



Bruna Caroline de Sousa Coura

**Dentifrícios Bioativos no Manejo da Erosão Dentária:
Revisão de literatura**

CURITIBA
2026

Bruna Caroline de Sousa Coura

Dentifrícios Bioativos no Manejo da Erosão Dentária: Revisão de Literatura

Monografia apresentada a Faculdade ILAPEO
como parte dos requisitos para obtenção de título de
Especialista em Odontologia com área de
concentração em dentística

Orientador(a): Prof. Dr. Cristian Higashi

CURITIBA
2026

Bruna Caroline de Sousa Coura

Dentifrícios Bioativos no Manejo da Erosão Dentária: Revisão de Literatura

Presidente da Banca Orientador: Prof. Dr. Cristian Higashi

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Sakamoto
Prof. Dr. Cristian Higashi
Profa. Dra. Karin Tyeme

Aprovada em: 18/03/2026

Agradecimentos

À minha família, pelo suporte, incentivo e compreensão.

Aos professores, pela orientação e pelos conhecimentos compartilhados, essenciais para meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos amigos, pela parceria e pelo apoio ao longo dessa caminhada.

Aos pacientes, pela confiança e colaboração, fundamentais para meu aprendizado.

Sumário

1. Artigo científico	7
----------------------------	---

1. Artigo científico

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO, para futura publicação no periódico

DENTIFRÍCIOS BIOATIVOS NO MANEJO DA EROSÃO DENTÁRIA: REVISÃO DE LITERATURA

Bruna Caroline de Sousa Coura¹

¹ Cirurgiã-dentista pela Faculdade de Odontologia FAODO, Universidade Federal de Mato Grosso Do Sul,

RESUMO

A erosão dental (ED) é definida como a perda crônica e irreversível de tecido dentário duro causada por ácidos de origem extrínseca ou intrínseca, sem envolvimento bacteriano. Apresenta alta prevalência e pode resultar em sensibilidade dentinária, comprometimento estético e funcional, além de impacto negativo na qualidade de vida. O esmalte erodido torna-se mais vulnerável à ação de desgastes mecânicos, como abrasão e atrição, intensificando a perda estrutural. Diante desse contexto, estratégias preventivas não restauradoras são fundamentais para o controle da doença.

O presente estudo teve como objetivo avaliar, por meio de revisão de literatura, o potencial de dentifrícios contendo vidros bioativos à base de cálcio e fosfato na prevenção e no controle da erosão dental, considerando sua capacidade remineralizadora e de formação de camada protetora sobre a superfície dentária. A busca foi realizada nas bases Medline/PubMed, Web of Science, Scopus, Embase e LILACS, incluindo publicações entre 2020 e 2022, com atualização em 2025.

Os achados demonstram que, embora o flúor seja essencial na formulação dos dentifrícios e atue na inibição da desmineralização, sua eficácia isolada frente à erosão é limitada. Em contrapartida, agentes bioativos como CPP-ACP, compostos de silicato e fosfato de cálcio e, especialmente, os vidros bioativos, apresentaram resultados promissores na redução da perda de esmalte e no aumento da microdureza superficial após desafios erosivos e erosivo-abrasivos. O biovidro 45S5 evidenciou capacidade de liberar íons cálcio e fosfato, favorecendo a formação de hidroxiapatita e aumentando a resistência do esmalte. Modificações composicionais, como a adição de estrôncio, magnésio e titânio, mostraram potencial para otimizar propriedades físico-químicas e bioativas.

Conclui-se que dentifrícios contendo vidros bioativos configuram uma abordagem promissora no manejo preventivo da erosão dental, especialmente quando associados ao flúor. Entretanto, a consolidação de sua aplicação clínica requer estudos de longo prazo que confirmem sua eficácia em condições reais de uso.

Palavras-chave: Erosão dental; Vidros bioativos; Remineralização do esmalte; Dentifrícios; Prevenção.

ABSTRACT

Dental erosion (DE) is defined as the chronic and irreversible loss of hard dental tissue caused by acids of extrinsic or intrinsic origin, without bacterial involvement. It presents a high prevalence and may result in dentin hypersensitivity, aesthetic and functional impairment, as well as a negative impact on quality of life. Eroded enamel becomes more susceptible to mechanical wear, such as abrasion and attrition, intensifying structural loss. In this context, non-restorative preventive strategies are essential for disease control.

