

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CLÍNICA INTEGRADA**

ANA CLÁUDIA DALMOLIN

**HIPERSENSIBILIDADE DENTINÁRIA CERVICAL: ESTUDO DE PREVALÊNCIA E
AVALIAÇÃO *IN VITRO* DE PRODUTOS EXPERIMENTAIS**

**PONTA GROSSA
2022**

ANA CLÁUDIA DALMOLIN

**HIPERSENSIBILIDADE DENTINÁRIA CERVICAL: ESTUDO DE PREVALÊNCIA E
AVALIAÇÃO *IN VITRO* DE PRODUTOS EXPERIMENTAIS**

Tese de Defesa de Doutorado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Integrada, Linha de Pesquisa em Etiologia, Diagnóstico e Tratamento das Doenças Bucais.

Orientador: Prof. Dr. Fábio André dos Santos
Co-Orientadora: Profa. Dra. Márcia Thaís Pochapski

**PONTA GROSSA
2022**

D148 Dalmolin, Ana Cláudia
Hipersensibilidade dentinária cervical: estudo de prevalência e avaliação *in vitro* de produtos experimentais / Ana Cláudia Dalmolin. Ponta Grossa, 2022. 138 f.

Tese (Doutorado em Odontologia - Área de Concentração: Clínica Integrada), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Fábio André dos Santos.

Coorientador: Prof. Dr. Márcia Tháís Pochapski.

1. Sensibilidade da dentina. 2. Materiais biocompatíveis. 3. Ortodontia corretiva. 4. Prevalência. 5. Qualidade de vida. I. Santos, Fábio André dos. II. Pochapski, Márcia Tháís. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Clínica Integrada. IV.T.

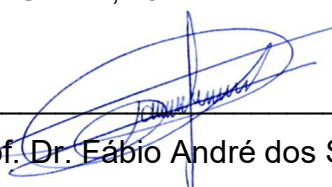
CDD: 617.6

ANA CLÁUDIA DALMOLIN

Hipersensibilidade dentinária cervical: estudo de prevalência e avaliação in vitro de produtos experimentais

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração em Clínica Integrada, linha de pesquisa de Etiologia, Diagnóstico e Tratamento das Doenças Bucais.

Ponta Grossa, 16 de fevereiro de 2022.



Prof. Dr. Fábio André dos Santos
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof.^a. Dr.^a. Lidia Yileng Tay Chu Jon
Universidad Peruana Cayetano Heredia



Prof.^a. Dr.^a. Patricia Oehlmeyer Nassar
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Prof.^a. Dr.^a. Shelon Cristina Souza Pinto
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. Eduardo Bauml Campagnoli
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Dedico à minha família, que foi compreensiva e me apoiou durante esta etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as graças em minha vida. Agradeço também aos meus pais, minha nona, minha irmã e toda a minha família, por me ajudarem a manter a cabeça no lugar.

Agradeço à UEPG e ao PPGO. Especialmente, agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Fábio André dos Santos, e a minha co-orientadora, Professora Doutora Márcia Thaís Pochapski, por sempre estarem presentes durante as dificuldades na condução da pesquisa.

Agradeço às alunas de Iniciação Científica: Bruna Caroline Finkler, Camila Vieira Almeida, Gabrielle Gomes Centenaro, Kellen Rutes Silva e Laura Borato Bechtold; pelo trabalho árduo que desempenharam junto ao grupo de pesquisa; sem as quais, todo o processo teria ficado imensamente mais demorado, ou mesmo impossível de ser conduzido.

Agradeço a todos os colegas de mestrado e doutorado com quem interagi, pois tornaram o processo mais humano, e ajudaram a manter os meus pés no chão.

Agradeço a todos os pacientes que voluntariamente colaboraram com esta pesquisa.

Agradeço à CAPES pela bolsa de estudos durante o primeiro ano do curso de doutorado, e pelo incentivo à pesquisa.

DADOS CURRICULARES

Ana Cláudia Dalmolin

Nascimento	06.01.1992 – Renascença, PR - Brasil
Filiação	Mãe – Juscirlei Maria Strada Dalmolin Pai – Joel Antonio Dalmolin
2009-2013	Curso de Graduação em Odontologia Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa – PR, Brasil.
2014-2016	Curso de Especialização Pós- Graduação <i>Lato Sensu</i> em Ortodontia Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa – PR, Brasil.
2016-2018	Curso de Pós-Graduação <i>Stricto Sensu</i> em Odontologia. Área de Concentração Clínica Integrada. Nível Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa – PR, Brasil.
2018-2021	Em andamento – Curso de Pós- Graduação <i>Stricto Sensu</i> em Odontologia. Área de Concentração Clínica Integrada. Nível Doutorado. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa – PR, Brasil.

RESUMO

DALMOLIN, AC. **Hipersensibilidade dentinária cervical: estudo de prevalência e avaliação *in vitro* de produtos experimentais.** [tese]. Ponta Grossa : Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2022.

Objetivou-se estudar substâncias experimentais para o tratamento da hipersensibilidade dentinária cervical (HDC); e determinar a prevalência da HDC em pacientes que receberam tratamento ortodôntico. Foram realizados 3 estudos: os estudos 1 e 2 foram *in vitro*; e o estudo 3 foi observacional transversal. Nos estudos 1 e 2 foram utilizados 186 dentes bovinos, dos quais foram recortadas amostras de dentina da região cervical vestibular com 4x4x1mm; os túbulos dentinários foram abertos com EDTA 24%. As amostras receberam os tratamentos de acordo com os grupos: estudo 1 - I. Água Destilada (DW); II. Verniz cavitário (CV); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (CS); IV. Biovidro 45S5 (45S5); V. Biovidro KSr (KSr); VI. Biovidro P (P); e VII. Biovidro PSi (PSi); estudo 2 - I. Água destilada (DW); II. Verniz Cavitário (CV); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (CS); IV. Hidroxiapatita comercial NanoP® (NP); e V. Hidroxiapatita experimental obtida a partir de cascas de ovos (HA). Após os tratamentos, as amostras foram submersas em saliva *overnight*; metade das amostras foi submetida a escovação simulada; e em todas as amostras foram realizadas as seguintes análises: a) rugosidade de superfície (Ra e Rt); b) análise descritiva da superfície; c) número total vs. número de túbulos obliterados; d) diâmetro dos túbulos; e e) composição química da superfície. Para análise estatística dos parâmetros de rugosidade foi utilizado o teste de ANOVA de 2 fatores ($p \leq 0,05$). No estudo 3, 232 pacientes que realizaram tratamento ortodôntico corretivo foram analisados em relação a HDC: a) autorreportada; b) diagnosticada com teste tátil; c) teste evaporativo com fole; d) evaporativo com tríplice; e e) teste térmico. Foram usados valores dicotômicos (sim/não) e de acordo com escala NRS (*Numerical Rating Scale*) de 11 pontos. Também foram aplicados os questionários sobre qualidade de vida OHIP-14 e DHEQ-15. Os testes estatísticos utilizados foram: qui-quadrado, Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ($p \leq 0,05$). Os resultados dos estudos 1 e 2 apontaram que as substâncias experimentais apresentaram maiores valores de rugosidade do que os controles, porém tiveram melhor desempenho na obliteração de túbulos dentinários, sendo que a hidroxiapatita experimental apresentou formação de *plugs* obliteradores mesmo após o desafio mecânico da escovação simulada. Os biovidros KSr e PSi tiveram concentrações de Ca e P em superfície dentinária maiores do que os demais grupos analisados. Os resultados do estudo 3 indicaram que HDC é mais alta em mulheres, em indivíduos com menos de 30 anos, com recessão gengival e que usam dentifício convencional, na amostra de pacientes após tratamento ortodôntico; os dentes mais afetados são os incisivos e pré-molares; os diferentes testes diagnósticos indicaram diferentes valores de prevalência; e os voluntários com HDC apresentaram piores resultados para qualidade de vida. Concluiu-se que os biovidros KSr e PSi são promissores para obliteração de túbulos e remineralização dentinária; a hidroxiapatita experimental obtida a partir de cascas de ovos é um material promissor, principalmente quanto à resistência ao desafio mecânico; a prevalência de HDC em pacientes após tratamento ortodôntico é maior em mulheres e em indivíduos com menos de 30 anos de idade, e com recessão gengival.

Palavras-chave: Sensibilidade da Dentina; Materiais Biocompatíveis; Técnicas In Vitro; Ortodontia Corretiva; Prevalência; Qualidade de Vida.

ABSTRACT

DALMOLIN, AC. **Cervical dentin hypersensitivity: prevalence study and *in vitro* evaluation of experimental products.** [thesis]. Ponta Grossa : State University of Ponta Grossa; 2022.

The aim of this research was to study experimental substances for the treatment of cervical dentin hypersensitivity (CDH); and to study the prevalence of CDH in patients who received orthodontic treatment. Three studies were performed: studies 1 and 2 were *in vitro*; and study 3 was observational and cross-sectional. In studies 1 and 2, 186 bovine teeth were used. Dentine samples were cut out from the buccal cervical region of the teeth. The samples were 4x4x1 mm in size. The dentinal tubules were opened with 24% EDTA. The samples received the treatments according to the groups: study 1 - I. Distilled Water (DW); II. Cavity Varnish (CV); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (CS); IV. Bioglass 45S5 (45S5); V. Bioglass Ksr (Ksr); VI. Bioglass P (P); and VII. Bioglass PSi (PSi); study 2 - I. Distilled Water (DW); II. Cavity Varnish (CV); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (CS); IV. Commercial NanoP® hydroxyapatite (NP); and V. Experimental hydroxyapatite obtained from eggshells (HA). After treatments, samples were submerged in saliva overnight; half of the samples received simulated brushing; and in all samples the following analyzes were performed: a) surface roughness (Ra and Rt); b) descriptive analysis of the dentin surface; c) total number vs. number of obliterated tubules; d) diameter of the tubules; and e) chemical composition of the surface. Two-way ANOVA test was used for statistical analysis of the roughness parameters ($p \leq 0.05$). In study 3, 232 patients who underwent corrective orthodontic treatment were analyzed for CDH: a) self-reported; b) diagnosed with a tactile test; c) evaporative test with bellows; d) evaporative with triple syringe; and e) thermal testing. Dichotomous values (yes/no) and an 11-point NRS (Numeric Rating Scale) were used. The OHIP-14 and DHEQ-15 quality of life questionnaires were also applied. Chi-square, Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests were used for statistical analysis ($p \leq 0.05$). The results of studies 1 and 2 showed that the experimental substances had higher roughness values than the controls, but had better performance in obliterating dentinal tubules, and the experimental hydroxyapatite showed formation of obliterating plugs even after the mechanical challenge of simulated brushing. Bioglasses Ksr and PSi had concentrations of Ca and P on dentin surface higher than the other groups analyzed. The results of study 3 indicated that: CDH is higher in women and in individuals under 30 years of age, in individuals with gingival recession and in individuals who use conventional toothpaste, in the sample of patients after orthodontic treatment; the most affected teeth are the incisors and premolars; the different diagnostic tests indicated different prevalence values; and volunteers with CDH had worse results for quality of life. It was concluded that Ksr and PSi bioglasses are promising for tubule obliteration and dentinal remineralization; the experimental hydroxyapatite obtained from eggshells is a promising material, mainly in terms of resistance to mechanical challenge; the prevalence of CDH is higher in women, in individuals under 30 years of age and with gingival recession.

