

Gabriel Gaban

Avaliação *in vitro* da capacidade de materiais que liberam trimetafosfato de sódio associado ou não ao fluoreto em promover a remineralização

Araçatuba – SP

2012

Gabriel Gaban

Avaliação *in vitro* da capacidade de materiais que liberam trimetafosfato de sódio associado ou não ao fluoreto em promover a remineralização

Trabalho de Conclusão de Curso como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Orientadora: Prof.^a Adj. Denise Pedrini Ostini

Araçatuba – SP

2012

Dedicatória

Aos meus pais, irmãos, sobrinhos, namorada e amigos, com amor, admiração e gratidão pela compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.

Agradecimentos

A todos os professores da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, que, nos anos de convivência, muito me ensinaram, contribuindo para meu crescimento científico e intelectual.

Aos Professores Denise Pedrini Ostini, Alberto Carlos Botazzo Delbem, Robson Frederico Cunha e Adelisa Rodolfo Ferreira Tiveron pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

À Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade de realização do curso de graduação.

...Mil cairão ao teu lado, e Dez mil à tua direita, mas tu não serás atingido...

Salmos 91:7

GABAN, G. **Avaliação *in vitro* da capacidade de materiais que liberam trimetafosfato de sódio associado ou não ao fluoreto em promover a remineralização.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2012.

Resumo

O objetivo deste estudo foi verificar *in vitro* a capacidade de materiais que liberam trimetafosfato de sódio associado ou não ao fluoreto em promover a remineralização em lesão artificial de cárie em esmalte. Foram selecionados 48 blocos de esmalte de incisivos bovinos (4x3x3 mm), pelo teste de dureza de superfície inicial (DS_1). Lesão de cárie artificial foi induzida nos blocos e após determinou-se a dureza de superfície pós-desmineralização (DS_2). Foram confeccionados 12 corpos-de-prova de cada material analisado: sem TMP e fluoreto de sódio; sem TMP e com fluoreto de sódio a 1,6%; com 14,1% de TMP com ou sem fluoreto de sódio a 1,6%. A seguir, foram adaptados aos blocos e submetidos às ciclagens de pH para promover a remineralização. Em seguida, foi realizada a dureza de superfície final (DS_3) para cálculo da porcentagem de recuperação da dureza de superfície ($\%DS_R$) e determinada a concentração de fluoreto ($\mu\text{g F/mm}^3$) presente no esmalte. Os resultados foram analisados estatisticamente considerando como fator de variação: materiais e as variáveis: porcentagem de recuperação de dureza de superfície ($\%DS_R$) e concentração de fluoreto ($\mu\text{g F/mm}^3$) presente no esmalte. Os dados obtidos de $\%DS_R$ apresentaram-se heterogêneos e foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis seguidos pelo teste de múltipla comparação de Student-Newman-Keuls. Os dados obtidos de $\mu\text{g F/mm}^3$ após transformação logarítmica e comprovação de sua homogeneidade, foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste de Bonferroni. O nível de significância estabelecido foi de 5%. Observou-se que os grupos controle e TMP 14,1% apresentaram menores $\%DS_R$ ($p=0,609$) e estatisticamente diferentes dos grupos NaF e TMP 14,1%+F ($p<0,001$), sendo estes semelhantes entre si ($p=0,531$). Os grupos controle e TMP 14,1% mostraram menores valores de fluoreto presente no esmalte, sendo semelhantes entre si ($p=0,512$). O grupo TMP 14,1%+F apresentou maior valor e diferente dos demais ($p<0,001$). Concluiu-se que o material que contém trimetafosfato de sódio associado ao fluoreto apresentou capacidade remineralizadora, sendo semelhante ao material com fluoreto.

Palavras-chave: materiais dentários; fluoreto de sódio; fosfatos.

GABAN, G. ***In vitro* evaluation of the capacity of materials which release sodium trimetaphosphate associated or not with fluoride in promoting remineralization.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2012.

Abstract

The purpose of this study was to verify *in vitro* the capacity of materials which release sodium trimetaphosphate (TMP), associated or not with fluoride, in promoting remineralization in artificial caries lesion in enamel. Forty-eight enamel blocks (4x3x3 mm) obtained from bovine incisors were selected through the initial surface hardness test (SH_1). Artificial caries lesions were induced on the blocks surface and, then, the post-demineralization surface hardness (SH_2) was determined. For each material to be analyzed, 12 specimens were fabricated: without TMP and sodium fluoride; without TMP and with 1.6% sodium fluoride; with 14.1% TMP with or without 1.6% sodium fluoride. These specimens were adjusted to the enamel blocks and submitted to pH cycling to promote the remineralization. After cycling, final surface hardness (SH_3) test was conducted on the specimens in order to calculate the percentage of surface hardness recovery ($\%SH_R$) and the concentration of fluoride ($\mu\text{g F}/\text{mm}^3$) on enamel was determined. The results were statistically analyzed considering as variation factors the materials and the variables: percentage of surface hardness recovery ($\%SH_R$) and fluoride concentration ($\mu\text{g F}/\text{mm}^3$) on enamel. The $\%SH_R$ data obtained was considered heterogeneous and, for this reason, were submitted to the Kruskal-Wallis test followed by the multiple comparison test of Student-Newman-Keuls. The $\mu\text{g F}/\text{mm}^3$ data obtained after logarithmic transformation and homogeneity verification were submitted to the Variance Analysis (ANOVA) followed by the Bonferroni test. The significance level established was 5%. Control and TMP 14.1% groups presented lower $\%SH_R$ ($p=0.609$) and statistically different from groups NaF and TMP 14.1%+F ($p<0.001$), which were statistically similar ($p=0.531$). Control and TMP 14.1% groups showed the lowest values of fluoride on enamel, being statistically similar ($p=0.512$). TMP 14.1%+F group presented the highest value and was different from the others ($p<0.001$). It was concluded that the material which contains sodium trimetaphosphate associated with fluoride presented remineralization capacity, being similar to the fluoride material.

