

DENTIFRÍCIOS REMINERALIZANTES: QUAIS SUAS IMPLICAÇÕES NO MANEJO DA EROÇÃO DENTINÁRIA? UM ESTUDO *IN VITRO*

Ana Maria Neves Damião¹;

¹Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará.

<https://lattes.cnpq.br/0023140826578428>

Allícia Drielly Abreu Silva²;

²Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará.

<http://lattes.cnpq.br/8367273319263000>

Jesuina Lamartine Nogueira Araújo³;

³Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará.

<http://lattes.cnpq.br/4860837494466416>

Cecy Martins Silva⁴.

⁴Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará.

<http://lattes.cnpq.br/3349622952425723>

RESUMO: Este estudo *in vitro* avaliou a ação de diferentes dentifrícios sobre a morfologia da dentina erodida. Foram preparadas 75 amostras de dentina cervical bovina, divididas em cinco grupos (n=15): GC – dentifrício sem flúor (controle negativo); GSnF₂ – dentifrício antierosivo com SnF₂ (controle positivo); GACPCPPF – dentifrício com fosfopeptídeo de caseína e fosfato de cálcio amorfo fluoretado (ACP-CPPF); GnanoHAP – dentifrício com nano-hidroxiapatita; GHAP+F – dentifrício com hidroxiapatita, flúor e xilitol. Para indução da lesão erosiva inicial, os espécimes foram expostos ao ácido cítrico por 10 minutos. Em seguida, receberam os dentifrícios e foram submetidos a um protocolo erosivo-abrasivo por 5 dias. Foram realizadas análises de microdureza KHN e microscopia confocal a laser 3D. Os dados foram analisados por ANOVA de duas vias, ANOVA/Tukey e teste t pareado ($\alpha=0,05$). Todos os grupos, exceto o GC, apresentaram aumento significativo da microdureza. GACPCPPF mostrou menor perda de volume e rugosidade. Os dentifrícios remineralizantes protegeram a dentina erodida contra perda mineral, com destaque para o ACP-CPPF, seguido pelo HAP+F.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão dentária. Dentina. Dentifrícios.

REMINERALIZING TOOTHPASTES: WHAT ARE THEIR IMPLICATIONS IN THE MANAGEMENT OF DENTIN EROSION? AN *IN VITRO* STUDY

ABSTRACT: This *in vitro* study evaluated the effects of different dentifrices on the morphology of eroded dentin. Seventy-five bovine cervical dentin samples were prepared and divided into five groups (n=15): CG – fluoride-free dentifrice (negative control); GSnF₂ – anti-erosive dentifrice containing SnF₂ (positive control); GACPCPPF – dentifrice containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate fluoride (ACP-CPPF); GnanoHAP – dentifrice containing nanohydroxyapatite; and GHAP+F – dentifrice containing hydroxyapatite, fluoride, and xylitol. To induce the initial erosive lesion, specimens were exposed to citric acid solution for 10 minutes. Subsequently, the samples received the dentifrices and were subjected to a 5-day erosive-abrasive cycling protocol. KHN microhardness and 3D laser scanning confocal microscopy analyses were performed. Data were analyzed using two-way ANOVA, ANOVA/Tukey, and paired t-test ($\alpha=0.05$). All experimental groups, except CG, showed a significant increase in microhardness. GACPCPPF demonstrated lower volume loss and roughness values. Remineralizing dentifrices protected eroded dentin against mineral loss, especially ACP-CPPF, followed by HAP+F.

KEY-WORDS: Tooth erosion. Dentin. Toothpastes.

INTRODUÇÃO

O Desgaste Dentário Erosivo (DDE) é uma condição multifatorial caracterizada pela perda progressiva e irreversível de tecido mineralizado causada por ácidos não bacterianos. Entre os fatores associados ao desenvolvimento dessa condição destacam-se fatores intrínsecos, como refluxo gastroesofágico, e fatores extrínsecos, como dieta rica em alimentos e bebidas ácidas, hábitos inadequados e estresse diário. A prevalência do DDE vem aumentando significativamente, afetando estética, função e qualidade de vida dos pacientes.