Keywords: Dentin Sensitivity; Biocompatible Materials; In Vitro Techniques; Orthodontics, Corrective; Prevalence; Quality of Life.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1.1	Morfologia das partículas de biovidros	32
Figura 4.1.2	Rugosidade de superfície (biovidros)	34
Figura 4.1.3	Superfície dentinária (biovidros)	36
Figura 4.1.4	Número de túbulos dentinários (biovidros)	38
Figura 4.1.5	Diâmetro dos túbulos dentinários (biovidros)	40
Figura 4.2.1	Morfologia das partículas de hidroxiapatita experimental	59
Figura 4.2.2	Rugosidade de superfície (hidroxiapatita experimental)	63
Figura 4.2.3	Superfície dentinária (hidroxiapatita experimental)	65
Figura 4.2.4	Número de túbulos dentinários (hidroxiapatita experimental)	68
Figura 4.2.5	Diâmetro dos túbulos dentinários (hidroxiapatita experimental)	69
Figura 4.2.6	Composição química da superfície dentinária em peso percentual do elemento químico fósforo (P) (hidroxiapatita experimental)	71
Figura 4.2.7	Composição química da superfície dentinária em peso percentual do elemento químico cálcio (Ca) (hidroxiapatita experimental)	72
Figura 4.3.1	Tamanho amostral para estudo de prevalência	89
Figura 4.3.2	Fluxograma de pacientes recrutados para a pesquisa	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1.1	Morfologia das partículas e elementos químicos que compõem os biovidros	31
Tabela 4.1.2	Composição química da superfície dentinária em peso percentual (wt% ± desvio-padrão) (biovidros)	41
Tabela 4.2.1	Morfologia das partículas e elementos químicos que compõem a hidroxiapatita experimental	59
Tabela 4.3.1	Prevalência da HDC diagnosticada com os diferentes testes em paciente após tratamento ortodôntico (n = 232) ..	95
Tabela 4.3.2	Frequência relativa, média (e desvio padrão) e soma dos valores de cada uma das perguntas do questionário OHIP-14, para os voluntários que autorreportaram dor e para aqueles que relataram ausência de dor ao serem questionados sobre HDC em sua rotina	98
Tabela 4.3.3	Frequência relativa, média (e desvio padrão) e soma dos valores de cada uma das perguntas do questionário DHEQ-15, para os voluntários que autorreportaram dor e para aqueles que relataram ausência de dor ao serem questionados sobre HDC em sua rotina	102

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
EDTA	<i>Ethylenediamine tetraacetic acid</i> ou ácido etilenodiamino tetra-acético
pH	Potencial hidrogeniônico
KSr	Biovidro experimental que contém em sua obtenção os elementos químicos potássio (K) e estrôncio (Sr)
P	Biovidro experimental que contém em sua obtenção o elemento químico fósforo (P)
PSi	Biovidro experimental que contém em sua obtenção os elementos químicos fósforo (P) e silício (Si)
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
EDS	Espectroscopia por energia dispersiva
45S5	Biovidro de Hench
EPM	Erro padrão da média
IIQ	Intervalo interquartilico
DW	Grupo tratado com água destilada
CV	Grupo tratado com o veículo verniz cavitário
CS	Grupo tratado com Colgate® Sensitive Pró-Alívio™
NP	Grupo tratado com hidroxiapatita comercial NanoP
HA	Grupo tratado com hidroxiapatita experimental obtida de cascas de ovos
Ra	Rugosidade média
Rt	Altura total do perfil de rugosidade – Rugosidade total
DP	Desvio-padrão
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
UniABO/PR	Escola de Educação Continuada da Associação Brasileira de Odontologia / Seção Paraná
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TOC	Tratamento ortodôntico corretivo

LISTA DE SÍMBOLOS

mm	Milímetro
cm	Centímetro
K	Elemento químico potássio
Sr	Elemento químico estrôncio
P	Elemento químico fósforo
Si	Elemento químico silício
CaCO ₃	Carbonato de cálcio
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sódio
SiO ₂	Dióxido de silício
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
K ₂ CO ₃	Carbonato de potássio
SrCO ₃	Carbonato de estrôncio
SiO	Óxido de silício
NaO	Óxido de sódio
KO	Óxido de potássio
CaO	Óxido de cálcio
CaF	Fluoreto de cálcio
NaF	Fluoreto de sódio
LiO	Óxido de lítio
SnO	Óxido de estanho
SrO	Óxido de estrôncio
PO	Óxido de fósforo
FeO	Óxido de ferro
MgO	Óxido de magnésio
BO	Óxido de boro
AlO	Óxido de alumínio
ZnO	Óxido de zinco
°C	Graus Celcius
µm	Micrômetro
wt%	<i>Weight-percent</i> ou percentagem de peso
mm ³	Milímetro cúbico
ppm	Parte por milhão
N	Newton – medida de força

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	PROPOSIÇÃO	17
2.1	Proposição geral	17
2.2	Proposições específicas	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1	Amostra	18
3.2	Desenho do estudo	19
3.3	Procedimentos específicos	19
3.4	Análise estatística	23
4	ARTIGOS CIENTÍFICOS	24
4.1	Estudo 1 – Eficiência de biovidros experimentais na obliteração de túbulos dentinários	24
4.2	Estudo 2 - Eficiência de hidroxiapatita experimental, obtida a partir de cascas de ovos, na obliteração de túbulos dentinários	53
4.3	Estudo 3 - Prevalência da hipersensibilidade dentinária cervical (HDC) em pacientes após tratamento ortodôntico corretivo	84
5	DISCUSSÃO	115
6	CONCLUSÃO	124
	REFERÊNCIAS	125
	ANEXO I - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	130
	ANEXO II - PERGUNTAS, DOMÍNIOS E OPÇÕES DE RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO OHIP-14	135
	ANEXO III - PERGUNTAS, DOMÍNIOS E OPÇÕES DE RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO DHEQ-15	137

1 INTRODUÇÃO

A hipersensibilidade dentinária cervical (HDC) é um problema que acomete 33,5% da população (Zeola et al. ¹ 2019), e afeta negativamente a qualidade de vida dos pacientes (Douglas-de-Oliveira et al. ² 2017). Consiste num problema que requer atenção para correto diagnóstico e manejo clínico, uma vez que não existe nenhum guia universalmente aceito para o diagnóstico diferencial, nem mesmo para seleção de modalidades de tratamento que sejam viáveis (Liu et al. ³ 2020).

A HDC caracteriza-se por dor aguda, localizada e de curta duração que não pode ser atribuída a nenhum outro tipo de doença ou alteração dentária (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity ⁴ 2003). O processo doloroso é causado por estímulos comuns e de baixa intensidade, como estímulo táteis, químicos, osmóticos, evaporativos e térmicos (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity ⁴ 2003), em contato com túbulos dentinários expostos (Liu et al. ³ 2020). Segundo a teoria hidrodinâmica, tais estímulos são capazes de movimentar os fluídos presentes no interior dos túbulos dentinários, os quais ativam as terminações nervosas presentes na região mais externa da polpa dentária (Brännström e Aström ⁵ 1964).

Considerando que a exposição de túbulos dentinários ocorre principalmente por escovação traumática (abrasão) e por dieta ácida (erosão) (Gillam ⁶ 2015), o manejo da HDC inclui educação ao paciente sobre técnicas de escovação e formas de prevenir a exposição de túbulos dentinários, além do tratamento propriamente dito, que pode ser invasivo, por meio de restaurações ou cirurgia em tecidos duros e moles, ou pode ser não-invasivo, através de substâncias aplicadas sobre a dentina exposta e capazes de bloquear o impulso nervoso e/ou obliterar os túbulos dentinários, impedindo, assim, a movimentação de fluídos dentinários (Liu et al. ³ 2020).

Além das supracitadas situações que levam à HDC, como abrasão e erosão, há outros processos que estão positivamente correlacionados com a HDC, como a recessão gengival (Teixeira et al. ⁷ 2018), a qual também tem sido investigada como um possível efeito colateral do tratamento ortodôntico corretivo, juntamente com formação de deiscências ósseas (Jager et al. ⁸ 2017; Slutzkey e Levin ⁹ 2008).

Vários são as substâncias propostas hoje pelo mercado e pelas pesquisas, que tem a capacidade de promover o tratamento não-invasivo da HDC,

porém não existe nenhum produto ou protocolo de tratamento que seja utilizado como padrão-ouro (Liu et al.³ 2020). Os vidros bioativos, ou biovidros, são substâncias com bons resultados clínicos e *in vitro*, foram descobertos em 1969 e inicialmente utilizados nas cirurgias de implantes em tecidos ósseos. Na odontologia, passaram a ser utilizados em cirurgias orais para reparo ósseo e na cobertura de implantes, e depois em tratamentos obliteradores de túbulos dentinários. Dentre as suas características, chamam a atenção o baixo pH e a solubilidade em fluídos biológicos, como a saliva, iniciando aí um processo de lixiviação de íons e precipitação de uma camada composta por cálcio e fosfato, que é cristalizada em hidroxiapatita, a qual é mecanicamente capaz de obliterar os túbulos dentinários (Cruz e Tuñas¹⁰ 2018).