Keywords: dental materials; sodium fluoride; phosphates.

Lista de Figuras

Figura 1	Confecção dos blocos em cortadeira elétrica.	12
Figura 2	Politriz utilizada para a planificação da dentina e polimento do esmalte.	14
Figura 3	Secção de 1 mm dos blocos no sentido transversal.	14
Figura 4	Microdurômetro acoplado ao Software para análise de imagem.	15
Figura 5	Matriz metálica com orifícios para inserção dos materiais.	16
Figura 6	Corpo-de-prova unido ao bloco de esmalte por cera pegajosa.	17
Figura 7	Blocos fixados em placa de acrílico e seccionados longitudinalmente.	18
Figura 8	A - Espécimes colados em mandril e posicionados em um microscópio modificado acoplado a um relógio comparador digital. B- Desgaste com lixa autoadesiva para remoção de camada de 50 μm de esmalte de cada espécime.	19
Figura 9	Análise de fluoreto presente no esmalte: A- Eletrodo específico Orion 9409-BN; B- Microeletrodo de referência; C- Analisador de íons Orion 720 A.	20
Figura 10	Porcentagem de recuperação da dureza de superfície (%DS _R) (média \pm dp, n=12) de acordo com os grupos. Letras distintas mostram diferença entre os grupos (Student-Newman-Keuls; p<0,001).	21
Figura 11	Representação gráfica da concentração (média \pm dp, n=12) de fluoreto ($\mu\text{g F}/\text{mm}^3$), de acordo com os grupos. Letras distintas mostram diferença entre os grupos (Bonferroni; p<0,001).	22

Sumário

1	Introdução	10
2	Objetivos	11
3	Material e Métodos	12
4	Resultados	21
5	Discussão	22
6	Conclusão	25
7	Referências	25

1 Introdução

Os métodos de prevenção quando aplicados adequadamente apresentam resultados efetivos na redução da cárie dentária. Dentre os agentes que têm o propósito de remineralizar ou minimizar a formação da cárie, podem-se incluir íons cálcio e fosfato da saliva ou de outras fontes (dentifrícios, goma de mascar, bebidas, soluções remineralizantes e materiais restauradores) (Skrtic et al., 2004; Tung & Eichmiller, 2004) bem como o fluoreto de fonte sistêmica (fluoretação da água e comprimidos) ou tópica (dentifrícios, vernizes, géis, goma de mascar e materiais restauradores) (Legeros, 1999).

O cálcio e o fosfato da saliva conferem proteção natural contra a perda mineral do dente. Em resposta à dissolução do esmalte, os íons cálcio e fosfato são absorvidos na forma de hidroxiapatita, reparando a perda mineral do esmalte. Contudo, quando apenas cálcio e fosfato salivar estiverem disponíveis, a remineralização ocorrerá somente na parte mais superficial da lesão, havendo apenas uma paralisação do processo de desmineralização no restante da lesão (Kardos et al., 1999). Como método adicional de controle da cárie, o fluoreto presente no ambiente bucal tem exercido um importante papel na estrutura dentária, diminuindo a desmineralização e potencializando a remineralização (Ten Cate, 1990). Entretanto, o efeito do fluoreto pode ser limitado pela disponibilidade de cálcio e fosfato no local da lesão (Kardos et al., 1999) ou na saliva (Schemehorn et al., 1999a).

Estudos demonstraram a atividade anticariogênica dos sais de fosfato (Harris et al., 1967; Gonzalez, 1971; Larson et al., 1972; Gonzalez et al., 1973; Städtler et al., 1996). Dentre eles, o trimetafosfato de sódio (TMP) parece ser o mais efetivo (Harris et al., 1967). Estudos experimentais em animais mostraram

que o uso do TMP como um suplemento da dieta pode levar a substancial redução da cárie dentária (Henry & Navia, 1969). Em acréscimo, foi demonstrado que o uso de TMP em dentifrícios fluoretados ou não apresentaram uma redução da perda mineral com aumento da concentração no produto (Takeshita et al., 2009). Entretanto, seu mecanismo de ação é ainda indefinido (Roberts, 1995).

Diante disso, seria interessante desenvolver formulações baseadas nas propriedades do TMP, bem como o aprimoramento de suas propriedades e associações com produtos que possuem potencial remineralizador. Uma concentração suplementar de íons fosfato quando fornecida sem insolubilizar o fluoreto, poderia aumentar sua eficiência. Em estudo *in vitro* foi adicionado a uma resina composta diferentes concentrações de TMP observando um melhor efeito anticárie com uma quantidade de 14,1% associado ao fluoreto (Tiveron, 2011). Estes resultados estiveram relacionados a uma maior capacidade do material em liberar F e TMP com pouca alteração na dureza da resina.

Uma vez que uma nova composição de resina foi desenvolvida há necessidade de avaliar se a associação TMP e F ativaria o processo de remineralização do esmalte dentário. Portanto, diante da ausência de estudos na literatura considerou-se importante verificar *in vitro* a capacidade de materiais contendo TMP associado ou não ao F em promover a remineralização do esmalte.