This study aimed to evaluate, through a literature review, the potential of dentifrices containing calcium- and phosphate-based bioactive glasses in the prevention and control of dental erosion, considering their remineralizing capacity and ability to form a protective layer on the tooth surface. The search was conducted in the Medline/PubMed, Web of Science, Scopus, Embase, and LILACS databases, including publications from 2020 to 2022, with an update in 2025.

The findings indicate that although fluoride remains essential in dentifrice formulations and acts by inhibiting demineralization, its isolated effectiveness against erosion is limited. In contrast, bioactive agents such as CPP-ACP, calcium silicate and phosphate compounds, and especially bioactive glasses, have shown promising results in reducing enamel loss and increasing surface microhardness after erosive and erosive-abrasive challenges. Bioactive glass 45S5 demonstrated the ability to release calcium and phosphate ions, promoting hydroxyapatite formation and enhancing enamel resistance. Compositional modifications, including the addition of strontium, magnesium, and titanium, showed potential to optimize physicochemical and bioactive properties.

It is concluded that dentifrices containing bioactive glasses represent a promising approach in the preventive management of dental erosion, particularly when combined with fluoride. However, long-term clinical studies are necessary to confirm their effectiveness under real-use conditions.

Keywords: Dental erosion; Bioactive glasses; Enamel remineralization; Dentifrices; Prevention.

INTRODUÇÃO

O termo clínico erosão dental (ED) é usado para descrever a perda patológica, crônica, localizada e indolor de tecido dentário duro quimicamente removido da superfície do dente por ácidos provenientes de fontes extrínsecas ou intrínsecas, sem envolvimento bacteriano (Imfeld, 1996). Trata-se de uma condição comum, que apresenta taxa de prevalência superior a 30%, atingindo níveis mais altos na população idosa (Martignon et al., 2021).

O tecido dentário afetado pela erosão torna-se menos resistente e suscetível à combinação de vários tipos de desgastes mecânicos que agravam a lesão erosiva, como atrição (desgaste causado pelo contato dente a dente), abrasão (desgaste causado por objetos que não os dentes) e abfração (fadiga da porção cervical do dente devido às forças oclusais excêntricas) (Tulek et al., 2021). Entre as principais queixas dos pacientes estão a sensibilidade dentinária devido a exposição de dentina, dor provocada pelo comprometimento pulpar, estética prejudicada e comprometimento funcional em razão das alterações oclusais e perda de tecido dentário (Stereborg et al., 2018).

Dentifrícios dessensibilizantes tem se mostrado um método de tratamento conveniente, econômico, fácil de usar e não invasivo (Bae et al., 2014). Os vidros bioativos à base de cálcio e fosfato vem sendo utilizados como aditivos em cremes dentais remineralizantes para o controle da ED devido sua capacidade de formar uma camada de hidroxiapatita sobre o dente (Abbassy et al., 2019)

O presente estudo tem como objetivo avaliar o potencial de dentifrícios contendo vidros bioativos à base de cálcio e fosfato na prevenção e no controle da erosão dental, considerando sua capacidade remineralizadora e de formação de camada protetora sobre a superfície dentária.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura realizada por meio de busca eletrônica nas bases de dados Medline/PubMed, Web of Science, Scopus, Embase e LILACS. A estratégia de busca foi realizada no período de 2020 a 2022, com atualização posterior realizada no ano de 2025, a fim de incluir estudos mais recentes e relevantes sobre o tema.

Foram considerados estudos publicados em língua portuguesa e inglesa, que abordassem a erosão dentária e o uso de dentifrícios com agentes ativos, especialmente vidros bioativos, no controle da desmineralização do esmalte dentário. A seleção dos artigos foi realizada inicialmente pela leitura dos títulos e resumos, seguida da análise do texto completo daqueles que atenderam aos critérios de elegibilidade.

REVISAO DE LITERATURA

A ED extrínseca é uma consequência da exposição frequente ao ácido de fontes alimentares, medicamentosas ou industriais. Frutas cítricas, bebidas ácidas, doces azedos e alguns medicamentos como antidepressivos, antiasmáticos e comprimidos mastigáveis de vitamina C estão associados à sua manifestação (Tulek et al., 2021). A ED intrínseca é causada geralmente pela exposição dos dentes ao ácido estomacal e ocorre principalmente com vômitos frequentes em pacientes com refluxo gastroesofágico. (Pace et al., 2008). Considera-se também fatores de risco para a ED a ocupação, aspectos socioeconômicos, taxa de fluxo salivar e capacidade de tamponamento (Linnett et al., 2002).