Os biovidros experimentais usados neste estudo, KSr, P e PSi, consistem em formulações modificadas do sistema $2\text{Na}_2\text{O} \cdot 1\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2$ com diferentes concentrações de P_2O_5 . O interesse em modificar este sistema de biovidros está no potencial de obliteração de túbulos dentinários que os elementos químicos K, Sr, P e Si podem prover.

Sais de potássio são conhecidos por serem usados no tratamento da hipersensibilidade dentinária, tanto por causa do possível potencial dessensibilizante de fibras nervosas (acredita-se que os íons de potássio seriam capazes de penetrar no interior dos túbulos dentinários e dessensibilizar os neurotransmissores associados aos odontoblastos), quanto por causa da capacidade de obliteração de túbulos dentinários, uma vez que os sais de potássio podem precipitar cristais de cálcio sobre a superfície da dentina (Galvao et al.¹¹ 2019; Orchardson e Gillam¹² 2000). Os sais de estrôncio são amplamente usados para obliteração de túbulos, e o seu mecanismo é geralmente explicado pela precipitação de componentes metálicos insolúveis sobre a superfície dentinária; além disso, o estrôncio pode substituir o cálcio na formação de hidroxiapatita, tornando a dentina mais resistente. Ainda, acredita-se que o estrôncio tem a habilidade de, similarmente ao potássio, atuar sobre as fibras nervosas diminuindo a hipersensibilidade dentinária. Uma formulação famosa e amplamente utilizada que contém estrôncio em sua formulação é o dentifrício Sensodyne “Rápido Alívio”, que contém 8% de acetato de estrôncio (Martins et al.¹³ 2020; Shiau¹⁴ 2012).

O elemento químico fósforo tem sido usado em soluções de ácido fosfórico, juntamente com biovidros, uma vez que essa mistura cria uma camada de cristais de fosfato de cálcio sobre a superfície da dentina (Bakry et al.¹⁵ 2013). Além

disso, uma mistura de biovidro mesoporoso com 30% ou 40% de ácido fosfórico melhora a obliteração de túbulos, alcançando uma grande profundidade de penetração (mais de 80 μm) para dentro os túbulos (Chen et al. ¹⁶ 2013). O uso de óxidos de fósforo como precursores dos biovidros impactam na estrutura e na bioatividade dos biovidros (Ren et al. ¹⁷ 2017), induzindo a cristalização da camada de apatita (Padilla et al. ¹⁸ 2005; Xie et al. ¹⁹ 2020).

O silício é um elemento químico essencial no sistema de biovidros propostos, pois em contato com os fluídos corporais (por exemplo, saliva, fluído crevicular gengival, fluído intratubular), o biovidro inicia um processo de lixiviação de cátions de sódio, substituindo-os por cátions de hidrogênio, o que gera um aumento no pH local, levando à quebra das ligações de Si-O-Si, e liberando o silício. Se o pH não atingir 9,5, ocorre condensação do silício e repolimerização deste elemento sobre a superfície, formando uma camada de sílica-gel, a qual é responsável pela troca iônica entre o biovidro e as soluções corporais; íons de cálcio e de fósforo sofrem difusão a partir de partículas de biovidro, e formam uma camada amorfa de fosfato de cálcio, e então ocorre a incorporação de íons hidroxil, carbonato e flúor, iniciando a cristalização da apatita. Para que este processo não seja muito demorado ao ponto em que a troca iônica não ocorra, ou para que não seja tão lento a ponto de ocorrer reabsorção do biovidro, as concentrações do precursor SiO_2 devem estar entre 40 e 60%, e do precursor P_2O_5 devem estar em até 8% (Cruz e Tuñas ¹⁰ 2018; Zanotto et al. ²⁰ 2006).

A hidroxiapatita é uma substância que naturalmente compõe a estrutura dentária, e a sua aplicação direta também tem sido realizada com resultados promissores clinicamente e laboratorialmente (de-Melo-Alencar et al. ²¹ 2019; Tschoppe et al. ²² 2011), uma vez que é tida como o material com maior biocompatibilidade e bioatividade, tendo ação na remineralização dentária (Tschoppe et al. ²² 2011; Hannig e Hannig ²³ 2010). Isso ocorre devido à similaridade com a apatita dentária, seja em termos morfológico, estruturais e de cristalinidade (Vandiver et al. ²⁴ 2005). Vários são os métodos de obtenção da hidroxiapatita, como precipitação (Qi et al. ²⁵ 2017; Sirait et al. ²⁶ 2020), fusão de sais (Qi et al. ²⁵ 2017), sol-gel (Domínguez-Trujillo et al. ²⁷ 2018), e eletrospinning (Qi et al. ²⁵ 2017). Porém, geralmente envolvem processos de alto custo. Assim, precursores mais baratos e viáveis tem sido alvo de estudos. Anualmente, toneladas de cascas de ovos são descartadas como lixo, gerando poluição ambiental, no entanto, tal material é fonte de

carbonato de cálcio, um precursor da hidroxiapatita. Portanto, é desejável o reaproveitamento destas cascas de ovos nas mais diversas atividades, como na agricultura, tratamento de água, produção de combustíveis, mas também, na produção de compostos bioativos (Ferraz et al.²⁸ 2018; Waheed et al.²⁹ 2020; Laca et al.³⁰ 2017; Aditya et al.³¹ 2021; Tsai et al.³² 2008; Hsieh et al.³³ 2021; Wang et al.³⁴ 2021; Kavitha et al.³⁵ 2019; De Angelis et al.³⁶ 2017; Ahmed et al.³⁷ 2019).

Considerando que não há estudos na literatura sobre a prevalência da HDC em pacientes após tratamento ortodôntico, nem mesmo estudos sobre como a qualidade de vida pode ser afetada pela HDC nestes pacientes, e considerando que não existe um protocolo que seja universalmente aceito para o tratamento da HDC, e que as substâncias atualmente utilizadas apresentam limitações técnicas e de custos, o presente estudo avaliou a eficiência de biovidros experimentais e de hidroxiapatita experimental obtida a partir de fonte biodegradável, para o tratamento da hipersensibilidade dentinária cervical; e determinou a prevalência da HDC e os impactos na qualidade de vida associada à HDC em pacientes que receberam tratamento ortodôntico corretivo.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Proposição geral

Avaliar substâncias experimentais para o tratamento da hipersensibilidade dentinária cervical; e estudar a prevalência da hipersensibilidade dentinária cervical em pacientes que receberam tratamento ortodôntico.

2.2 Proposições específicas

- Verificar a eficiência de biovidros experimentais na obliteração de túbulos dentinários.
- Analisar a eficiência de hidroxiapatita experimental, obtida a partir de cascas de ovos, na obliteração de túbulos dentinários.
- Determinar a prevalência da hipersensibilidade dentinária cervical em pacientes que receberam tratamento ortodôntico corretivo, e identificar o impacto da qualidade de vida associada à hipersensibilidade dentinária cervical nestes pacientes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostra

Para os estudos 1 e 2, reproduziu-se protocolo de Acevedo et al (2021) (Acevedo et al. ³⁸ 2021). Foram preparados 186 dentes bovinos, os quais foram provenientes de mandíbulas bovinas que seriam descartadas em açougues, os dentes foram extraídos e armazenados em soro fisiológico a - 20 °C até o momento do preparo das amostras. Retirou-se, com disco diamantado em baixa rotação a coroa destes dentes e dividiu-se a raiz em parte vestibular e parte lingual. Para padronização, optou-se por utilizar apenas a parte vestibular, a partir da qual foram obtidos os espécimes da região cervical vestibular, medindo 4 mm x 4 mm. A face vestibular foi planificada com fresa tronco-cônica em alta rotação. Os espécimes foram desgastados em sua superfície interna, em lixadeira sob refrigeração (Aropol E, Arotec, Cotia, SP, Brasil) com lixa de carbetto de silício de granulação 600, até que alcançassem a espessura de 1 mm, conferido com paquímetro. A superfície vestibular foi lixada, para fins de polimento, com sequência de lixas de carbetto de silício 600, 1200, 1500, desde a granulação mais grossa para a granulação mais fina, sendo que cada lixa foi usada por 15 segundos. O processo de polimento gerou uma camada de *smear layer*. Para remoção da *smear layer* e abertura dos túbulos dentinários, foi aplicado sobre a superfície vestibular EDTA 24% (pH corrigido para 8,0) durante 5 minutos. Todos os espécimes foram lavados em água destilada em cuba ultrassônica aquecida, durante 8 minutos. O processo de secagem foi realizado individualmente, com jato de ar, durante 15 segundos em cada face da amostra (vestibular e interna), a 10 centímetros de distância (Acevedo et al. ³⁸ 2021).

Para o estudo 3, foram convidados a participar pacientes que concluíram tratamento ortodôntico corretivo entre o ano de 2000 e o ano de 2020, pelos cursos de especialização em ortodontia da UEPG e da UniABO-PR – Regional de Ponta Grossa. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UEPG, sendo o número de aprovação 3.231.565 (Anexo I). Foram incluídos pacientes com dentição permanente completa, boa saúde geral, e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram excluídos das avaliações os pacientes em retratamento ortodôntico e os dentes que, clinicamente, foram constatados como portadores de lesão de cárie ou necessidade de tratamento

endodôntico, tendo recebido cirurgia periodontal recente, tendo coroa protética, extensivamente restaurado, restaurado na porção vestibular cervical, ou pilar de prótese fixa. O cálculo amostral foi realizado segundo equação proposta por Naing et al (2006) (Naing et al. ³⁹ 2006), e resultou num n amostral de 231 pacientes. Dos 379 pacientes convidados a participar, 237 aceitaram. Destes, um paciente desistiu, e quatro não se encaixaram nos critérios de inclusão e foram excluídos. Assim, 232 pacientes foram efetivamente avaliados e constituíram a amostra.

3.2 Desenho do estudo

Os estudos 1 e 2 constituem-se como estudos primários, experimentais, analíticos, quantitativos, laboratoriais *in vitro*. O estudo 3 classifica-se como estudo exploratório, observacional, descritivo, quantitativo, epidemiológico, e de prevalência.