2 Objetivos

O objetivo deste estudo foi verificar *in vitro* a capacidade de materiais que liberam trimetafosfato de sódio associado ou não ao fluoreto em promover a remineralização.

3 Material e Métodos

3.1. Preparo dos blocos de esmalte

Para a realização deste estudo foram utilizados dentes incisivos bovinos, os quais foram mantidos em formol a 2%, pH 7,0, durante 30 dias antes de qualquer procedimento experimental (Cury et al., 1997; Delbem & Cury, 2002).

Após a separação da raiz, a coroa foi fixada em placa de acrílico para a secção da porção palatina em cortadeira elétrica (Isomet Low Speed Saw, Buehler, Lake Bluff, IL, USA), sob refrigeração com água deionizada. A porção vestibular da coroa foi fixada na placa de acrílico para obtenção do bloco de esmalte. Foram realizadas 4 secções, na porção mais plana do bloco, sendo duas no sentido longitudinal e duas no sentido transversal da coroa, obtendo blocos medindo 4x4x3 mm (Figura 1). Durante os procedimentos, os blocos foram mantidos em ambiente úmido (recipientes plásticos + gaze embebida em formol a 2%, pH 7,0) (Featherstone & Zero, 1992; Vieira et al., 2005).



Figura 1 - Confecção dos blocos em cortadeira elétrica.

Após a obtenção dos blocos de esmalte, realizou-se o ajuste da dentina para obtenção de superfícies paralelas entre esmalte e dentina (espessura ± 2

mm). Os blocos foram fixados em discos de resina acrílica pré-fabricada (± 3 cm de diâmetro por ± 12 mm de espessura), com auxílio de cera pegajosa (Kota Indústria e Comércio LTDA, São Paulo, SP, Brasil), com a superfície dentinária voltada para cima, sendo este conjunto levado a politriz (Phoenix Beta-Vector, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) (Figura 2). Para o desgaste utilizou-se lixas de granulação 320 (Carbimet Paper Discs, 30-5108-320, Buehler, Lake Bluff, IL, USA), 4 libras de carga, sob baixa rotação e refrigeração e tempo de 20 segundos. Em seguida, os blocos foram removidos e fixados novamente com a superfície do esmalte voltada para cima a qual foi polida de acordo com a seguinte seqüência: lixas de granulação 600 e 1200, 4 libras de carga, tempo de 30 segundos cada, sob refrigeração a água. Entre cada polimento, os blocos de esmalte foram submetidos ao ultra-som (Branson 2210, Branson Ultrasonics Corporation, Danbury, CT, USA), em água deionizada durante 2 minutos. Na seqüência, o esmalte foi polido com papel feltro para polimento (Polishing Cloth Buehler 40-7618, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) e suspensão de diamante (Metadi Monocrystalline Diamond Suspension, 1 micron, Blue Color Polish Spray, Water Base 40-6530 – Buehler, Lake Bluff, IL, USA), 4 libras de carga durante 1 minuto.

A seguir, os blocos foram lavados com jato de água deionizada durante 30 segundos e submetidos ao ultra-som (Branson 2210), durante 2 minutos, imersos em solução de limpeza (Ultramet Sonic Cleaning Solution, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) diluída na proporção 20:1 em água destilada. Finalmente, os blocos foram lavados em jatos de água deionizada durante 30 segundos, e após, conservados em ambiente úmido. O polimento resultou na remoção de aproximadamente 120 μm em profundidade do esmalte.



Figura 2 - Politriz utilizada para a planificação da dentina e polimento do esmalte.

Após o polimento, secções transversais foram realizadas a uma distância de 1 mm da borda do bloco, em cortadeira sob refrigeração a água destilada/deionizada (Figura 3). A parte maior (4x3x3 mm) do bloco foi utilizada no experimento, sendo a menor parte descartada. Devido à curvatura do bloco (característica da face vestibular), o polimento se torna deficiente em sua periferia, sendo necessária a secção transversal para manter uma superfície polida na borda do bloco que entra em contato com o material.

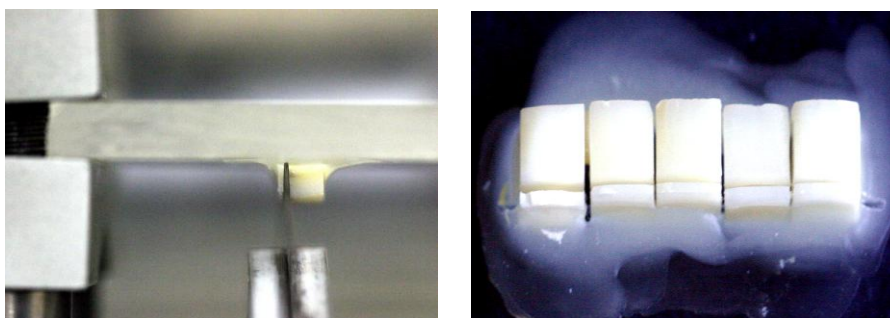


Figura 3 - Secção de 1 mm dos blocos no sentido transversal.

3.2. Análise de dureza de superfície do esmalte

Para o teste de dureza de superfície inicial (DS_1) foi utilizado o microdurômetro Shimadzu Micro Hardness Tester HMV-2.000 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan), com penetrador tipo Knoop, carga estática de 25 gramas e tempo de 10 segundos (Argenta et al., 2003), acoplado ao “Software” para análise de imagem CAMS-WIN (NewAge Industries, Inc., Southampton, PA, USA) (Figura 4). Foram realizadas 5 impressões no esmalte separadas entre si por uma distância de 100 μm , na distância de 300 μm da borda seccionada (Rodrigues et al., 2008). Foram selecionados 48 blocos que apresentaram dureza entre 320 a 380 Kg/mm^2 .