Os efeitos da ED impactam diretamente as dimensões físicas e psicossociais da qualidade de vida relacionada à saúde bucal. (Mehta et al., 2020). Desta forma, os fatores etiológicos devem ser avaliados corretamente durante o exame clínico e controlados visando melhor conforto e bem-estar dos pacientes. O manejo preventivo visa reduzir ou interromper a progressão dos sinais e sintomas, enquanto o manejo restaurador visa reduzir os sintomas de

dor e hipersensibilidade dentinária ou reestabelecer estética e função, mas deve ser realizado em conjunto com estratégias preventivas (Carvalho et al., 2015). Estas estratégias envolvem mudanças de hábitos alimentares, estimulação do fluxo salivar e instruções de higiene oral, bem como o uso de substâncias que conferem proteção contra a erosão. (Bartlett; O’toole, 2019; Taji; Seow, 2010)

A investigação de agentes anti-erosivos que podem ser incorporados a dentifrícios na higiene bucal diária é relevante, pois é um recurso amplamente utilizado que pode favorecer o controle da erosão dental de forma simples e abrangente (MAGALHÃES et al., 2013). O mecanismo de ação dos agentes tópicos anti-erosivos ocorre por diferentes métodos: por deposição, formando uma camada protetora sobre a estrutura dentária; por modificação da hidroxiapatita; pela modificação da película adquirida; por neutralização de ácidos; pela remineralização da superfície ou por inibição de metaloproteinases. Nenhum dos agentes disponíveis apresentam todas estas propriedades para conter o processo erosivo (Chawhuaveang et al., 2022). Desta forma, o desenvolvimento de novos materiais é necessário para uma abordagem não restauradora no manejo da erosão dental.

O flúor é o ingrediente ativo mais importante presente nos dentifrícios e seu uso para redução da cárie é fortemente baseado em evidências científicas (Cury; Tenuta, 2013), embora a ação preventiva sobre a erosão dentária ainda seja insuficiente, sobretudo em razão da limitada disponibilidade de íons cálcio e fosfato na saliva, o dentifrício fluoretado possivelmente atua como inibidor de desmineralização a partir da formação de hidroxiapatita fluoretada e fluoreto de cálcio na superfície dental (Caldeira et al., 2012). Deste modo, possui um efeito, ainda que limitado, no controle da erosão (Ponduri et al., 2005), devendo permanecer como ingrediente ativo na formulação dos dentifrícios.

Estudos têm sido realizados para avaliar o desenvolvimento e a aplicação de materiais bioativos à base de cálcio e fosfato no controle da erosão dentária. Entre os agentes investigados

destacam-se o CPP-ACP (fosfopeptídeo de caseína associado ao fosfato de cálcio amorfo), os compostos de silicato e fosfato de cálcio, bem como os vidros bioativos.

Suryani et al. (2020) demonstram que dentifrícios contendo agentes bioativos à base de cálcio e fosfato, como o vidro bioativo, o CPP-ACPF e a nanohidroxiapatita, apresentam potencial remineralizador sobre lesões de erosão em esmalte. Em modelo *ex vivo*, observou-se aumento significativo da microdureza superficial do esmalte após ciclos de desmineralização e remineralização, sendo o vidro bioativo e o CPP-ACPF mais eficazes quando comparados à nanohidroxiapatita, destacando seu potencial no controle da erosão dentária.

Em um estudo *in situ*, Oliveira et al. (2017) avaliaram o efeito do uso de goma de mascar contendo CPP-ACP sobre a erosão do esmalte dentário, associada ou não à abrasão. Os autores observaram que a utilização do produto promoveu uma redução significativa da perda de esmalte após desafios erosivos, independentemente da presença de abrasão. Esse efeito protetor foi atribuído, principalmente, ao aumento da disponibilidade de íons cálcio e fosfato na interface esmalte-saliva, bem como à estimulação do fluxo salivar, contribuindo para a manutenção do equilíbrio mineral do esmalte.

Joiner et al. (2014) investigaram, em um modelo *in situ*, o efeito remineralizador de um sistema de dupla fase composto por gel de silicato/fosfato de cálcio associado a um dentifrício com a mesma base, aplicado sobre esmalte previamente submetido a desafio ácido. Os resultados demonstraram que a combinação dos produtos promoveu aumento significativo da remineralização do esmalte, evidenciado pela recuperação da dureza superficial e pela deposição de uma camada rica em cálcio e fosfato. Este efeito estaria relacionado à liberação controlada de íons cálcio e fosfato, favorecendo a supersaturação local e a formação de uma camada mineralizada protetora sobre o esmalte, aumentando sua resistência frente a novos desafios erosivos.