3.3 Procedimentos específicos

Das 186 amostras, 108 foram destinadas ao estudo 1, e 78 ao estudo 2. No estudo 1, as 108 amostras foram randomizadas entre os grupos de estudo: 1) água destilada (DW) (n = 12); 2) verniz cavitário (CV) (n = 16); 3) Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (Colgate-Palmolive Industrial Ltda, S.B. Campo, São Paulo, Brasil) (CS) (n = 16); 4) Biovitro 45S5 (45S5) (n = 16); 5) Biovidro KSr (KSr) (n = 16); 6) Biovidro P (P) (n = 16); 7) Biovidro PSi (PSi) (n = 16). No estudo 2, as 78 amostras foram randomizadas entre os grupos 1) água destilada (DW) (n = 12); 2) verniz cavitário (CV) (n = 16); 3) Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (CS) (n = 16); 4) Hidroxiapatita comercial NanoP (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) (NP) (n = 16); 5) Hidroxiapatita experimental obtida a partir de cascas de ovos (HA) (n = 18). Para determinação do n amostral, foram considerados os resultados e n amostral utilizados em publicações prévias, que avaliaram a rugosidade de superfície em amostras de dentina bovina (Aguiar et al. ⁴⁰ 2017; Cury et al. ⁴¹ 2017).

Os biovidros experimentais, KSr, P e PSi, foram obtidos, através de técnica de fusão e resfriamento, e cedidos por pesquisadores do Departamento de Física da UEPG. As substâncias químicas precursoras, as quais carbonato de cálcio (CaCO_3), carbonato de sódio (Na_2CO_3), sílica Zetasil 3® (SiO_2) (Mineração Santa

Rosa Ltda, Pequeri, Minas Gerais, Brasil), pentóxido de fósforo (P_2O_5), carbonato de potássio (K_2CO_3) e carbonato de estrôncio ($SrCO_3$) foram devidamente fracionadas de acordo com o biovidro a ser obtido, e então foram secas a 100 °C durante 8 horas, levados em cadinho de platina, fundidos a 1400 °C por 3 horas, prosseguiu-se com a têmpera por resfriamento, novo cozimento a 455 °C por 2 horas, resfriamento lento a 2 °C por minuto, e moagem em moinho de alta energia Mixer/Mill® 8000 tipo 1 vibratório (Spex SamplePrep, Rickmansworth, Hertfordshire, Inglaterra), em frasco de ágata com poder de moagem 4:1 (Zanotto et al. ²⁰ 2006).

O biovidro 45S5 foi obtido de acordo com o proposto por Hench, a partir do sistema quaternário SiO_2 -CaO- Na_2O - P_2O_5 (Hench ⁴² 2006), e foi utilizado como um grupo controle positivo no presente estudo.

Modificações do sistema do Biosilicato® proposto por Zanotto (Siqueira e Zanotto ⁴³ 2011) foram realizadas a fim de serem obtidos os biovidros experimentais, os quais KSr, P e PSi. As formulações de Biosilicato® possuem percentagem em peso: entre 40% e 60% de SiO_2 , até 30% de NaO, até 30% de KO, de 15% a 30% de CaO, até 15% de CaF, até 15% de NaF, até 10% de LiO, até 10% de SnO, até 10% de SrO, até 8% de PO, até 6% de FeO, até 3% de MgO, até 3% de BO, até 3% de AlO, e até 3% de ZnO. (Zanotto et al. ²⁰ 2006)

Os elementos químicos KSr, P e PSi foram escolhidos por estarem associados com o tratamento da hipersensibilidade dentinária. Os elementos químicos potássio (K) e estrôncio (Sr) são considerados capazes de reduzir a excitabilidade neuronal (Liu et al. ³ 2020; Markowitz et al. ⁴⁴ 1991), e de auxiliarem na obliteração de túbulos dentinários (Acevedo et al. ³⁸ 2021; Saeki et al. ⁴⁵ 2016), uma vez que o potássio (K) é capaz de promover a precipitação de íons cálcio no interior dos túbulos dentinários (Galvao et al. ¹¹ 2019; Orchardson e Gillam ¹² 2000), e o estrôncio facilita a precipitação de metais insolúveis sobre a dentina, além de passar a ser um constituinte da molécula de hidroxiapatita formada, pois substitui o cálcio na formação de hidroxiapatita, tornando-a mais resistente (Martins et al. ¹³ 2020; Shiau ¹⁴ 2012).

A utilização de fósforo (P) como precursor de biovidros tende a melhorar a bioatividade dos biovidros, uma vez que induz a cristalização e a formação de apatita (Ren et al. ¹⁷ 2017; Padilla et al. ¹⁸ 2005; Xie et al. ¹⁹ 2020). Além do fósforo, o silício (Si) é essencial para a formação e cristalização da apatita pois é responsável por desencadear a troca iônica entre biovidro e os fluídos corpóreos (Cruz e Tuñas ¹⁰ 2018; Zanotto et al. ²⁰ 2006). Assim, biovidros com concentrações

diferenciadas de fósforo e silício podem favorecer a formação de hidroxiapatita sobre a superfície dentária.

A hidroxiapatita experimental foi obtida e cedida por pesquisadores do Departamento de Química da UEPG. O protocolo de obtenção da hidroxiapatita consistiu em modificações do protocolo proposto por Kumar et al (2012) (Kumar et al. ⁴⁶ 2012), no qual as cascas de ovos, ricas em carbonato de cálcio, passaram pelo seguinte processo: imersão em água fervente, secagem em estufa *overnight*, moagem manual, imersão em solução de hipoclorito de sódio, lavagem exaustiva e filtração, secagem a 110 °C por 5 horas, mistura em solução de ácido etilenodiamino tetraacético (EDTA) a 1 M para formação com complexo cálcio-EDTA, submersão em solução de fosfato de sódio dibásico (Na₂HPO₄), ajuste do pH para 13 através da adição de solução de hidróxido de sódio (NaOH), irradiação com microondas (600W, 2,5 GHz) por 10 minutos, e lavagem do precipitado branco formado.

Os tratamentos foram realizados seguindo protocolo de Acevedo et al (2021) (Acevedo et al. ³⁸ 2021). Ou seja, os tratamentos foram aplicados sobre a superfície vestibular dos espécimes, friccionando a substância com *microbrush* durante 30 segundos. Para os grupos DW, foi aplicado 20 µL de água destilada; para os grupos CV, foi aplicado 5 µL de verniz cavitário; para os grupos CS e NP foi aplicado 2 mm³ da pasta respectiva de cada grupo; e para os grupos experimentais, KSr, P, P_{Si}, HA, foi aplicado uma mistura de 16,6% de substância ativa em veículo de verniz cavitário, ou seja, 3,3 mg de substância ativa em 18 µL de verniz cavitário. Todas os espécimes foram submersos em saliva artificial de manipulação padrão comercial, em temperatura ambiente, pelo período de *overnight*. (Acevedo et al. ³⁸ 2021) A composição química da saliva artificial consistiu em: sorbitol 15%, glicerina branca bidestilada 10%, carboximetilcelulose 0,6%, aloe vera 0,5%, nipagin 0,1%, água qsp 500mL.

Na sequência, metade das amostras de cada grupo (n = 6 para DW, n = 9 para HA, e n = 8 para os demais grupos) foi mantida em saliva artificial, enquanto que a outra metade das amostras (n = 6 para DW, n = 9 para HA, e n = 8 para os demais grupos) recebeu 6.000 ciclos de escovação em máquina de escovação simulada (MSEt, ElQuip, São Carlos, São Paulo, Brasil), a 36°C, com escova macia, e solução 1:2 em peso de creme dental fluoretado : água (1.500 ppm de flúor) (IceClean, Bauru, São Paulo, Brasil), de acordo com protocolo utilizado por Acevedo et al (2021) (Acevedo et al. ³⁸ 2021).

Todas as amostras dos estudos 1 e 2 foram mensuradas para avaliação da rugosidade superficial, através dos parâmetros Ra (rugosidade média) e Rt (rugosidade total), por três pesquisadores treinados e cegos, os quais mensuraram cada amostra em três diferentes direções (horizontal, vertical e diagonal). A média das três regiões foi calculada para cada amostra.

Uma amostra de cada grupo foi levada ao aparelho de microscopia eletrônica de varredura (MEV), o qual também realiza a análise de espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (Oxford Instruments, Abingdon, Oxfordshire, Inglaterra). Cada amostra foi analisada em duas diferentes regiões da superfície dentinária. A partir das imagens obtidas pela microscopia eletrônica, foram realizadas as seguintes análises, por um único pesquisador treinado e cego: a) análise descritiva da superfície dentinária (presença de obliteração de túbulos; e presença de material precipitado), realizada em imagens com 5.000 vezes e 10.000 vezes de aumento; b) contagem do número total de túbulos visíveis *versus* o número de túbulos dentinários obliterados, realizada em imagens com 5.000 vezes de aumento; e c) avaliação do diâmetro dos túbulos dentinários (mensurados com auxílio do *software* ImageJ (U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA)). Para as análises do número e diâmetro de túbulos, foi obtida a média das duas regiões de cada amostra.

Através da análise por EDS, realizada pelo mesmo aparelho do MEV, foi possível detectar elementos químicos presentes nas superfícies dentinárias. Sendo que foi determinado a média do peso percentual de cada elemento químico, para três regiões na superfície intertubular, e outras três regiões na superfície intratubular, para cada uma das amostras que foram analisadas (Figuras 3.2.1 e 3.2.2).

Em relação ao estudo 3, que recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (Anexo I), os pacientes responderam a uma entrevista onde foram coletados dados sobre a idade dos pacientes, escolaridade, renda familiar, tempo de uso do aparelho ortodôntico, e tipo de dentifício que usa (se convencional ou se dessensibilizante). Os pacientes foram questionados sobre a sua rotina e autorrelataram se tinham ou não sensibilidade dentinária, atribuindo um valor de 0 a 10, sendo 0 nenhuma dor, e 10 a pior dor possível (escala NRS – *Numerical Rating Scale* de 11 pontos). Além disso, os pacientes também responderam aos questionários: sobre saúde bucal relacionada à qualidade de vida, questionário OHIP-14 (Anexo II); e sobre a hipersensibilidade dentinária relacionada à qualidade de vida, questionário DHEQ-15 (Anexo III). Procedeu-se, então, com o exame clínico, em que

os pacientes foram submetidos a avaliação da recessão gengival, e aos testes para hipersensibilidade dentinária: tátil, evaporativo com fole, evaporativo com seringa tríplice, e térmico.

