente diminuição do conteúdo de água na formulação permitiram a manutenção da estabilidade dos princípios ativos por um período de estoque de dois anos<sup>3</sup>, como também foram encontrados resultados favoráveis com relação à inibição da desmineralização em modelo de cárie animal<sup>10</sup>.

Face ao exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, *in vitro*, o efeito preventivo da aplicação tópica de um verniz à base de tetrafluoreto de titânio ( $\text{TiF}_4$ ) quimicamente estável (2,26% de fluoreto) e de um verniz à base de fluoreto de sódio (NaF) (2,26% de fluoreto) sobre o esmalte bovino.

## METODOLOGIA

Este trabalho utilizou uma abordagem indutiva, com procedimento comparativo e técnica de pesquisa por observação direta laboratorial<sup>14</sup>. Todas as fases laboratoriais do experimento foram executadas em triplicata, de forma cega e controlada.

A metodologia de preparo das amostras e ciclagem de pH utilizada neste estudo foi baseada no trabalho de Nóbrega et al.<sup>10</sup>.

A amostra foi constituída por 75 blocos de esmalte bovino com área aproximada de 9 mm<sup>2</sup>, sendo 15 aleatoriamente alocados em cada um dos cinco grupos, a saber:

- G1. Dentifrício Fluoretado (DF) + Verniz sem princípio ativo (controle do verniz);
- G2. Dentifrício Fluoretado (DF) + Verniz à base de  $\text{TiF}_4$  aplicado por 4 minutos (grupo teste 1);
- G3. Dentifrício Fluoretado (DF) + Verniz à base de  $\text{TiF}_4$  aplicado e deixado em umidade relativa por 24 horas a 37 °C (grupo teste 2);
- G4. Dentifrício Fluoretado (DF) + Verniz à base de NaF – Duraphat Colgate® aplicado e deixado em umidade relativa por 24 horas a 37 °C (controle positivo);
- G5. Dentifrício Fluoretado (DF) (controle negativo).

Os tratamentos foram removidos por meio de imersão dos blocos em banhos sucessivos de acetona (três banhos) e água (três banhos).

Para simular as condições reais de associação de compostos fluoretados, foi utilizado um *slurry* de dentifrício (dilução 1:3 v/v - Sorriso Colgate®, 1500 ppm Flúor). Os blocos foram imersos nesta solução por um minuto entre cada ciclo de pH e, logo após, lavados por dez segundos em água destilada e deionizada. A ciclagem de pH foi realizada por um período de 14 dias, constando de oito ciclos, a 37 °C. Cada bloco tratado foi imerso em solução desmineralizante por oito horas e, por 16 horas, em solução remineralizante.

Após estas etapas, os blocos foram submetidos às análises de microscopia. Inicialmente, por meio da espectrometria de energia dispersiva (EED), para dosagem dos compostos químicos após cada tratamento e, posteriormente, por microscopia eletrônica de varredura (MEV), para verificação de alterações na estrutura superficial dos blocos.

## 1. Espectroscopia de Energia Dispersiva (EED)

A quantificação dos compostos químicos existentes na superfície do esmalte foi realizada por meio da espectrometria de energia dispersiva de raios-x (EDS). Para esta fase do estudo, foi utilizado o microscópio Vantage (Aquisition Engine Company, Tóquio) com o *software* Vasion Master pro 400 para Windows NT. A avaliação do conteúdo mineral presente nos substratos foi realizada pelo equipamento MEV LEO-1430, com energias típicas de ordem 11.00 kV. Nesta fase, as amostras foram encobertas por carbono.

Para avaliação da composição química superficial do esmalte, os achados foram descritos por meio da porcentagem média dos elementos químicos encontrados na superfície dos blocos.

## 2. Microscopia Eletrônica de Varredura

As amostras foram cobertas com ouro (Bal-tec SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein) e observadas por MEV para avaliação dos produtos de reatividade formados sobre o esmalte. As avaliações foram realizadas nos seguintes aumentos: 500× - visão geral das amostras; 2000× e 6000× - visualização dos produtos de reação formados sob o esmalte.

Mediante esta análise, foi verificado como são organizados os produtos de reação sobre o esmalte, bem como a presença ou a ausência de película à base de óxido de titânio, resultante do tratamento das amostras com o tetrafluoreto de titânio.

Os dados foram analisados descritivamente, considerando o aspecto microestrutural das superfícies do esmalte apresentadas pelos diferentes grupos.