Figura 4 - Microdurômetro acoplado ao Software para análise de imagem.

3.3. *Indução da lesão artificial de cárie*

Após o teste de dureza de superfície inicial (DS_1), a superfície de cada bloco, exceto esmalte, foi isolada com uma fina camada de esmalte cosmético de unha. Lesões artificiais de cárie foram produzidas através da imersão em solução contendo 1,3 mmol/L Ca, 0,78 mmol/L P em tampão acetato 0,05 mol/L, em pH 5,0; 0,03 ppm F (2 mL/ mm^2), por um período de 16 horas, a uma temperatura de 37°C (Queiroz et al., 2008). Os blocos foram submetidos à dureza de superfície pós-desmineralização (DS_2), sendo realizadas 5

impressões entre as 5 iniciais (DS_1) na distância de 300 μm da borda seccionada, com carga estática de 25 gramas e tempo de 10 segundos.

3.4. *Confeção do material e adaptação ao bloco de esmalte*

Foram confeccionados 12 corpos-de-prova para cada material analisado: resina composta fluida de média viscosidade (FGM Produtos Odontológicos LTDA, Joinville, SC, Brasil) sem TMP e fluoreto de sódio (controle); sem TMP e com fluoreto de sódio a 1,6% (NaF); com 14,1% de TMP com ou sem fluoreto de sódio a 1,6%. Os corpos-de-prova foram obtidos a partir de matrizes metálicas que apresentam uma cavidade de 3 mm de largura, 2 mm de altura e 1 mm de espessura (Figura 5).

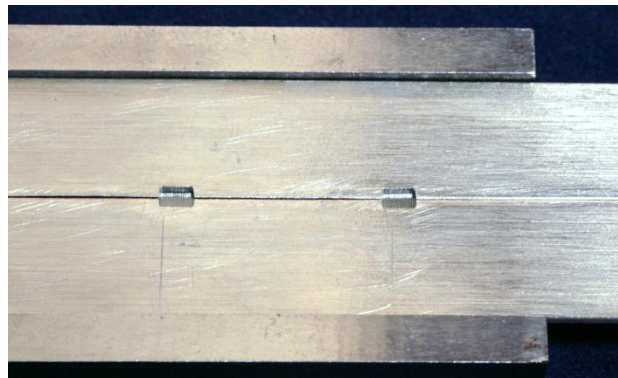


Figura 5 - Matriz metálica com orifícios para inserção dos materiais.

Os materiais foram inseridos em um único incremento na cavidade da matriz, com o objetivo de evitar a inclusão de bolhas de ar durante os procedimentos de inserção. A seguir, a superfície do material foi recoberta com tira matriz de poliéster, seguida da aplicação de uma lâmina de vidro. Nestas condições, foi aplicada força durante 10 segundos, para que houvesse o extravasamento do excesso do material. A fotopolimerização foi realizada com auxílio de aparelho fotopolimerizador VIP (Bisco, Schaumburg, IL, USA), por

período de 40 segundos, nas superfícies superior e inferior (Silva et al., 2007). Após o endurecimento, os excessos foram cuidadosamente removidos. Os corpos-de-prova foram justapostos às bordas seccionadas dos blocos de esmalte e fixados com auxílio de cera pegajosa (Figura 6).

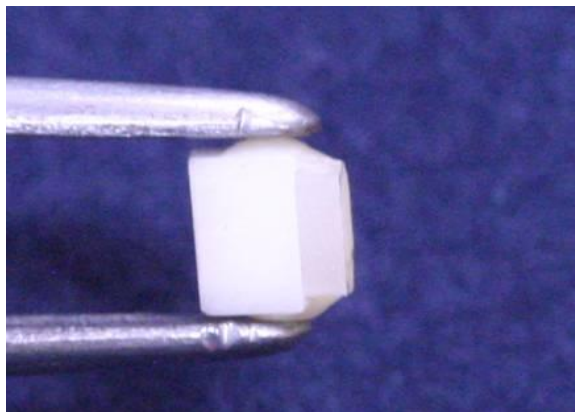


Figura 6 - Corpo-de-prova unido ao bloco de esmalte por cera pegajosa.

3.5. Ciclagem de Des-Remineralização

Esta fase avaliou o efeito do trimetafosfato de sódio e/ou fluoreto em promover a remineralização da lesão de cárie artificial, utilizando o modelo preconizado por Vieira et al., 2005. Os blocos + corpos-de-prova foram submetidos individualmente durante seis dias a seis ciclagens de pH, a uma temperatura de 37°C, sendo imersos em solução remineralizadora – RE (1,5 mmol/L Ca, 0,9 mmol/L P, 0,15 mol/L KCl em tampão cacodilato 0,02 mol/L, 0,04 ppm F, em pH 7,0; 4 mL por bloco), a qual foi trocada duas vezes ao dia (8 e 16 horas). Os desafios cariogênicos foram realizados com a solução desmineralizadora – DES (2,0 mmol/L Ca e P em tampão acetato 0,075 mol/L, 0,03 ppm F, em pH 4,7; 12 mL para cada bloco) durante duas horas (12 às 14 horas). Os blocos foram lavados com jatos de água destilada/deionizada por 30

segundos, após remoção das soluções DES/RE, que foram trocadas diariamente.