A dentina apresenta maior suscetibilidade ao desgaste erosivo em comparação ao esmalte devido à sua composição orgânica e menor grau de mineralização. O processo erosivo inicia-se na dentina peritubular, levando posteriormente à dissolução da hidroxiapatita da dentina intertubular e exposição da matriz de colágeno. Em meio ácido, enzimas como metaloproteinases matriciais (MMPs) e catepsinas são ativadas, promovendo degradação da matriz orgânica desmineralizada.

Diversas estratégias têm sido propostas para prevenção e controle da erosão dentária, incluindo agentes remineralizantes e compostos fluoretados. O flúor favorece a formação de uma camada mineral protetora na superfície dentária, reduzindo a desmineralização e aumentando a resistência aos desafios ácidos. Formulações contendo flúor estano (SnF₂) demonstram eficácia devido à formação de depósitos resistentes à ação ácida.

Entre os agentes remineralizantes, o composto caseína fosfopeptídeo-fosfato de cálcio amorfo (ACP-CPPF) tem recebido destaque por atuar como fonte biodisponível de cálcio e fosfato, favorecendo a remineralização das lesões erosivas. Outro material promissor é a nanohidroxiapatita (nano-HAP), capaz de penetrar na matriz colágena desmineralizada, fornecendo íons essenciais para recuperação mineral.

Recentemente, formulações contendo hidroxiapatita associada ao flúor e xilitol (HAP+F) passaram a ser estudadas devido à sua capacidade de formar depósitos minerais e atuar como camada sacrificial frente aos desafios erosivos. Apesar dos resultados promissores observados no esmalte, ainda existem poucos estudos avaliando seus efeitos sobre a dentina erodida.

Diante da ausência de um tratamento considerado 'padrão-ouro' para o controle do DDE, torna-se importante investigar o potencial antierosivo de diferentes dentifrícios remineralizantes. Assim, este estudo *in vitro* teve como objetivo avaliar a ação de diferentes dentifrícios sobre a morfologia da dentina erodida.

METODOLOGIA

1. Delineamento experimental

Este estudo *in vitro* utilizou 75 amostras de dentina bovina, divididas em cinco grupos experimentais (n=15): GC- dentifrício sem flúor (controle negativo); GSnF₂- dentifrício com fluoreto de estanho; GACPCPPF- dentifrício contendo ACP-CPPF; GnanoHAP- dentifrício contendo nanohidroxiapatita; GHAP+F- dentifrício contendo hidroxiapatita, flúor e xilitol.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: microdureza Knoop (KHN), rugosidade superficial linear (Ra), rugosidade volumétrica (Sa) e perda de volume da dentina.

2. Preparo das amostras

Incisivos bovinos foram armazenados em solução de timol 0,1% e posteriormente submetidos à profilaxia. 75 amostras de dentina cervical foram obtidas utilizando máquina de corte e polidas com discos abrasivos de granulação decrescente. Após ultrassonificação, espécimes sem defeitos estruturais foram selecionados.

3. Indução da erosão inicial

As amostras foram submetidas a solução de ácido cítrico 0,3% (pH 3,0) durante 10 minutos para indução de lesões erosivas iniciais. Em seguida, permaneceram imersas em saliva artificial para formação de película adquirida.

4. Tratamento e ciclo erosivo-abrasivo

Metade da superfície das amostras foi protegida para servir como área de referência. Os dentifrícios foram aplicados por 10 minutos na área exposta. Em seguida, as amostras foram submetidas a um ciclo erosivo-abrasivo durante cinco dias. O desafio erosivo foi realizado quatro vezes ao dia utilizando ácido cítrico 0,3%. Após o primeiro e último desafio diário, realizou-se escovação mecânica em máquina específica com suspensão de dentifrício/saliva artificial na proporção 1:3.

5. Análises

A microdureza Knoop foi avaliada utilizando microdurômetro com carga de 50 g por 15 segundos. A microscopia confocal de varredura a laser 3D foi utilizada pela quantificação da perda de volume e rugosidade.