Ionta et al. (2019) avaliaram, por meio de um modelo *in situ/ex vivo*, a capacidade de um dentifrício contendo silicato de cálcio, fosfato de sódio e flúor em proteger o esmalte dentário contra o desgaste químico-mecânico. Os autores observaram que o uso do dentifrício promoveu redução significativa da perda de esmalte após desafios erosivos associados à abrasão, quando comparado ao grupo controle. Esse efeito protetor foi atribuído à liberação de íons cálcio e fosfato, aliada à presença do flúor, favorecendo a formação de uma camada mineralizada na superfície do esmalte e aumentando sua resistência frente a desafios químicos e mecânicos.

Ao avaliar o comportamento do esmalte frente a um desafio erosivo, Bakry et al. (2014) observaram que a aplicação de uma pasta à base de vidro bioativo foi capaz de minimizar significativamente a perda de estrutura dentária. Segundo os autores, a liberação progressiva de íons cálcio e fosfato favoreceu a formação de uma camada mineralizada sobre o esmalte, a qual atuou como uma barreira protetora, reduzindo o efeito deletério dos ácidos.

O biovidro 45S5 é um vidro bioativo composto por silício, cálcio, sódio e fosfato que, ao entrar em contato com a saliva, libera íons cálcio e fosfato, promovendo a formação de uma camada de hidroxiapatita sobre o esmalte. Em um estudo voltado à resistência do esmalte ao desgaste químico-mecânico, Dionysopoulos et al. (2019) verificaram que o pré-tratamento da superfície com vidro bioativo 45S5 reduziu de forma significativa a perda superficial após ciclos de erosão e abrasão. Os resultados sugerem que a interação inicial do material bioativo com o esmalte contribui para o aumento da sua resistência frente a desafios subsequentes.

Diversas composições de vidros bioativos têm sido testadas visando à melhoria de seu desempenho. Mneimne et al. (2011) demonstraram que o aumento do conteúdo de fosfato em vidros bioativos contendo flúor resulta em maior e mais rápida formação de apatita em meio aquoso.

Durgalakshmi et al. (2018) demonstraram que a incorporação de íons estrôncio à matriz dos vidros bioativos pode intensificar os processos de remineralização dentária, uma vez que promove uma taxa de dissolução mais elevada, o que favorece a rápida formação de uma camada de apatita e estimula respostas biológicas desejáveis. No entanto, essa alta reatividade exige controle das propriedades, pois uma dissolução muito rápida pode comprometer a estabilidade e a aplicação do material.

A adição dos dopantes titânio (TiO_2) e magnésio (MgO) em vidros fosfatos contendo estrôncio mostrou-se um fator determinante para o ajuste das propriedades mecânicas, da solubilidade e da bioatividade *in vitro*, conforme demonstrado por Weiss et al. (2014). O TiO_2 atuou principalmente no aumento da estabilidade estrutural e da resistência mecânica do vidro, reduzindo a taxa de dissolução, enquanto o MgO exerceu um papel mais associado ao controle da solubilidade e à liberação de íons biologicamente ativos, favorecendo a bioatividade. Dessa forma, o estudo evidencia que a dopagem controlada com TiO_2 e MgO permite equilibrar propriedades estruturais e biológicas, tornando esses vidros fosfatados promissores para aplicações como biomateriais.

O biovidro 45S5, primeiro vidro bioativo desenvolvido, está presente em dentifrícios comercializados, como o BioMin F e o Sensodyne Repair & Protect, e tem sua eficácia contra a erosão do esmalte amplamente documentada. Ainda assim, evidências recentes apontam que vidros bioativos fosfatados modificados podem apresentar desempenho superior, incentivando a busca por materiais mais eficazes no controle da erosão dental.

DISCUSSÃO

A erosão dental representa um desafio clínico crescente, especialmente diante das mudanças nos padrões alimentares e do aumento da longevidade populacional. Por se tratar de um processo cumulativo e irreversível, sua abordagem deve priorizar estratégias preventivas

capazes de atuar antes que ocorram perdas estruturais significativas. Nesse contexto, intervenções não restauradoras assumem papel fundamental, uma vez que visam preservar a estrutura dentária e minimizar a necessidade de tratamentos invasivos.