Concluídas as 6 ciclagens de pH, os materiais unidos aos blocos de esmalte foram removidos e submetidos ao teste de dureza de superfície final (DS₃). A 300 µm do material foram realizadas 5 impressões, com carga estática de 25 gramas e tempo de 10 segundos, entre as iniciais (DS₁) e as pós-desmineralização (DS₂), separadas entre si por uma distância de 100 µm. Foi avaliada, a seguir, a porcentagem de recuperação da dureza de superfície ($\%DS_R = \frac{DS_3 - DS_2}{DS_1 - DS_2} \times 100$).

3.6. Análise de fluoreto presente no esmalte

Após a ciclagem de pH, foi realizada secção para obter blocos de 2x1x3 mm (Figura 7) os quais foram submetidos ao procedimento de microabrasão, baseado no trabalho de Alves et al., 2007.



Figura 7 - Blocos fixados em placa de acrílico e seccionados longitudinalmente.

Inicialmente, os blocos foram medidos com paquímetro digital (Mitutoyo CD-15B, Mitutoyo Sul Americana, Suzano, SP, Brasil) para obtenção da área da superfície do esmalte. Os blocos foram colados em mandril e posicionados em

um microscópio modificado acoplado a um relógio comparador digital (Mitutoyo 543-250B, Mitutoyo Sul Americana, Suzano, SP, Brasil) (Figura 8A). A seguir, foi realizado desgaste com disco de lixa auto-adesiva (13 mm de diâmetro) de granulação 400 (Silicon-Carbide, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) em frasco de poliestireno cristal (J-10, Injeplast, São Paulo, SP, Brasil) para remoção de uma camada de 50 μm de esmalte de cada bloco (Figura 8B).

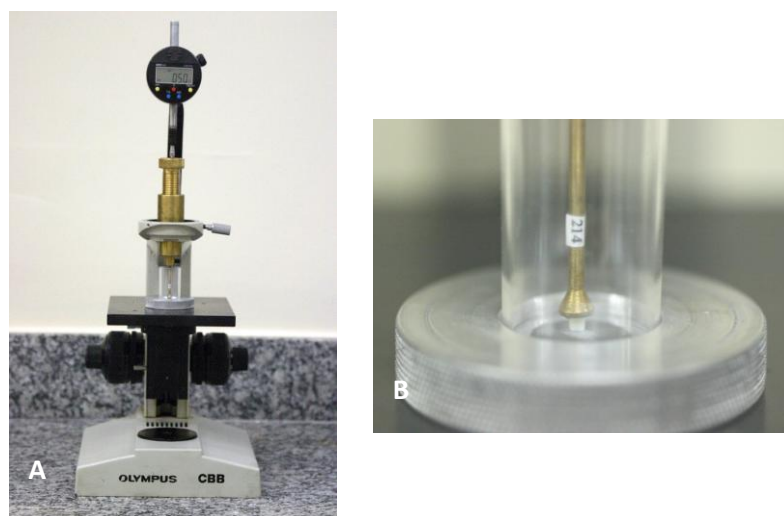


Figura 8 - A - Espécimes colados em mandril e posicionados em um microscópio modificado acoplado a um relógio comparador digital. B- Desgaste com lixa autoadesiva para remoção de camada de 50 μm de esmalte de cada espécime.

No interior dos frascos foi acrescentado 0,5 mL de HCl 1,0 mol/L. Os frascos mantidos sob agitação constante por 60 minutos em mesa agitadora (TE-420 Orbital – Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil), seguido da adição de 0,5 mL de NaOH 1,0 mol/L. Para análise de fluoreto foi utilizado o eletrodo íon específico Orion 9409-BN (Orion Research, Inc., Beverly, MA, USA) e um microeletrodo de referência (Analyser Comércio e Indústria LTDA, São Paulo, SP), previamente calibrado com soluções padrão (0,04 a 0,64 μg F/mL), acoplados a um analisador de íons Orion 720 A (Orion Research, Inc., Beverly,

MA, USA) (Figura 9). Antes das leituras, foi acrescentado às amostras, TISAB III (“tampão ajustador de força iônica total”, Orion Research Inc, Beverly, MA, USA). Os valores foram expressos em $\mu\text{g F}/\text{mm}^3$.

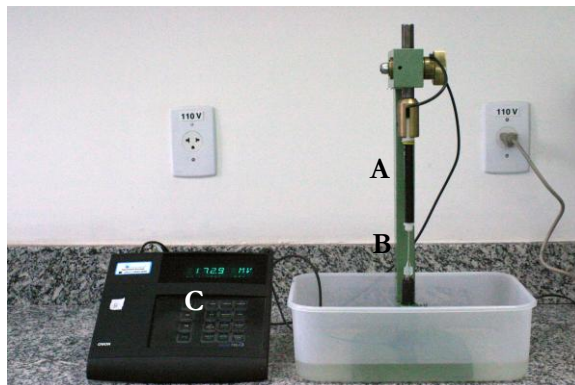


Figura 9 - Análise de fluoreto presente no esmalte: A- Eletrodo específico Orion 9409-BN; B- Microeletrodo de referência; C- Analisador de íons Orion 720 A.

3.7. Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente considerando como fator de variação os materiais e as variáveis porcentagem de recuperação de dureza de superfície ($\%DS_R$) e concentração de fluoreto ($\mu\text{g F}/\text{mm}^3$) presente no esmalte. Os dados obtidos de $\%DS_R$ apresentaram-se heterogêneos e foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis seguidos pelo teste de múltipla comparação de Student-Newman-Keuls. Os dados obtidos de $\mu\text{g F}/\text{mm}^3$ após transformação logarítmica e comprovação de sua homogeneidade, foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste de Bonferroni. As análises foram feitas utilizando o software BioEstat 5.0 e o nível de significância estabelecido foi de 5%.