A normalidade dos dados foi avaliada usando o teste de Shapiro–Wilk. Como todas as variáveis apresentavam uma distribuição normal, testes paramétricos foram aplicados. Para KHN, foi realizada uma ANOVA mista bidirecional, seguido pelo teste post hoc de Tukey quando apropriado. Para comparações entre grupos dos parâmetros de rugosidade superficial (R_a e S_a) e perda de volume de dentina obtida por microscopia confocal de varredura a laser 3D, foi realizada ANOVA unidirecional, seguida pelo teste post hoc de Tukey. O nível de significância foi definido em 5% ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS

1. Microdureza Knoop

A comparação intergrupo da KHN inicial não mostrou diferenças significativas entre os grupos ($p > 0,05$). A ANOVA mista bidirecional revelou efeito significativo do tempo e da interação dentifrício/tempo ($p < 0,05$), indicando influência do tratamento sobre o KHN. Após o desafio erosivo-abrasivo, GC apresentou redução significativa da KHN, enquanto todos os grupos tratados (G SnF_2 , GACPCPPF, GnanoHAP e GHAP+F) mostraram aumento significativo ($p < 0,05$). No tempo final, GC apresentou menores valores de KHN em comparação aos demais grupos ($p < 0,05$), sem diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Média e desvio padrão (DP) da microdureza de Knoop (KHN) na linha inicial (T0) e após desafio erosivo-abrasivo (T1) para cada grupo experimental.

Grupo	T0	T1
	Média ± SD	Média ± SD
GC	138 ±14,8	126 ±5,7
GSnF ₂	142 ±19,3	163 ±8,3
GACPCPPF	145 ±20,5	172 ±9,3
GnanoHAP	143 ±13,9	161 ±10,0
GHAP+F	138 ±24,1	168 ±16,3

Nota: A análise estatística foi realizada usando uma ANOVA mista bidirecional (dentífrico × tempo), seguida pelo teste post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$).

2. Microscopia Confocal de Varredura a Laser 3D – Análise Quantitativa

Os resultados obtidos pela microscopia confocal da varredura a laser 3D estão representados na Tabela 2. Houve diferenças significativas entre os grupos para perda de volume de dentina, rugosidade linear (Ra) e rugosidade volumétrica (Sa) ($p < 0,05$). GC apresentou maior perda volumétrica e maiores valores de rugosidade. O grupo ACP-CPPF mostrou o melhor desempenho, com menor perda de volume e menor rugosidade, diferindo dos demais grupos. O grupo SnF₂ apresentou resultados semelhantes ao ACP-CPPF, enquanto nanoHAP e HAP+F exibiram valores intermediários, inferiores ao controle, porém superiores aos grupos mais eficazes.

Tabela 2: Média (M) e desvio padrão ($\pm$ SD) dos valores da microscopia confocal de varredura a laser 3D após degradação erosiva/abrasiva de amostras de dentina.

Grupo	Perda de volume de dentina - μm^3	Rugosidade linear (Ra) - μm	Rugosidade volumétrica (Sa) - μm
GC	-6.13 ($\pm 0,72$) ^A	0,29 ($\pm 0,15$) ^A	0,21 ($\pm 0,07$) ^A
GSnF ₂	- 0.53 ($\pm 0,05$) ^B	0,13 ($\pm 0,03$) ^C	0,18 ($\pm 0,02$) ^C
GACPCPPF	-0,24 ($\pm 0,03$) ^B	0,05 ($\pm 0,01$) ^B	0,02 ($\pm 0,00$) ^B
GnanoHAP	-2,85 ($\pm 0,15$) ^C	0,12 ($\pm 0,03$) ^C	0,15 ($\pm 0,06$) ^C
GHAP+F	-1.41 ($\pm 0,18$) ^D	0,10 ($\pm 0,04$) ^C	0,16 ($\pm 0,08$) ^C

Nota: Letras maiúsculas representam uma diferença estatisticamente significativa entre grupos ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

O desgaste dentário erosivo promove amolecimento da superfície dentária, favorecendo a perda mineral quando associado à abrasão da escovação. Nesse contexto, os dentífricos remineralizantes podem atuar reduzindo os danos erosivos e aumentando a resistência da dentina.