## RESULTADO

### 1. Espectrometria de Energia Dispersiva (EED)

Os dados da investigação da composição química superficial do esmalte foram analisados e permitiram a quantificação dos componentes químicos das amostras.

Os elementos encontrados foram: P - fósforo, Ca - cálcio, Na - sódio, Mg - magnésio, Ti - titânio, Cl - cloro, Si - silício, K - potássio, O - oxigênio e F - flúor, com concentrações variáveis a depender do grupo em questão (Tabela 1).

### 2. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Com relação às análises de MEV, os resultados foram os seguintes:

- G1: Verificou-se a presença de uma tênue película com soluções de continuidade (Figura 1);
- G2: constatou-se uma deposição mais homogênea da película protetora do verniz (Figura 2);
- G3: verificou-se não apenas formação de uma película em toda a extensão da superfície do esmalte, mas também um aumento em espessura dessa película, sendo evidenciada a formação de depósitos inorgânicos à base de flúor e titânio (Figura 3);

- G4: houve remoção da película do verniz e início de dissolução mineral (Figura 4);
- G5: verificou-se a presença de resquícos do creme dental, já que sua superfície não foi favorecida, como nos demais grupos, pela presença de película do verniz, sendo mais fácil a deposição de produtos viscosos nas irregularidades do esmalte bovino (Figura 5).

## DISCUSSÃO

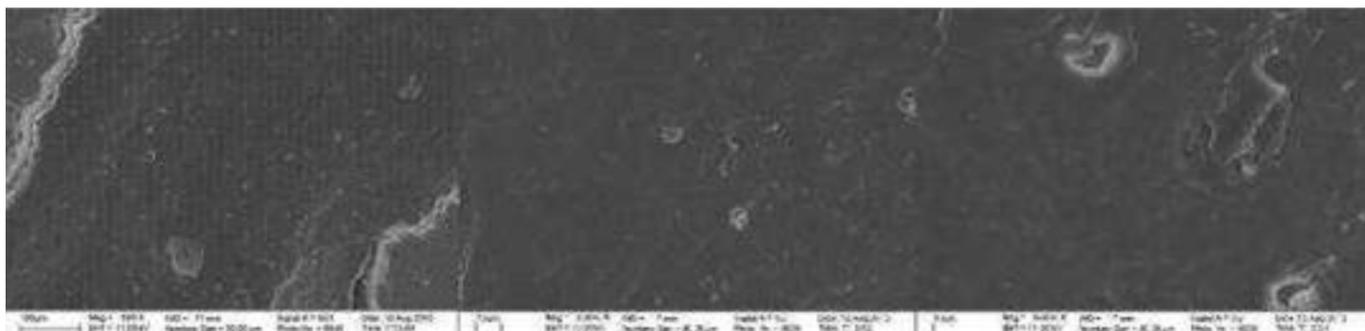
Com o intuito de analisar o efeito preventivo dos fluoretos, é fundamental que exista um método capaz de simular *in vitro* o processo de perda mineral que ocorre na boca. No presente estudo, para tal fim, foi utilizada a ciclagem de pH, que tem como objetivo a exposição de substratos, como o esmalte, à combinação dos fenômenos de remineralização e desmineralização<sup>15,16</sup>. Estas combinações experimentais são desenhadas para simular as variações dinâmicas na saturação mineral e no pH, as quais estão associadas com o processo de cárie natural, segundo White<sup>16</sup>.

Os dentes bovinos são usados neste tipo de pesquisa como substitutos dos dentes humanos por possuírem estrutura morfológica, propriedades físicas e composição similar ao esmalte humano<sup>17</sup>.