Materiais bioativos à base de cálcio e fosfato emergem como alternativas promissoras. A capacidade desses compostos de liberar íons essenciais e favorecer a formação de uma camada mineral semelhante à apatita dental contribui para a criação de uma barreira protetora contra novos desafios erosivos. Além disso, a possibilidade de ajustar suas propriedades físico-químicas por meio de modificações composicionais amplia seu potencial terapêutico, permitindo equilibrar reatividade, estabilidade e bioatividade.

Formulações mais recentes buscam otimizar a taxa de dissolução e a liberação iônica, promovendo resposta remineralizadora mais eficiente e duradoura. No entanto, apesar dos resultados experimentais encorajadores, a consolidação dessas tecnologias na prática clínica depende de evidências de longo prazo que confirmem sua eficácia em condições reais de uso.

Assim, o aprimoramento contínuo dos dentifrícios com agentes bioativos representa uma tendência consistente na odontologia preventiva contemporânea. A integração entre flúor e biomateriais capazes de fornecer cálcio e fosfato de forma controlada pode constituir uma abordagem mais abrangente no controle da erosão dental, contribuindo para a preservação da estrutura dentária e para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

CONCLUSÃO

A literatura demonstra que dentifrícios contendo agentes bioativos, como vidros bioativos, CPP-ACP e compostos à base de cálcio e fosfato, apresentam potencial significativo na proteção do esmalte, ao favorecer a formação de camadas mineralizadas e aumentar a resistência frente a desafios erosivos e erosivo-abrasivos. Dessa forma, esses produtos configuram-se como uma abordagem não restauradora promissora no manejo da erosão

dentária, embora estudos clínicos de longo prazo ainda sejam necessários para confirmar sua eficácia e subsidiar o estabelecimento de protocolos clínicos.

REFERÊNCIAS

1. Imfeld T. Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci.* 1996;104:151-155. doi:10.1111/j.1600-0722.1996.tb00063.x.
2. Martignon S, Bartlett D, Manton DJ, Martinez-Mier EA, Splieth C, Avila V. Epidemiology of erosive tooth wear, dental fluorosis and molar incisor hypomineralization in the American continent. *Caries Res.* 2021 Feb;55:1-12. doi:10.1159/000512483.
3. Tulek A, Mulic A, Runningen M, Lillemo J, Utheim TP, Khan Q, Sehic A. Genetic aspects of dental erosive wear and dental caries. *Int J Dent.* 2021;2021:5566733. doi:10.1155/2021/5566733.
4. Pace F, Pallotta S, Tonini M, Vakil N, Bianchi Porro G. Systematic review: gastro-oesophageal reflux disease and dental lesions. *Aliment Pharmacol Ther.* 2008;27(12):1179-1186. doi:10.1111/j.1365-2036.2008.03694.x.
5. Linnett V, Seow WK, Connor F, Shepherd R. Oral health of children with gastro-oesophageal reflux disease: a controlled study. *Aust Dent J.* 2002;47(2):156-162. doi:10.1111/j.1834-7819.2002.tb00321.x.
6. Sterenborg B, Bronkhorst EM, Wetselaar P, Lobbezoo F, Loomans B, Huysmans M. The influence of management of tooth wear on oral health-related quality of life. *Clin Oral Investig.* 2018;22(7):2567-2573. doi:10.1007/s00784-018-2355-8.
7. Mehta SB, Loomans B, Bronkhorst EM, Banerji S, Bartlett DW. The impact of e-training on tooth wear assessments using the BEWE. *J Dent.* 2020;100:103427. doi:10.1016/j.jdent.2020.103427.
8. Carvalho TS, Colon P, Ganss C, Huysmans MC, Lussi A, Schlueter N, Schmalz G, Shellis PR, Tveit AB, Wiegand A. Consensus report of the European Federation of Conservative Dentistry: erosive tooth wear – diagnosis and management. *Swiss Dent J.* 2016;126(4):342-346.
9. Bartlett D, O'Toole S. Tooth wear and aging. *Aust Dent J.* 2019;64(Suppl 1):S59-S62. doi:10.1111/adj.12681.
10. Taji S, Seow WK. A literature review of dental erosion in children. *Aust Dent J.* 2010;55(4):358-375. doi:10.1111/j.1834-7819.2010.01255.x.
11. Suryani H, Gehlot PM, Manjunath MK. Evaluation of the remineralisation potential of bioactive glass, nanohydroxyapatite and casein phosphopeptide-amorphous calcium