Neste estudo, os dentifrícios contendo SnF_2 , ACP-CPPF, nano-HAP e HAP+F apresentaram melhora significativa da microdureza da dentina quando comparados ao grupo controle. Esses resultados sugerem ação protetora dos agentes remineralizantes frente aos desafios erosivos e abrasivos.

O SnF_2 apresenta reconhecida ação antierosiva devido à formação de uma camada superficial rica em estanho e flúor, resistente aos ácidos. Já o ACP-CPPF atua disponibilizando cálcio e fosfato biodisponíveis, favorecendo supersaturação iônica e remineralização da superfície dentária.

A nano-HAP demonstrou potencial remineralizante devido à capacidade de penetrar na matriz dentinária desmineralizada e formar uma camada protetora. O dentifrício contendo HAP+F também apresentou resultados promissores, fator que está relacionado à associação entre hidroxiapatita, flúor e xilitol.

Os melhores resultados observados no grupo GACPCPPF podem ser explicados pela capacidade desse composto de estabilizar cálcio e fosfato na superfície dentária, promovendo maior deposição mineral, redução da rugosidade e obliteração tubular.

Apesar dos resultados promissores, este estudo apresenta limitações inerentes ao modelo *in vitro*, que não reproduz totalmente as condições do ambiente oral, como presença de biofilme, variações de pH e fluxo salivar.

CONCLUSÃO

Os dentifrícios remineralizantes demonstraram efeito protetor contra o desgaste erosivo da dentina. O dentifrício contendo ACP-CPPF apresentou o melhor desempenho geral, promovendo menor perda estrutural e menor rugosidade superficial. Os dentifrícios contendo SnF_2 , nanoHAP e HAP+F também apresentaram resultados positivos no manejo da erosão dentinária. Esses achados sugerem que tais formulações podem representar alternativas promissoras para prevenção e controle do desgaste dentário erosivo, embora estudos clínicos adicionais ainda sejam necessários.

REFERÊNCIAS

- LUSSI, A.; CARVALHO, T. S. Erosive tooth wear: a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. **Monographs in Oral Science**, v. 25, p. 1–15, 2014.
- SCHLUETER, N.; LUKA, B. Erosive tooth wear - A review on global prevalence and on its prevalence in risk groups. **British Dental Journal**, v. 224, n. 5, 2018.
- LUSSI, A. et al. The use of fluoride for the prevention of dental erosion and erosive tooth wear in children and adolescents. **European Archives of Paediatric Dentistry**, v. 20, n. 6, p. 517–527, 2019.

- ZANATTA, R. F. et al. Protective effect of fluorides on erosion and erosion/abrasion in enamel: a systematic review and meta-analysis of randomized in situ trials. **Archives of Oral Biology**, v. 120, p. 104945, 2020.
- GANSS, C.; KLIMEK, J.; SCHLUETER, N. Erosion/abrasion-preventing potential of NaF and F/Sn/chitosan toothpastes in dentine and impact of the organic matrix. **Caries Research**, v. 48, p. 163–169, 2014.
- BACCOLINI, V. et al. The role of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) in white spot lesion remineralization: a systematic review. **Journal of Functional Biomaterials**, v. 16, n. 8, p. 272, 2025.
- CHEN, L. et al. Hydroxyapatite in oral care products: a review. **Materials**, v. 14, n. 17, p. 4865, 2021.
- ESCALANTE-OTÁROLA, W. G. et al. Effects of remineralizing agents based on calcium phosphate, sodium phosphate, or sodium fluoride on eroded cervical dentin. **Operative Dentistry**, v. 46, n. 6, p. E296–E306, 2021.
- NÉ, Y. G. DE S. et al. Treatment for dental erosion: a systematic review of in vitro studies. **PeerJ**, v. 10, p. e13864, 2022.
- JOÃO-SOUZA, S. H. et al. Toothpaste factors related to dentine tubule occlusion and dentine protection against erosion and abrasion. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, p. 2051–2060, 2020.
- GOKKAYA, B. et al. Effect of a single application of CPP-ACPF varnish on the prevention of erosive tooth wear. **Oral Health & Preventive Dentistry**, v. 18, n. 1, p. 311–318, 2020.