O estímulo tátil foi realizado com sonda exploradora número 5, com pressão aproximada de 75 N. O operador, para padronizar a pressão, realizou treinamentos periódicos em balança de precisão. Três movimentos sistemáticos de vai-e-vem foram realizados com a extremidade em formato de gancho da sonda sobre a superfície cervical vestibular dos dentes.

O estímulo evaporativo com fole de borracha foi aplicado a 1 cm de distância da região cervical vestibular dos dentes. A distância foi padronizada através de dispositivo confeccionado com resina acrílica. O fole era acionado de forma padronizada por um único operador, gerando um jato único de ar.

O estímulo evaporativo com seringa tríplice também foi padronizado a 1 cm de distância da região cervical vestibular dos dentes, através de canudo plástico. O botão de ar da seringa era acionado de forma padronizada por um único operador, gerando um jato único de ar.

O estímulo térmico foi aplicado com haste plástica com extremidade em algodão umedecida e congelada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. A extremidade resfriada da haste era aplicada sobre a superfície cervical vestibular durante 2 segundos, ou removida antes, tão logo o paciente expressasse sensibilidade.

Tais estímulos foram aplicados em todos os dentes, individualmente. Para cada dente e cada estímulo, os pacientes atribuíam um valor pela mesma escala NRS descrita acima.

3.4 Análise estatística

Nos estudos 1 e 2, o teste de ANOVA de 2 fatores foi utilizado para a análise de rugosidade. No estudo 3, o teste de qui-quadrado foi usado para análise dos dados demográficos e dicotômicos para presença/ausência de dor; o teste de Kruskal-Wallis foi usado para comparar escores de NRS; e o teste de Mann-Whitney foi usado para avaliação dos questionários OHIP-14 e DHEQ-15. O valor de p considerado como significativo foi $p \leq 0,05$. Os cálculos estatísticos foram realizados através de software GraphPad Prism, versão 9.

4 ARTIGOS CIENTÍFICOS

4.1 Estudo 1 – Eficiência de biovidros experimentais na obliteração de túbulos dentinários

Artigo a ser submetido na revista *Brazilian Oral Research*.

Eficiência de biovidros experimentais na obliteração de túbulos dentinários

Ana Cláudia Dalmolin¹, Bruna Caroline Finkler², Camila Vieira Almeida², Laura Borato Bechtold², Kellen Rutes Silva², Gabrielle Gomes Centenaro², Iolanda Cristina Justus Dechand³, Márcia Thaís Pochapski⁴, Francisco Carlos Serbena⁵, Fábio André dos Santos^{4*}

¹ Aluna de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

² Aluna de Graduação em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

³ Aluna de Pós-Graduação em Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

⁴ Professor em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

⁵ Professor em Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

*** Autor para correspondência:**

Fábio André dos Santos. Rua Carlos Cavalcanti, 4748, Bloco M, Sala 13, Uvaranas, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 84030-900; e-mail: fasantos@uepg.com

RESUMO

Esta pesquisa objetivou avaliar a eficiência de três biovidros experimentais, com diferentes elementos químicos em sua composição, na oclusão de túbulos dentinários. 108 amostras de dentina vestibular cervical foram obtidas de dentes bovinos (4x4x1mm) e usadas neste estudo. Foi aplicado EDTA 24% para remoção da camada de *smear layer* e abertura dos túbulos dentinários. As amostras foram randomizadas entre os grupos: I. Água Destilada (DW); II. Verniz de cavidade (CV); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (CS); 4. Biovidro 45S5 (45S5); V. Biovidro KSr (KSr); VI. Biovidro P (P); e VII. Biovidro PSi (PSi). Os tratamentos foram aplicados nas superfícies das amostras. Metade das amostras de cada grupo foram levadas para escovação simulada com solução de dentifrício fluoretado; a outra metade das amostras não recebeu escovação. Todas as amostras foram analisadas quanto a: a) rugosidade superficial (Ra e Rt); b) análise descritiva da superfície dentinária; c) número total de túbulos dentinários vs. número de túbulos obliterados; d) diâmetros dos túbulos dentinários; e e) composição química das superfícies dentinárias. Os dados obtidos referentes a rugosidade da superfície foram analisados pelo teste de ANOVA de 2 fatores e pós-teste de Bonferroni ($p \leq 0,05$). Todos os grupos tratados com biomateriais, sem escovação, apresentaram aumento da rugosidade e da obliteração (total ou parcial) dos túbulos; o grupo PSi apresentou os melhores valores de obliteração de túbulos; o grupo KSr apresentou as maiores concentrações de cálcio e fósforo. Nos grupos que receberam a escovação, a rugosidade foi controlada pela presença dos biomateriais; KSr e PSi apresentaram bom desempenho na obliteração de túbulos; PSi teve o menor diâmetro de túbulos e a maior concentração de fósforo. Os biovidros KSr e PSi apresentaram o melhor comportamento quanto à obliteração de túbulos dentinários e quanto à composição superficial. Esses são materiais promissores para a obliteração de túbulos dentinários e para a remineralização dentinária, entretanto, mais estudos são necessários.

Palavras-chave: Materiais Biocompatíveis; Dessensibilizantes Dentinários; Técnicas In Vitro; Escovação Dentária; Microscopia Eletrônica de Varredura.

ABSTRACT

This research aims to evaluate the efficiency of three experimental bioglasses, with different chemical elements in their composition, in the occlusion of dentinal tubules. 108 cervical buccal dentin samples were obtained from bovine teeth (4x4x1mm) and used in this study. 24% EDTA was applied to remove the smear layer and open the dentinal tubules. The samples were randomized among groups: I. Distilled Water (DW); II. Cavity Varnish (CV); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (CS); IV. 45S5 Bioglass (45S5); V. KSr Bioglass (KSr); VI. P Bioglass (P); and VII. PSi Bioglass (PSi). Treatments were applied on the samples' surfaces. Half of the samples from each group were taken to simulated brushing with fluoride toothpaste solution, and the other half did not receive brushing. All samples were analysed regarding: a) surface roughness (Ra and Rt); b) descriptive analysis of the dentin surface; c) total vs. occluded number of dentinal tubules; d) diameters of dentinal tubules; and e) chemical composition of dentin surfaces. The surface roughness data were analyzed by the 2-way ANOVA test and Bonferroni's post-test ($p \leq 0.05$). All groups treated with biomaterials, without brushing, showed increase in roughness and (total or partial) occlusion of the tubules; PSi group presented the best values for occlusion; KSr group had the highest calcium and phosphorus concentrations. After brushing, roughness was controlled by the presence of biomaterials; KSr and PSi showed good performance in occlusion; PSi had the smallest diameter of tubules and the highest concentration of phosphorus. KSr and PSi bioglasses showed the best behavior regarding tubule occlusion and superficial composition. These are promising materials for dentin occlusion and remineralization; however, further studies are needed.

Keywords: Biocompatible Materials; Dentin Desensitizing Agents; In Vitro Techniques; Toothbrushing; Microscopy, Electron, Scanning.

INTRODUÇÃO

A hipersensibilidade dentinária (HD) tem sido descrita desde a década de 1980,^{1, 2} e até os dias de hoje ainda não se tem completo entendimento sobre suas causas, diagnóstico, fatores associados, manejo e protocolo de tratamento.

A HD é caracterizada por uma dor aguda e de curta duração que não pode ser atribuída a nenhum outro tipo de doença ou alteração dentária. Essa dor ocorre devido a dentina estar exposta e em contato com estímulos comuns e de baixa intensidade, como estímulos químicos, táteis, osmóticos, térmicos ou evaporativos.^{1, 3-6}

A HD é um problema comum e, apesar de existir uma grande variabilidade entre os estudos, estes apontam prevalência entre 1,3% e 92,1%. Tal variabilidade é parcialmente explicada pelas diferentes características dos estudos de prevalência, como tipo de amostra, forma de recrutamento, número de locais avaliados, e idade dos participantes. Uma revisão sistemática e meta-análise recente apontou que a prevalência média dentre os estudos analisados foi de 33,5% (IC95%: 30,2%-36,7%).⁷

Quando estímulos comuns alcançam túbulos dentinários expostos ao meio, e que estejam abertos (não-obliterados), inicia-se o processo da HD.² Acredita-se que esta condição de estímulo doloroso ocorra devido à movimentação de fluídos no interior dos túbulos dentinários,^{8, 9} a qual atinge os prolongamentos dos odontoblastos presentes nos túbulos dentinários, e ativa os nociceptores localizados no tecido pulpar dentário.^{5, 9}

No manejo da HD, os fatores etiológicos são controlados, ou seja, é realizado o controle de fatores que levam à exposição da dentina e dos túbulos dentinários, como o consumo de bebidas e alimentos ácidos, o bruxismo, a escovação traumática, a gengivite, a periodontite, e a recessão gengival.^{2, 9} O tratamento não-invasivo da HD, usando formulações químicas aplicadas sobre a dentina exposta, é realizado tanto nos consultórios dentários, usando produtos como vernizes, soluções, adesivos, selantes e géis, e também é realizado pelos pacientes, usando produtos como dentifrícios e enxaguantes bucais.^{2, 9}

Vários produtos têm sido desenvolvidos e lançados para o tratamento da HD. O modo de ação destes produtos ocorre através da

interrupção da resposta nervosa ou através da obliteração de túbulos. Estudos recentes tem demonstrado que a obliteração física ou química é mais efetiva do que o placebo em reduzir os sintomas da HD.^{2, 9, 10} A arginina, presente no dentifrício Colgate Sensitive, forma um precipitado capaz de obliterar os túbulos.^{9, 11} Biovidros promovem a formação de hidroxiapatita na superfície dentinária, com consequente obliteração dos túbulos.¹² O biovidro 45S5 foi o primeiro biovidro descrito no tratamento de problemas bucais.¹³ Dentre as características do 45S5 estão: pH baixo, solubilidade em fluídos como a saliva, iniciando a lixiviação de íons e precipitação de uma camada de cálcio e fosfato, que é cristalizada em hidroxiapatita, obliterando túbulos dentinários.¹⁴