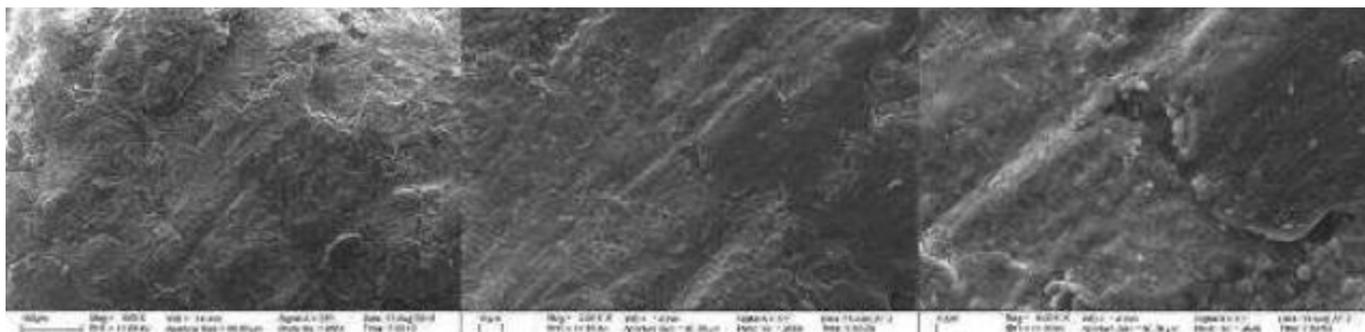
Diferentes técnicas são apresentadas na literatura para se investigar a formação de fluoreto de cálcio na estrutura adamantina. Suda et al.<sup>18</sup> e Wiegand et al.<sup>1</sup> destacam a microscopia eletrônica de varredura (MEV) e a análise química como técnicas ideais para estudos que envolvem a análise da aplicação de produtos sobre o esmalte. A microscopia eletrônica de varredura é empregada para descrever as características anatômicas do esmalte normal e também as alterações sofridas por esta estrutura<sup>19</sup>. Além disso, permite uma avaliação química, por meio da espectrometria de energia dispersiva de raios-x (EDS)<sup>20</sup>. Sendo assim, torna-se uma alternativa viável de trabalho, por possibilitar a visualização da superfície com uma magnitude de até 6.000 vezes e por quantificar os compostos inorgânicos presentes no esmalte<sup>20</sup>.

**Tabela 1.** Porcentagem média dos elementos químicos encontrados na superfície dos blocos de esmalte, para todos os grupos estudados

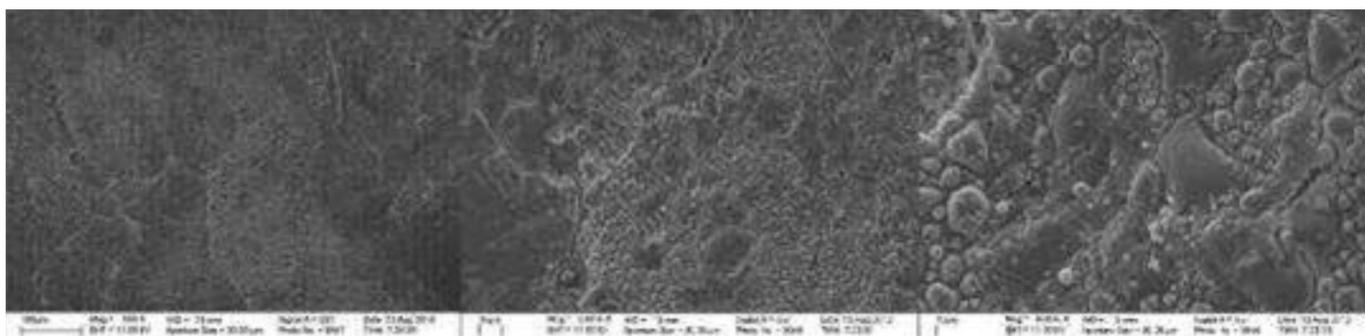
Elemento Químico	Média (%) para os Grupos de tratamento				
	G1	G2	G3	G4	G5
P	14,73	17,93	8,99	14,16	13,76
Ca	25,81	28,03	14,84	24,27	22,72
Na	---	0,36	0,23	0,31	0,59
Mg	---	0,26	0,36	---	---
Ti	---	1,10	2,70	---	---
Cl	2,04	0,66	0,75	0,80	0,94
Si	---	1,55	---	---	---
K	0,46	0,33	0,63	0,16	0,21
O	56,96	51,53	70,21	60,28	62,06
F	---	---	1,24	---	---