4 Resultados

Analisando a Figura 10, observou-se que os grupos controle e TMP 14,1% apresentaram menores porcentagens de recuperação de dureza de superfície ($p=0,609$) e estatisticamente diferentes dos grupos NaF e TMP 14,1%+F ($p<0,001$), sendo estes semelhantes entre si ($p=0,531$).

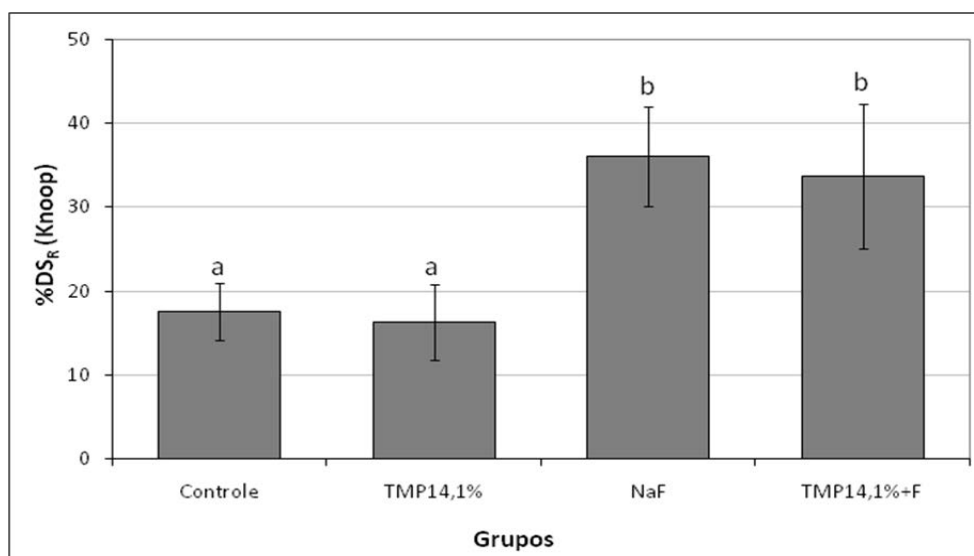


Figura 10 - Porcentagem de recuperação da dureza de superfície (%DS_R) (média \pm dp, n=12) de acordo com os grupos. Letras distintas mostram diferença entre os grupos (Student-Newman-Keuls; $p<0,001$).

Para a concentração de fluoreto presente no esmalte, a Figura 11 mostrou que os grupos controle e TMP 14,1% mostraram menores valores de fluoreto, sendo semelhantes entre si ($p=0,512$). O grupo TMP 14%+F apresentou maior valor e diferente dos demais ($p<0,001$).

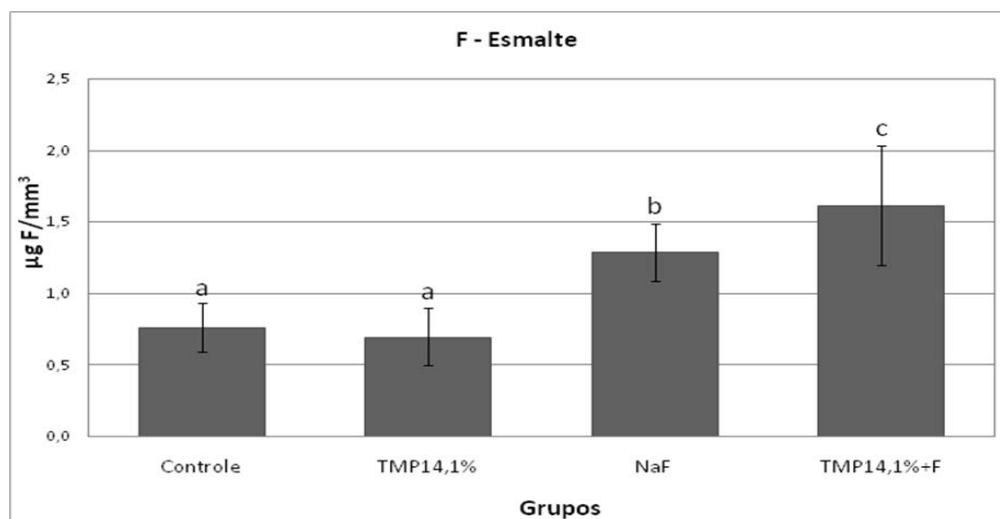


Figura 11 - Representação gráfica da concentração (média \pm dp, n=12) de fluoreto ($\mu\text{g F/mm}^3$), de acordo com os grupos. Letras distintas mostram diferença entre os grupos (Bonferroni; $p < 0,001$).

5 Discussão

A introdução do fluoreto na década de 50, como principal agente químico de prevenção da cárie dentária, causou uma redução em sua incidência. O sucesso obtido pela utilização do fluoreto levou sua adição não só na água de abastecimento público, como também em vários produtos odontológicos. Uma das formas para aumentar sua efetividade seria adição de agentes alternativos que proporcionem uma ação anticariogênica adicional (Roberts, 1995). Entretanto, a combinação do fluoreto e outros suplementos deve ser realizada de maneira ponderada para evitar que o fluoreto torne-se indisponível.

A suplementação com sais de cálcio e fosfato tem sido uma das alternativas para aumentar a efetividade do fluoreto. Embora o processo da remineralização seja intensificado pela presença do fluoreto, depende primariamente da disponibilidade desses íons na saliva (Schemehorn et al., 1999a,b). A presença

desses íons no ambiente bucal durante o desafio cariogênico proporciona uma diminuição no processo de desmineralização e um aumento no processo de remineralização do esmalte dentário (Ten Cate, 1990).