Substâncias precursoras dos biovidros contendo fósforo (P), quando adicionados em concentrações específicas nas formulações de biovidros, tendem a aumentar a bioatividade destes biovidros, melhorando a formação de hidroxiapatita na superfície dentinária.¹⁵⁻¹⁸ O silício (Si) é um elemento químico essencial no sistema de biovidros, pois forma uma camada de sílica-gel, a qual é responsável pela troca iônica entre o biovidro e as soluções corporais (como saliva), formando uma camada amorfa de fosfato de cálcio, iniciando a cristalização da apatita.^{14, 19} Sais de potássio (K) e de estrôncio (Sr) são tidos como capazes de diminuir a excitabilidade dos nervos pulpaes, reduzindo a HD,^{9, 20} além de promoverem a precipitação de íons, com consequente obliteração dos túbulos dentinários.^{21, 22}

Embora a obliteração de túbulos tenha sido comprovada pela ciência até certo ponto como efetiva, através de estudos *in situ* e *in vitro*, e através de observações clínicas, os produtos atualmente existentes, em geral, não são resistentes aos fatores etiológicos da HD, como os processos erosivos e abrasivos, que expõem os túbulos dentinários, causam HD e são responsáveis por remover os produtos usados nos tratamentos.² A permanência dos produtos usados para a obliteração de túbulos sobre a superfície dentinária é um desafio para os pesquisadores atuais, que objetivam encontrar produtos que tenham um efeito a longo-prazo para o tratamento da HD.⁹

Biovidros experimentais enriquecidos com substâncias específicas, como o fósforo e o silício, que contribuem para a formação de hidroxiapatita, e o estrôncio e o potássio, que diminuem a excitabilidade neuronal, podem contribuir de forma inovadora com o tratamento da

hipersensibilidade dentinária. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia de biovidros experimentais, que contém K, Sr, P e Si, na obliteração de túbulos dentinários.

MATERIAL E MÉTODO

Preparação de amostra

As amostras foram preparadas de acordo com protocolo de Acevedo et al (2021).²¹ Dentes bovinos, provenientes de mandíbulas que seriam descartadas em açougues, foram extraídos das mandíbulas e armazenados em soro fisiológico a – 20 °C até o momento do uso. Um total de 108 dentes bovinos foram preparados retirando a coroa e dividindo a raiz em duas porções: porção vestibular e porção lingual. A porção lingual foi descartada; e, para padronização das amostras, foi utilizado apenas a região cervical da porção vestibular, a qual foi separada do remanescente dentário através de disco diamantado em baixa rotação (American Burrs, Palhoça, SC, Brasil), obtendo-se espécimes de dentina de formato quadrado (4 mm x 4 mm). A superfície interna foi desgastada em uma lixadeira com refrigeração à água (Aropol E, Arotec, Cotia, SP, Brasil); este desgaste foi realizado até que os corpos de prova tivessem 1 mm de espessura. Lixas de carbetto de silício (Norton, Guarulhos, SP, Brasil) montados na lixadeira foram usados para polir a face vestibular (a sequência da granulação usada foi 600, 1200, e 1500), e também para polir a face interna das amostras (granulação 600), cada granulação foi usada por 15 segundos. Esse procedimento criou uma camada de *smear layer* padronizada em ambos os lados das amostras. A camada de *smear layer* foi removida de todas as amostras aplicando EDTA 24% (pH: 8,0) na superfície vestibular por 5 minutos. As amostras foram lavadas com água destilada morna por 8 minutos em lavadora ultrassônica; e secas individualmente com jato de ar, a 10 cm de distância, por 15 segundos na face vestibular e 15 segundos na face interna.

Biovidros

Os biovidros utilizados no presente estudo diferenciam-se entre si pela proporção em percentual de peso de determinados elementos químicos utilizados durante a sua obtenção. Os biovidros são: a) KSr, biovidro contendo os elementos químicos potássio (K) e estrôncio (Sr); b) P, biovidro que teve, como um de seus precursores, substância contendo o elemento fósforo (P); e c) PSi, biovidro que teve os elementos fósforo (P) e silício (Si) como componentes de substâncias precursoras.

Os três vidros bioativos experimentais foram preparados usando técnica de fusão e resfriamento. A obtenção dos biovidros foi realizada por grupo de pesquisas do Departamento de Física da UEPG, e gentilmente cedido para este estudo. Os materiais precursores (carbonato de cálcio (CaCO_3), carbonato de sódio (Na_2CO_3), sílica Zetasil 3® (SiO_2) (Mineração Santa Rosa Ltda, Pequeri, Minas Gerais, Brasil), pentóxido de fósforo (P_2O_5), carbonato de potássio (K_2CO_3) e carbonato de estrôncio (SrCO_3)) foram secos ($100\text{ }^\circ\text{C}$) por 8 horas e fundidos em cadinho de platina durante 3 horas a $1400\text{ }^\circ\text{C}$. Após a fusão, os vidros foram temperados por resfriamento pela técnica de *splash-cooling*, recozimento a $455\text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 horas, seguido de resfriamento lento com taxa de $2\text{ }^\circ\text{C}$ por minuto; e finalmente, moídos em um moinho de alta energia Mixer/Mill® 8000 - tipo 1 vibratório (Spex SamplePrep, Rickmansworth, Hertfordshire, Inglaterra), em frasco de ágata com poder de moagem 4:1.¹⁹

O biovidro controle, 45S5, foi obtido de acordo com o proposto por Hench.¹³ Enquanto que os biovidros experimentais consistem em modificações do sistema Biosilicato® proposto por Zanotto.²³

Formulações de Biosilicato®, segundo a patente deste biomaterial, podem conter percentagem em peso: entre 40% e 60% de SiO_2 , até 30% de NaO, até 30% de KO, de 15% a 30% de CaO, até 15% de CaF, até 15% de NaF, até 10% de LiO, até 10% de SnO, até 10% de SrO, até 8% de POs, até 6% de FeO, até 3% de MgO, até 3% de BO, até 3% de AlO, e até 3% de ZnO.¹⁹

Os elementos químicos potássio (K), estrôncio (Sr), fósforo (P) e silício (Si) foram utilizados pois têm sido demonstrado bons resultados destes elementos no tratamento da hipersensibilidade, no caso do K e do Sr, e bons

resultados na facilitação do processo de cristalização da hidroxiapatita, nos casos dos elementos P e Si.^{9, 14, 16-22, 24-27}

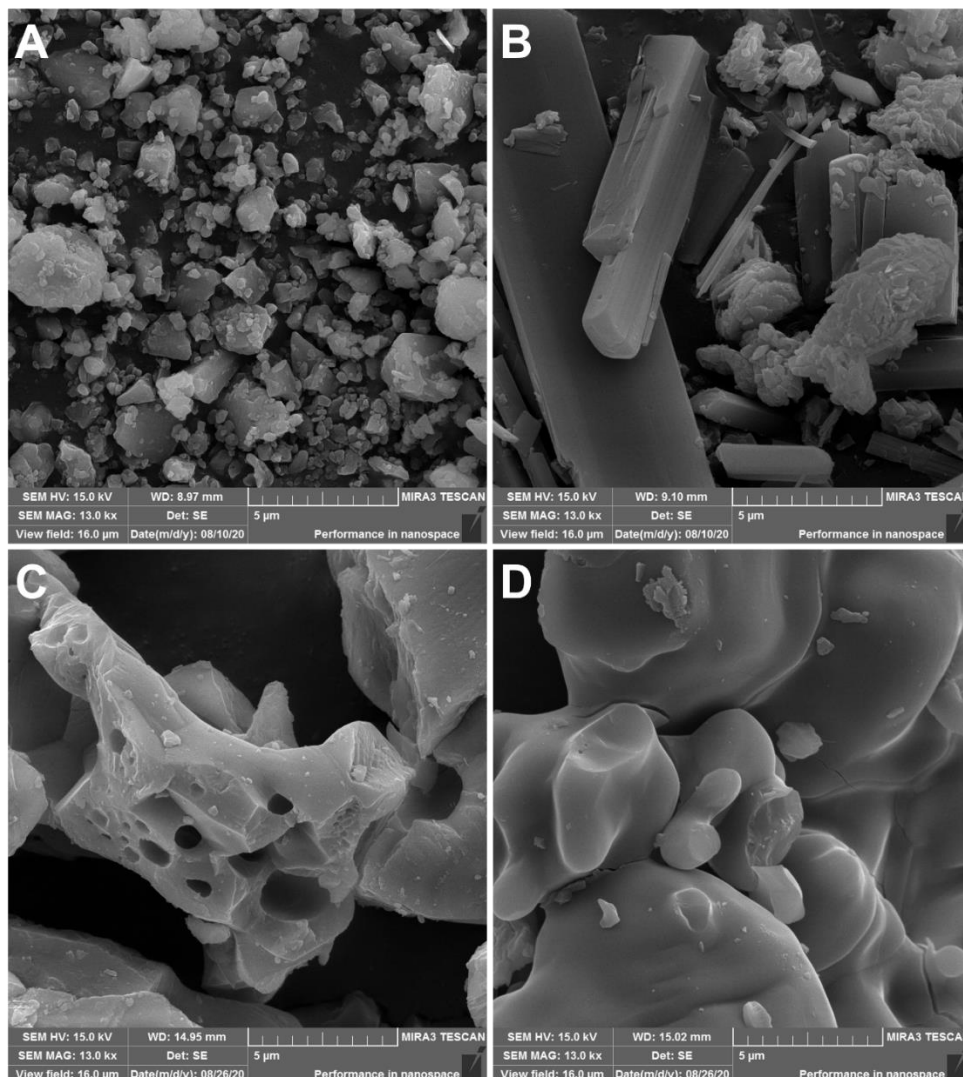
As características morfológicas e composicionais dos biovidros foram detectadas através de MEV / EDS (Vega 3 / Mira 3, Tescan, Brno, República Tcheca). Todos os materiais possuem partículas com formatos irregulares, embora algumas partículas do biovidro KSr sejam semelhantes a paralelepípedos. O tamanho das partículas dos biovidros experimentais varia de 0,04 a 58,4 μm (Tabela 1 e Figura 4.1.1).

Tabela 4.1.1 - Morfologia das partículas e elementos químicos que compõem os biovidros.