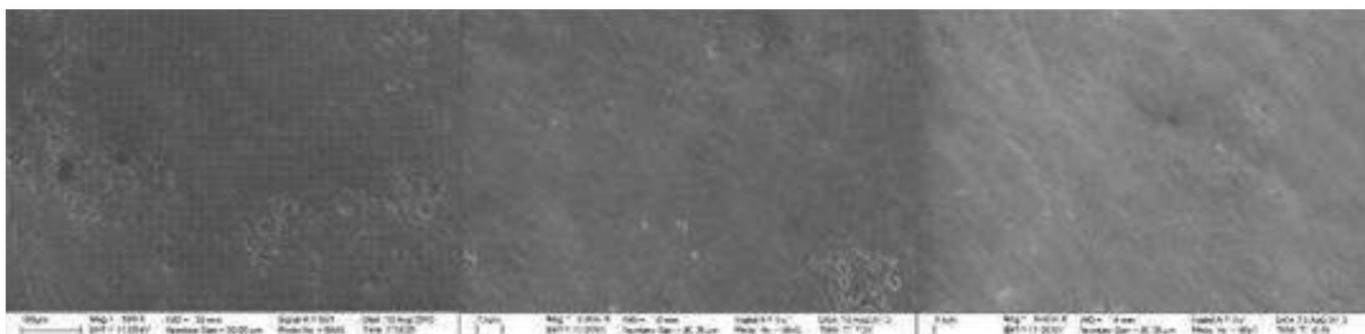
**Figura 1.** Grupo 1: Dentifrício Fluoretado (DF) + Verniz sem princípio ativo (Aumentos de 500×, 2000× e 6000×).



**Figura 2.** Grupo 2: Dentifrício Fluoretado (DF) + Verniz à base de  $TiF_4$  aplicado por 4 minutos (Aumentos de 500×, 2000× e 6000×).



**Figura 3.** Grupo 3: Dentifrício Fluoretado (DF) + Verniz à base de  $TiF_4$  por 24h (Aumentos de 500×, 2000× e 6000×).

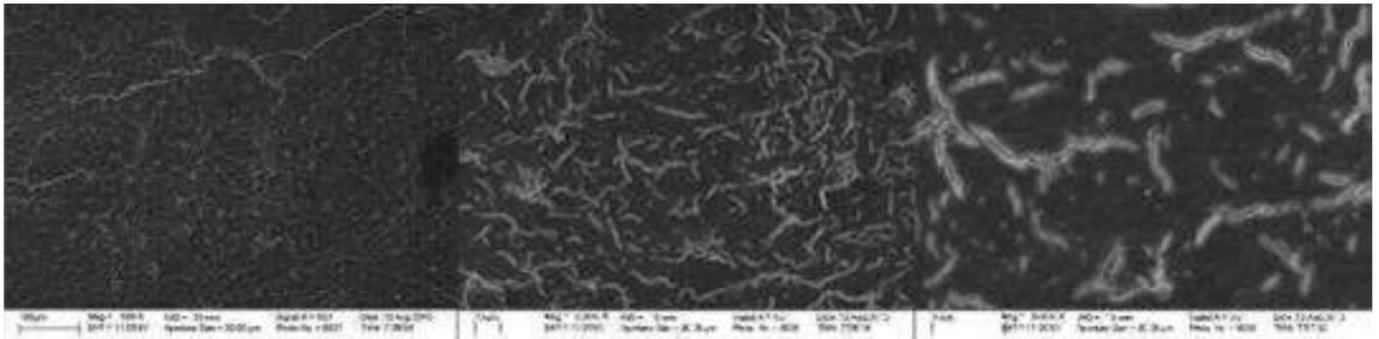


**Figura 4.** Dentifrício Fluoretado (DF) + Verniz à base de NaF – Duraphat® por 24h (Aumentos de 500×, 2000× e 6000×).

No presente estudo, verificou-se um conteúdo majoritariamente inorgânico, mineralizado, com variação de compostos nos diferentes grupos, confirmado pela Espectrometria de Energia Dispersiva, e ainda uma visibilidade da película de verniz, de prismas e estruturas interprismáticas, identificados em análises de MEV. Esses achados podem estar relacionados à

estrutura altamente mineralizada (96%) do esmalte<sup>21</sup> e a diferenças de propriedades físico-químicas dos compostos utilizados<sup>1,10,11</sup>.

Moreno, Zahradnik<sup>19</sup> descreveram que o cálcio, o fósforo e o sódio seriam os principais constituintes do esmalte dentário, corroborando estes achados, os resultados do EED para todos os grupos apontaram que o cálcio (Ca) e o fósforo (P) foram os



**Figura 5.** Grupo 5: Dentifrício Fluoretado (DF) (Aumentos de 500×, 2000× e 6000×).

componentes mais frequentemente observados na composição química superficial do esmalte. Torna-se importante salientar que o fluoreto somente foi detectado no Grupo 3, podendo este fato estar associado ao maior tempo de contato (24 horas) da estrutura adamantina com o  $TiF_4$ <sup>22</sup>, bem como a presença de titânio nas camadas mais superficiais do esmalte pode ser explicada pela formação da película de titânio<sup>10</sup> em estrutura hídrica<sup>12</sup>.