A associação de fosfatos à redução da cárie dentária teve início na década de 60 (Harris et al., 1967; Henry & Navia, 1969; Gonzalez, 1971; Larson et al., 1972; Gonzalez et al., 1973; Städtler et al., 1996), quando foram adicionados em dietas (Harris et al., 1967; Henry & Navia, 1969; Larson et al., 1972), gomas de mascar (Finn et al., 1978; Vogel et al., 2000) e mais tarde em dentifrícios (Städtler et al., 1996; O'Mullane et al., 1997; Takeshita et al., 2009). Dentre os vários sais de fosfato, o trimetafosfato de sódio apresentou maior ação anticariogênica (Harris et al., 1967). Os polifosfatos com cadeia linear apresentam uma grande afinidade pela hidroxiapatita (HA) mostrando capacidade de permanecer durante sucessivos desafios ácidos e reduzir a dissolução (Barbour et al., 2005). O TMP é um fosfato de cadeia cíclica condensada onde sua propriedade de ligação com a HA é menor do que os polifosfatos, porém o TMP permanece ligado ao esmalte por um maior período de tempo (McGaughey & Stowell, 1977). De acordo com Gonzalez (1971), o TMP preservaria a estabilidade e a integridade do esmalte dentário durante o desafio ácido.

Frente a novos materiais que vem sendo introduzidos na prática odontológica além de ser importante estudar e comprovar suas propriedades, é interessante propor modificações ou associações que possam contribuir para o seu melhor desempenho. Considerando a falta de estudos sobre o efeito de materiais restauradores contendo TMP associado ou não ao fluoreto na

remineralização do esmalte considerou-se importante verificar a sua capacidade remineralizadora.

Em nosso estudo, a adição de TMP ao fluoreto permitiu uma maior incorporação de fluoreto no esmalte durante a remineralização. Estudo *in vitro* utilizando hidroxiapatita (Souza et al., 2011) mostrou que a associação TMP/fluoreto aumenta em até 4 vezes a formação de fluoreto de cálcio (CaF_2). O CaF_2 é o produto depositado na superfície do esmalte responsável pela ação cariostática dos produtos odontológicos que contêm fluoreto (Øgaard, 2001). Em estudo *in vitro* observou-se uma maior presença de fluoreto no esmalte com o aumento da concentração de TMP (Takeshita et al., 2009). O TMP é adsorvido ao esmalte alterando sua permeabilidade seletiva, reduzindo ou facilitando a difusão de íons entre a solução e o esmalte (van Dijk et al., 1980; Tung & Brown, 1983; Brown & Chow, 1986). O TMP associado ao fluoreto favorece uma maior precipitação mineral em profundidade na lesão de cárie do que na superfície do esmalte (Takeshita et al., 2011). Isto pode explicar uma dureza de superfície semelhante entre os grupos NaF e TMP14,1%+F, mesmo este último apresentando maior presença de fluoreto no esmalte. Este fenômeno foi também observado por Takeshita et al. (2009) quando comparou dentifrícios fluoretados associados ao TMP. Assim, esses dados deste estudo não são definitivos, necessitando analisar o conteúdo mineral no corpo da lesão e a concentração de cálcio e fósforo no esmalte após a remineralização.

6 Conclusão

Baseado no método utilizado, concluiu-se que o material que contém trimetafosfato de sódio associado ao fluoreto apresentou capacidade remineralizadora, sendo semelhante ao material com fluoreto.

7 Referências

Alves KMRP, Pessan JP, Brighenti FL, Franco KS, Oliveira FAL, Buzalaf MAR, Sasaki KT, Delbem ACB. *In vitro* evaluation of the effectiveness of acidic fluoride dentifrices. *Caries Research* 2007; **41**:263-7.

Argenta RMO, Tabchoury CPM, Cury JA. A modified pH-cycling model to evaluate fluoride effect on enamel demineralization. *Pesquisa Odontológica Brasileira* 2003; **17**:241-6.

Barbour ME, Shellis RP, Parker DM, Allen GC, Addy M. An investigation of some food-approved polymers as agents to inhibit hydroxyapatite dissolution. *European Journal of Oral Sciences* 2005; **113**:457-61.

Brown WE, Chow LC. Effects of neutral salts in a bench-scale caries model. *Journal of Dental Research* 1986; **65**:1115-20.

Cury JA, Rebello MA, Del Bel Cury AA. *In situ* relationship between sucrose exposure and the composition of dental plaque. *Caries Research* 1997; **31**:356-60.

Delbem ACB, Cury JA. Effect of application time of APF and NAF gels on microhardness and fluoride uptake of *in vitro* enamel caries. *American Journal of Dentistry* 2002; **15**:169-72.

Featherstone JDB, Zero DT. An *in situ* model for simultaneous assessment of inhibition of demineralization and enhancement of remineralization. *Journal of Dental Research* 1992; **71**:804-10.

Finn SB, Frew RA, Leibowitz R, Morse W, Manson-Hing L, Brunelle J. The effect of sodium trimetaphosphate (TMP) as a chewing gum additive on caries increments in children. *Journal of the American Dental Association* 1978; **96**:651-5.

Gonzalez M. Effect of trimetaphosphate ions on the process of mineralization. *Journal of Dental Research* 1971; **50**:1056-64.