Biovidro	Elementos químicos	Formato das partículas	Tamanho das partículas (μm)	
			Média (EPM)	Mediana (IIQ)
45S5	14.8 wt% C, 47.6 wt% O, 14.6 wt% Na, 14.2 wt% Si, 2.2 wt% P, 10.6 wt% Ca	Irregular	0.68 (0.07)	0.41 (0.19 – 1.05)
KSr	13.8 wt% C, 48.2 wt% O, 25.4 wt% Na, 13.9 wt% Si, 2.3 wt% K, 4.2 wt% Ca	Irregular, paralelepípedos	1.98 (0.32)	0.68 (0.21 – 2.11)
P	3.7 wt% C, 44.6 wt% O, 14 wt% Na, 17.6 wt% P, 22.3 wt% Ca	Irregular, porosidades na região interna	6.45 (1.16)	0.59 (0.22 – 11.49)
PSi	5.6 wt% C, 44 wt% O, 9.9 wt% Na, 3 wt% Si, 13.8 wt% P, 26.3 wt% Ca	Irregular	5.70 (1.28)	1.26 (0.55 – 5.06)

*wt% - concentração do elemento químico em percentagem de peso.

Figura 4.1.1 – Morfologia das partículas de biovidros. **A.** Biovidro 45S5. **B.** Biovidro KSr. **C.** Biovidro P. **D.** Biovidro PSi.



Randomização e tratamento

Para determinação do n amostral a compor cada um dos grupos do estudo, foram considerados os resultados e n amostral utilizados em publicações prévias, que avaliaram a rugosidade de superfície em amostras de dentina bovina.^{28, 29} As amostras foram randomizadas entre os grupos de tratamento: I. Água Destilada (DW; n: 12); II. Verniz Cavitário (Cavitine, S.S. White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) (CV; n: 16); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (Colgate-Palmolive Industrial Ltda, S.B. Campo, São Paulo, Brasil) (CS; n: 16); 4. Biovidro 45S5 (45S5; n: 16); V. Biovidro KSr (KSr; n: 16); VI. Biovidro P (P; n: 16); e VII. Biovidro PSi (PSi; n: 16). Os tratamentos foram realizados de acordo

com Acevedo et al (2021),²¹ ou seja, foram friccionados sobre a superfície vestibular das amostras usando um microbrush por 30 segundos. A seguinte quantidade de biomaterial foi aplicada em cada amostra: 20 µL de água destilada para o grupo DW, 5 µL de verniz cavitário para o grupo CV; 2 mm³ do dentifrício para o grupo CS; e uma mistura de 16,6% de biovidro em veículo de verniz cavitário para os grupos 45S5, KSr, P e PSi. Após os tratamentos, todas as amostras foram armazenadas em saliva artificial à temperatura ambiente durante período *overnight*.²¹ A composição química da saliva artificial consistiu em: sorbitol 15%, glicerina branca bidestilada 10%, carboximetilcelulose 0,6%, aloe vera 0,5%, nipagin 0,1%, água qsp 500mL.

Metade das amostras de cada grupo (n = 6 para DW e n = 8 para os demais grupos) permaneceu em saliva artificial, e a outra metade foi levada para máquina de escovação simulada (MSEt, ElQuip, São Carlos, São Paulo, Brasil), segundo o protocolo de Acevedo et al (2021).²¹ Estas amostras receberam 6.000 ciclos de escovação, a 36 °C, utilizando escovas dentais macias (Medfio, Curitiba, Paraná, Brasil) e uma solução com pasta dental fluoretada a 1.500 ppm de flúor (IceClean, Bauru, São Paulo, Brasil), simulando o equivalente a 3 meses de escovação na boca humana.

As análises de superfície foram realizadas para amostras escovadas e não escovadas. Para analisar a rugosidade da superfície, o parâmetro Rt (altura total do perfil) foi mensurado em rugosímetro de superfície Surface Roughness Tester SJ-400 (Mitutoyo Corporation, Kanagawa, Japão), por três pesquisadores treinados e cegos. Cada amostra foi mensurada em 3 diferentes direções, e a média das três regiões foi calculada para cada amostra.

Uma amostra de cada grupo foi selecionada de maneira cega e aleatória. Esta amostra foi analisada em duas diferentes regiões usando Microscopia Eletrônica de Varredura (SEM) e em três diferentes regiões usando Espectroscopia Dispersiva de Energia (EDS) (Oxford Instruments, Abingdon, Oxfordshire, Inglaterra). Com as imagens obtidas pelo MEV, um único pesquisador treinado e cego, avaliou: a) análise descritiva da superfície dentinária (presença de obliteração de túbulos; e presença de material precipitado), realizada em imagens com 5.000 vezes e 10.000 vezes de aumento; b) contagem do número total de túbulos visíveis *versus* número de túbulos dentinários obliterados, realizada em imagens com 5.000 vezes de

aumento; e c) diâmetros dos túbulos dentinários (medidos com o software ImageJ (U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EUA)). Para as análises do número e diâmetro de túbulos, foi obtida a média das três regiões de cada amostra.

Com a análise de EDS, realizada pelo mesmo aparelho do MEV, foram detectados os elementos químicos presentes na superfície dentinária, sendo que foi determinado a média do peso percentual de cada elemento químico, considerando três regiões na superfície intertubular, e outras três regiões na superfície intratubular, para cada uma das amostras que foram analisadas.

Análise estatística

A rugosidade superficial (parâmetros Ra, rugosidade média, e Rt, rugosidade total) foi analisada utilizando ANOVA de 2 fatores, considerando os grupos (biomateriais) e escovação. A normalidade dos dados foi obtida após a transformação logarítmica (Log) (teste D'Agostino-Pearson). Comparações múltiplas foram feitas usando o pós-teste de Bonferroni. O nível de significância foi de 5% ($p \leq 0,05$), e os cálculos estatísticos foram realizados no software GraphPad Prism 9.

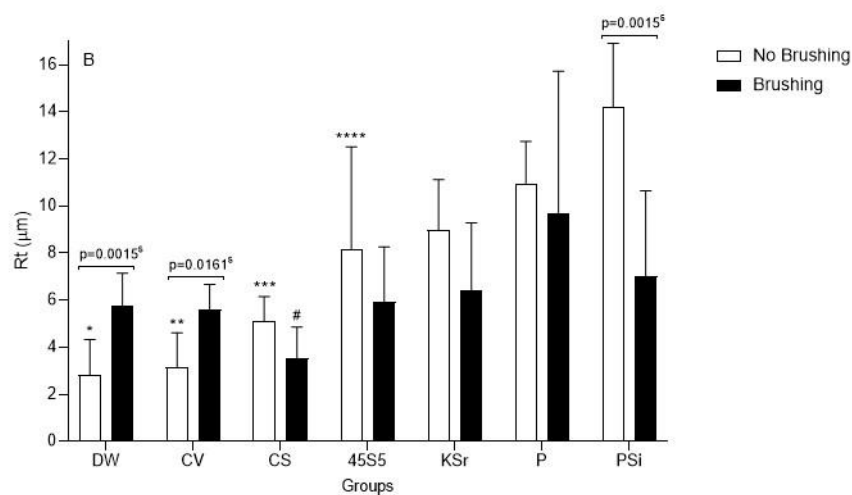
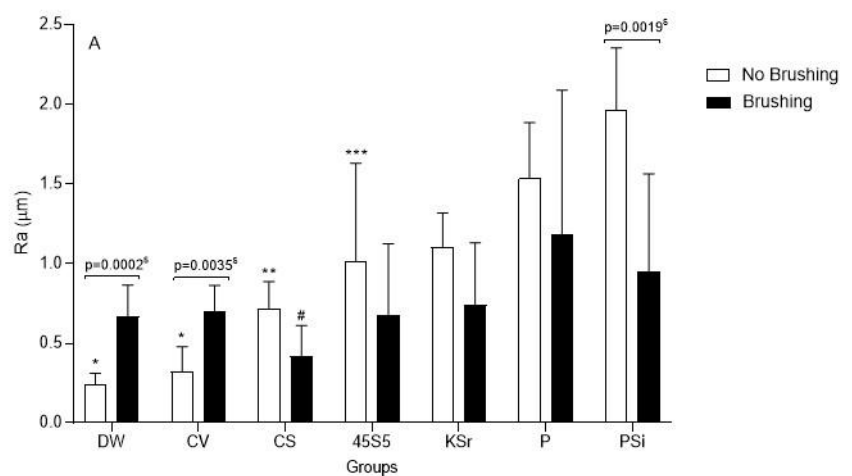
RESULTADOS

Análise de rugosidade de superfície

As análises comparando os diferentes grupos de tratamento sem escovação mostraram que os biomateriais podem promover um aumento na rugosidade da superfície, nos dois parâmetros analisados (Ra e Rt). Porém, após a escovação com dentifrício fluoretado, houve redução na rugosidade da superfície (Figura 4.1.2).

Figura 4.1.2 - Rugosidade da superfície (biovidros). A ANOVA de 2 vias com teste de comparações múltiplas de Bonferroni mostra um efeito significativo da interação entre Biomaterial e Escovação ($p < 0,0001$), há efeito significativo para o fator Biomaterial ($p < 0,0001$), mas não há efeito significativo para o fator de

Escovação ($p = 0,1481$ para Ra; e $p = 0,2352$ para Rt). As comparações intra-grupo mostram que há diferença significativa (S) entre as amostras sem escovação e com escovação para os grupos DW, CV e PSi, para ambos os parâmetros analisados (Ra e Rt). **A.** Rugosidade superficial Ra: Comparações entre os grupos sem escovação - (*) $p < 0,01$ comparando com todos os grupos; (**) $p < 0,05$ comparando com P e PSi; (***) $p < 0,01$ em comparação com PSi. Comparações entre grupos com escovação - (#) $p \leq 0,05$ comparando com P e PSi. **B.** Rugosidade superficial Rt: Comparações entre grupos sem escovação: (*) $p < 0,05$ comparando com CS, 45S5, KSr, P e PSi; (**) $p < 0,01$ comparando com 45S5, KSr, P e PSi; (***) $p < 0,05$ comparando com DW, P e PSi; (****) $p < 0,05$ comparando com PSi. Comparações entre grupos com escovação: (#) $p = 0,001$ comparando com P.