Quando comparados os resultados de concentração inorgânica entre os grupos, observou-se que os espécimes tratados com  $TiF_4$  apresentaram conteúdo de cálcio inversamente proporcional ao tempo de aplicação e conteúdo de oxigênio diretamente proporcional ao tempo de aplicação do produto (Tabela 1); esses fatos podem estar associados à formação da película álcali-ácido resistente composta por óxido de titânio, já descrita na literatura<sup>1,22</sup>.

Com relação às análises de MEV, verificou-se que houve uma variação visível de cor de acordo com o grau de dissolução do esmalte, as ranhuras e a espessura da película. Este fato é reforçado ainda pela variação de compostos e de suas concentrações nos diferentes grupos (Tabela 1). O fato de se constatar a presença de uma película relativamente contínua no grupo exposto à ação do  $TiF_4$  por 24 horas (Figura 3), associada à presença de grandes quantidades de oxigênio e de concentrações de flúor mensuráveis apenas nesse grupo (Tabela 1), pode estar associado à propriedade de solubilidade do tetrafluoreto de titânio tanto em água como

em álcool, permitindo que o composto esteja pronto para reagir com a estrutura dentária, sem a necessidade de entrar em contato com saliva, o que não ocorre com o fluoreto de sódio<sup>23</sup> (Figura 4).

## CONCLUSÃO

O aspecto da estrutura adamantina submetida à ação do tetrafluoreto de titânio revelou a presença de uma camada rica em compostos inorgânicos. O cálcio e o fósforo foram os principais compostos inorgânicos encontrados no esmalte, sendo observadas alterações na constituição química da camada superficial adamantina em função do tratamento com fluoreto instituído. Desta forma, os resultados apresentados na presente pesquisa são considerados promissores e novos estudos que incluam dosagens e a análises dos íons flúor e cálcio, bem como as análises de microdureza do esmalte, estão sendo desenvolvidos a fim de verificar, até que ponto, o composto à base de tetrafluoreto de titânio é capaz de exercer efeito protetor em relação ao desafio cariogênico.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/UFPB, pela concessão da Bolsa PIBIC - Edital Universal (Processo 474930/2008-4).

## REFERÊNCIAS

1. Wiegand A, Magalhães AC, Attin T. Is Titanium Tetrafluoride ( $TiF_4$ ) effective to prevent carious and erosive lesions? A review of the literature. *Oral Health Prev Dent.* 2010;8(2):159-64. PMID:20589250.
2. Ganss C, Schlueter N, Klimek J. Retention of KOH-soluble fluoride on enamel and dentine under erosive conditions – a comparison of *in vitro* and *in situ* results. *Arch Oral Biol.* 2007;52(1):9-14. PMID:17049481. <http://dx.doi.org/10.1016/j.archoralbio.2006.07.004>
3. Gonçalves NCLAV, Valsecki Júnior A, Salvador LS, Bergamo GC. Efeito de solução fluoretada contendo xilitol e sorbitol no número de Estreptococos do grupo mutans na saliva de seres humanos. *Rev Panam de Salud Publica.* 2001;9(1):30-4. <http://dx.doi.org/10.1590/S1020-49892001000100007>
4. Chaves SCL, Vieira-da-Silva LM. As práticas preventivas no controle da cárie dental: uma síntese de pesquisas. *Cad Saúde Pública.* 2002;18(1):129-39. PMID:11910432. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2002000100014>
5. Leme AFP, Tenuta LMA, Del Bel Cury AA, Tabchoury CPM, Cury JA. Efeito da associação da aplicação de fluoreto profissional e uso de dentifrício no esmalte dental. *RGO – Rev Gaúcha Odontol.* 2007;55(1):35-40.
6. Morais AP, Souza IPR, Chevitaressa O. Estudo *in situ* do esmalte dental humano após aplicação de tetrafluoreto de titânio. *Pesqui Odontol Bras.* 2000;14(2):137-43. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-74912000000200008>
7. Úbeda LT, Cardoso VES, Buzalaf MAR. Fluoride uptake in dental enamel after using fluoridated dentifrice, preceded or not by a  $CaCl_2$  solution rinse. *J Appl Oral Sci.* 2005;13(4):418-23. PMID:20865230. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-77572005000400019>