Gonzalez M, Jeansonne BG, Feagin FF. Trimetaphosphate and fluoride actions on mineralization at the enamel-solution interface. *Journal of Dental Research* 1973; **52**:261-6.

Harris RS, Nizel AE, Walsh BN. The effect of phosphate structure on dental caries development in rats. *Journal of Dental Research* 1967; **46**:290-4.

Henry CA, Navia JM. Sodium trimetaphosphate influence on the early development of rat caries and concurrent microbial changes. *Caries Research* 1969; **3**:326-38.

Kardos S, Shi B, Sipos T. The *in vitro* demineralization potential of a sodium fluoride, calcium and phosphate ion-containing dentifrice under various experimental conditions. *The Journal of Clinical Dentistry* 1999; **10**:22-5.

Larson RH, Spalter CD, Clemmer BA, Scherp HW. Continuous versus intermittent feedings of different levels of trimetaphosphate in relation to caries development in the rat. *Archives of Oral Biology* 1972; **17**:1537-41.

Legeros RZ. Calcium phosphates in demineralization/remineralization processes. *The Journal of Clinical Dentistry* 1999; **10**:65-73.

McGaughey C, Stowell EC. Effects of polyphosphates on the solubility and mineralization of HA: relevance to a rationale for anticaries activity. *Journal of Dental Research* 1977; **56**:579-87.

Ögaard B. CaF₂ formation: cariostatic properties and factors of enhancing the effect. *Caries Research* 2001; **35**:40-4.

O'Mullane DM, Kavanagh D, Ellwood RP, Chesters RK, Schafer F, Huntington E, Jones PR. A three-year clinical trial of a combination of trimetaphosphate and sodium fluoride in silica toothpaste. *Journal of Dental Research* 1997; **76**:1776-81.

Queiroz CS, Hara AT, Leme FP, Cury JA. pH-cycling models to evaluate the effect of low fluoride dentifrice on enamel de- and remineralization. *Brazilian Dental Journal* 2008; **19**:21-7.

Roberts AJ. Role of models in assessing new agents for caries prevention--non-fluoride systems. *Advances in Dental Research* 1995; **9**:304-11.

Rodrigues E, Delbem ACB, Pedrini D, Oliveira MSR. pH-cycling model to verify the efficacy of fluoride-releasing materials in enamel demineralization. *Operative Dentistry* 2008; **33**:658-65.

Schemehorn BR, Orban JC, Wood GD, Fischer GM, Winston AE. Remineralization by fluoride enhanced with calcium and phosphate ingredients. *Journal of Clinical Dentistry* 1999a; **10**:13-6.

Schemehorn BR, Wood GD, Winston AE. Laboratory enamel solubility reduction and fluoride uptake from enamel on dentifrice. *Journal of Clinical Dentistry* 1999b; **10**:9-12.

Silva KG, Pedrini D, Delbem ACB, Cannon M. Effect of pH variations in a cycling model on the properties of restorative materials *Operative Dentistry* 2007; **32**:328-35.

Skrtic D, Antonucci JM, McDonough WG, Liu DW. Effect of chemical structure and composition of the resin phase on mechanical strength and vinyl conversion of amorphous calcium phosphate-based composites. *Journal of Biomedical Materials Research* 2004; **68**:763-72.

Souza JAS, Takeshita EM, Zaze ACSF, Sasaki KT, Moraes JCS, Delbem ACB. Ação do trimetafosfato de sódio associado ao fluoreto sobre a hidroxiapatita: análise bioquímica e estrutural. *Brazilian Oral Research* 2011; **25**(Suppl. 1):90. (Resumo PIb044).

Städtler P, Müller-Bruckschwaiger K, Schäfer F, Huntington E. The effect of sodium trimetaphosphate on caries: a 3-year clinical toothpaste trial. *Caries Research* 1996; **30**:418-22.

Takeshita EM, Castro LP, Sasaki KT, Delbem AC. *In vitro* evaluation of dentifrice with low fluoride content supplemented with trimetaphosphate. *Caries Research* 2009; **43**:50-6.

Takeshita EM, Exterkate RAM, Delbem ACB, Ten Cate JM. Evaluation of different fluoride concentrations supplemented with trimetaphosphate on enamel de- and remineralization. *Caries Research* 2011; **45**:494-7.

Ten Cate JM. *In vitro* studies on the effects of fluoride on de- and remineralization. *Journal of Dental Research* 1990; **69**:614-9.

Tiveron ARF. Avaliação da capacidade de resinas compostas contendo trimetafosfato de sódio associado ou não ao fluoreto em reduzir a

desmineralização e promover a remineralização *in vitro* [tese]. Araçatuba: Universidade Estadual Paulista, 2011. 89p.

Tung MS, Brown WE. Characterization and modification of electrochemical properties of teeth. *Journal of Dental Research* 1983; **62**:60-4.

Tung MS, Eichmiller FC. Amorphous calcium phosphates for tooth mineralization. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 2004; **25**:9-13.

Van Dijk JW, Borggreven JM, Driessens FC. The effect of some phosphates and a phosphonate on the electrochemical properties of bovine enamel. *Archives of Oral Biology* 1980; **25**:591-5.

Vieira AEM, Delbem ACB, Sasaki KT, Rodrigues E, Cunha RF, Cury JA. Fluoride dose response in pH-cycling models using bovine enamel. *Caries Research* 2005; **39**:514-20.

Vogel GL, Zhang Z, Carey CM, Ly A, Chow LC, Proskin HM. Composition of plaque and saliva following use of an α -tricalcium-phosphate-containing chewing gum and a subsequent challenge. *Journal of Dental Research* 2000; **79**:58-62.