- phosphate fluoride-based toothpastes on enamel erosion lesion – An ex vivo study. *Indian J Dent Res.* 2020 Sep-Oct;31(5):670–677. doi:10.4103/ijdr.IJDR_735_17
12. Abbassy MA, Bakry AS, Alshehri NI, Alghamdi TM, Rafiq SA, Aljeddawi DH, Nujaim DS, Hassan AH. 45S5 bioglass paste is capable of protecting the enamel surrounding orthodontic brackets against erosive challenge. *J Orthod Sci.* 2019;8:5. doi:10.4103/jos.JOS_93_18.
 13. Bae JH, et al. Desensitizing toothpaste versus placebo for dentin hypersensitivity: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol.* 2015;42(2):131-141.
 14. Magalhães AC, Wiegand AB, Rios D. Use of dentifrices to prevent erosive tooth wear: harmful or helpful? *Braz Oral Res.* 2014;28(Spec No):1-6. doi:10.1590/S1806-83242013005000035.
 15. Cury JA, Tenuta LM. Evidence-based recommendation on toothpaste use. *Braz Oral Res.* 2014;28(Spec No):1-7. doi:10.1590/S1806-83242014.50000001.
 16. Caldeira EM, et al. Effect of fluoride on tooth erosion around orthodontic brackets. *Braz Dent J.* 2012;23(5):581-585. doi:10.1590/S0103-64402012000500019.
 17. Ponduri S, Macdonald E, Addy M. A study in vitro of the combined effects of soft drinks and tooth brushing with fluoride toothpaste on the wear of dentine. *Int J Dent Hyg.* 2005;3:7-12. doi:10.1111/j.1601-5037.2004.00110.x.
 18. Chawhuaveang DD, Yu OY, Yin IX, Lam W, Chu CH. Topical agents for nonrestorative management of dental erosion: a narrative review. *Healthcare (Basel).* 2022;10(8):1413. doi:10.3390/healthcare10081413.
 19. Oliveira AF, de Oliveira Diniz LV, Forte FD, Sampaio FC, Cca huana-Vásquez RA, Amaechi BT. In situ effect of a CPP-ACP chewing gum on enamel erosion associated or not with abrasion. *Clin Oral Investig.* 2017;21:339-346.
 20. Joiner A, Schäfer F, Naeeni MM, Gupta AK, Zero DT. Remineralisation effect of a dual-phase calcium silicate/phosphate gel combined with calcium silicate/phosphate toothpaste on acid-challenged enamel in situ. *J Dent.* 2014;42(Suppl 1):S53-S59.
 21. Ionta FQ, Dos Santos NM, Mesquita IM, Dionísio EJ, Cruvinel T, Honório HM, Rios D. Is the dentifrice containing calcium silicate, sodium phosphate, and fluoride able to protect enamel against chemical mechanical wear? An in situ/ex vivo study. *Clin Oral Investig.* 2019;23:3713-3720.
 22. Bakry AS, Marghalani HY, Amin OA, Tagami J. The effect of a bioglass paste on enamel exposed to erosive challenge. *J Dent.* 2014;42:1458-1463. doi:10.1016/j.jdent.2014.05.014.
 23. Dionysopoulos D, Tolidis K, Sfeikos T. Effect of air-abrasion pre-treatment with bioactive glass 45S5 on enamel surface loss after erosion/abrasion challenge. *Dent Mater.* 2019;35:e193-e203. doi:10.1016/j.dental.2019.05.009.

24. Mneimne M, Hill RG, Bushby AJ, Brauer DS. High phosphate content significantly increases apatite formation of fluoride-containing bioactive glasses. *Acta Biomater.* 2011;7:1827-1834.
25. Durgalakshmi D, Rakkesh AR, Kesavan M, Ganapathy S, Ajith Kumar TG, Karthikeyan S, Balakumar S. Highly reactive crystalline-phase-embedded strontium-bioactive nanorods for multimodal bioactive applications. *Biomater Sci.* 2018;6:1764-1776.
26. Weiss DSL, Torres RD, Buchner S, Blunk S, Soares P. Effect of Ti and Mg dopants on the mechanical properties, solubility, and bioactivity in vitro of a Sr-containing phosphate-based glass. *J Non Cryst Solids.* 2014;386:34-38.