8. Tenuta LMA, Cerezetti RV, Del Bel Cury AA, Tabchoury CPM, Cury JA. Fluoride release from CaF<sub>2</sub> and enamel demineralization. J Dent Res. 2008; 87(11):1032-6. PMID:18946010. <http://dx.doi.org/10.1177/154405910808701105>
9. Büyükyılmaz T, Sen BH, Ögaard B. Retention of titanium tetrafluoride(TiF<sub>4</sub>), used as fissure sealant on human deciduous molars. Acta Odontol Scand. 1997;55(2):73-8. PMID:9176652. <http://dx.doi.org/10.3109/00016359709115395>
10. Nóbrega CBC, Fujiwara FY, Cury JA, Rosalen PL. TiF<sub>4</sub> varnish- A 19F-NMR Stability study and enamel reactivity evaluation. Chem Pharm Bull. 2008;56(1): 139-41. PMID:18175996. <http://dx.doi.org/10.1248/cpb.56.139>
11. Magalhães AC, Rios D, Honório HM, Jorge JR, Delbem ACB, Buzalaf MAR. Effect of 4% titanium tetrafluoride solution on dental erosion by soft drink: an *in situ/ex vivo* study. Arch Oral Biol. 2008;53(5):399-404. PMID:18076864. <http://dx.doi.org/10.1016/j.archoralbio.2007.10.011>
12. Chevitaese AB, Chevitaese O, Chevitaese LM, Dutra PB. Titanium penetration in human enamel after TiF<sub>4</sub> application. J Clin Pediatr Dent. 2004;28(3):253-6. PMID:15163155.
13. Exterkate RA, Ten Cate JM. Effects of a new titanium fluoride derivative on enamel de- and remineralization. Eur J Oral Sci. 2007;115(2):143-7 PMID:17451505. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0722.2007.00431.x>
14. Ramos IA, Leite RB, Menezes KM, Jovito VC, Cavalcanti YW, Almeida LFD, et al. Efeito inibitório de enxaguatórios bucais sobre o crescimento de Lactobacilos casei. Rev Bras Odontol. 2012;69(1):107-10.
15. Arends J. The application of *in vitro* models to research on demineralization and remineralization of the teeth: reaction paper. Adv Dent Res. 1995;9(3):194-7.
16. White DJ. The application of *in vitro* models to research on demineralization and remineralization of the teeth. Adv Dent Res. 1995;9(3):175-93. PMID:8615942.
17. Lagerweij MD, Ten Cate JM. Remineralization of enamel lesions with daily applications of high-concentration fluoride gel and fluoridated toothpaste: an *in situ* study. Caries Res. 2002;36(4):270-4. <http://dx.doi.org/10.1159/000063929>
18. Suda R, Suzuki T, Takiguchi R, Egawa K, Sano T, Hasegawa K. The effect of adding calcium lactate to xylitol chewing gum on remineralization of enamel lesions. Caries Res. 2006;40(1):43-6 PMID:16352880. <http://dx.doi.org/10.1159/000088905>
19. Moreno HC, Zahradnik RT. Chemistry of enamel subsurface desmineralizations *in vitro*. J Dent Res. 1974;53(2):226-35. <http://dx.doi.org/10.1177/00220345740530020901>
20. Paradella, TC, Sousa FACG, Koga-Ito CY, Jorge AOC. Microbiological or chemical models of enamel secondary caries compared by polarized-light microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2009;90(2):635-40 PMID:19204918. <http://dx.doi.org/10.1002/jbm.b.31328>
21. Manguiera DFB, Passos IA, Pereira AMBC, Oliveira AFB. Cárie e erosão dentária: uma breve revisão. Odontol Clín-Cient. 2011;10(2):121-4.
22. Magalhães AC, Levy FM, Rizzante FA, Rios D, Buzalaf MAR. Effect of NaF and TiF<sub>4</sub> varnish and solution on bovine dentin erosion plus abrasion *in vitro*. Acta Odontol Scand. 2012; 70(2):160-4 PMID:21780973. <http://dx.doi.org/10.3109/00016357.2011.600711>
23. Nóbrega CBC. Desenvolvimento de um verniz a base de tetrafluoreto de titânio e avaliação da estabilidade química e atividade anticárie [tese doutorado]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia da UNICAMP; 2008.

## CONFLITOS DE INTERESSE

---

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

---

Ana Maria Gondim Valença

Departamento de Clínica e Odontologia Social, Curso de Odontologia, UFPB – Universidade Federal da Paraíba,  
Rua Cel. Miguel Satyro, 350/2301, Bairro Cabo Branco, 58045-110 João Pessoa - PB, Brasil  
e-mail: anamvalenca@gmail.com

Recebido: 17/04/2013

Aprovado: 30/09/2013