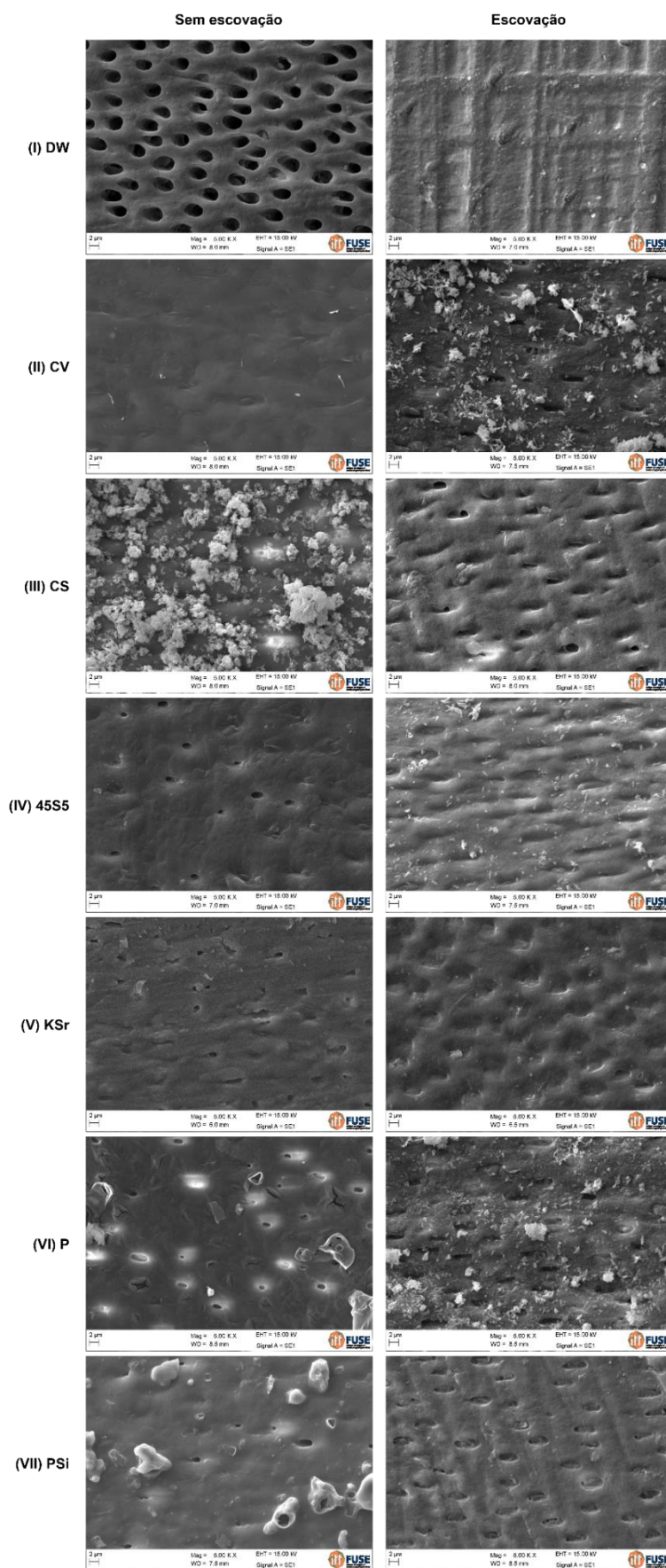


Análise MEV / EDS

Análise descritiva da superfície dentinária

A superfície dentinária dos espécimes analisados por MEV pode ser visualizada na Figura 4.1.3. Após os tratamentos, o grupo DW apresentou túbulos dentinários abertos, enquanto os demais grupos (CV, CS, 45S5, KSr, P e P*Si*) apresentaram a maior parte dos túbulos obliterada pelos biomateriais, principalmente o grupo CV, no qual a obliteração dos túbulos parece ter sido mais homogênea. O grupo CS apresentou superfície dentinária recoberta por aglomerados de diferentes tamanhos, com formatos pontiagudos. Esses aglomerados parecem preferir a entrada dos túbulos dentinários, colaborando com a obliteração dos túbulos. Os grupos P e P*Si* também apresentaram aglomerados na entrada dos túbulos dentinários; entretanto, os aglomerados são mais escassos e lisos em sua aparência. Após a escovação, os túbulos apresentaram obliteração no grupo DW, mas aparentavam estar parcialmente abertos nos grupos CV, CS e P. Nos grupos 45S5 e KSr os túbulos dentinários permaneceram obliterados. E no grupo P*Si*, além dos túbulos dentinários também permaneceram obliterados em sua parte mais interna, os movimentos de escovação sugerem ter retirado a porção superficial do precipitado.

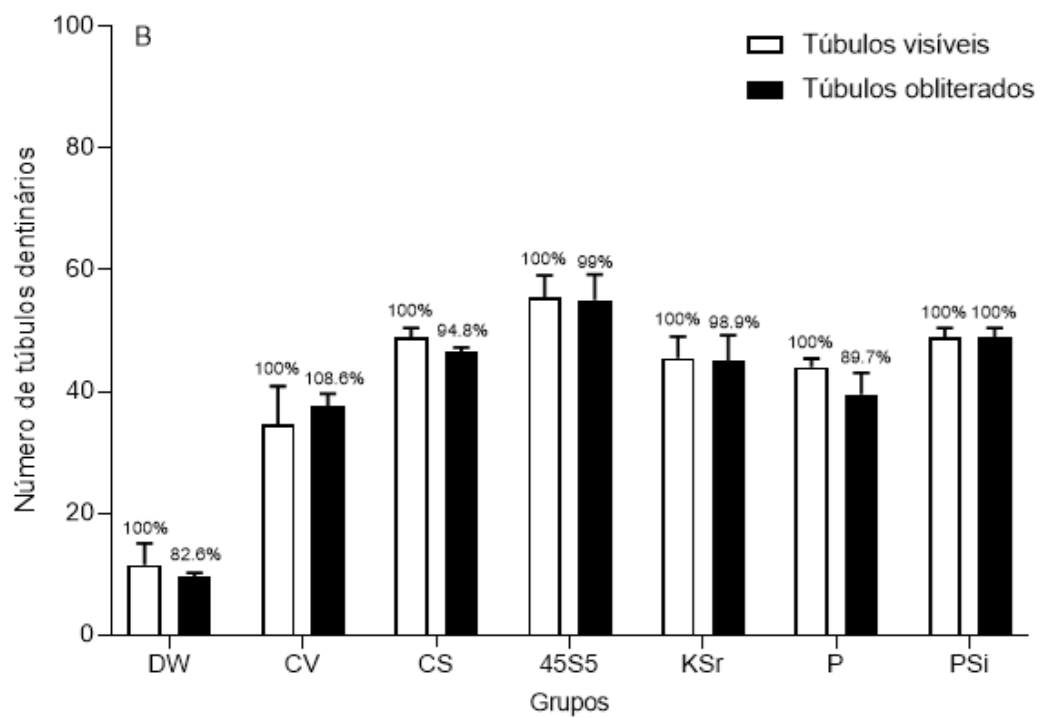
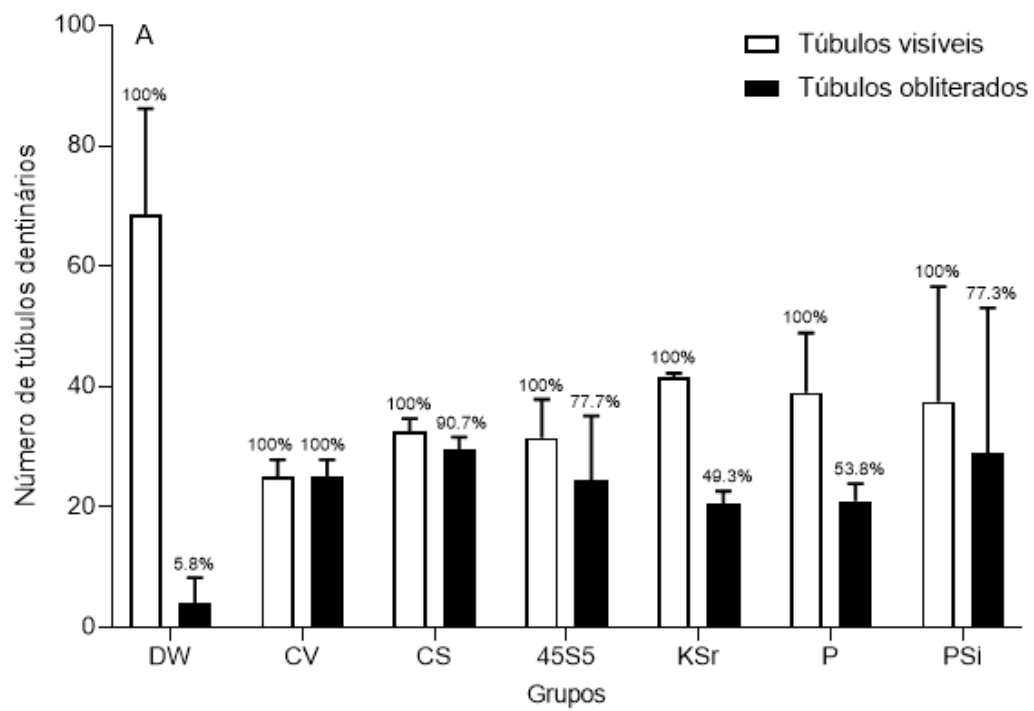
Figura 4.1.3 – Superfície dentinária (biovidros). Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (aumento de 5.000 X, 15 kV) representativas dos espécimes de dentina sem escovação (Sem escovação) e com escovação (Escovação), de acordo com os grupos: I. DW; II. CV; III. CS; 4. 45S5; V. KSr; VI. P; VII. P*Si*.



Número total vs. número de túbulos dentinários obliterados

O número total de túbulos dentinários e o número de túbulos dentinários obliterados em cada imagem analisada por MEV podem ser vistos na Figura 4.1.4. Nas amostras sem escovação, todos os grupos tiveram 49,3% ou mais dos túbulos dentinários obliterados (Figura 4.1.4.A). E nas amostras que receberam escovação, todos os grupos tiveram 82,6% ou mais dos túbulos dentinários obliterados (Figura 4.1.4.B).

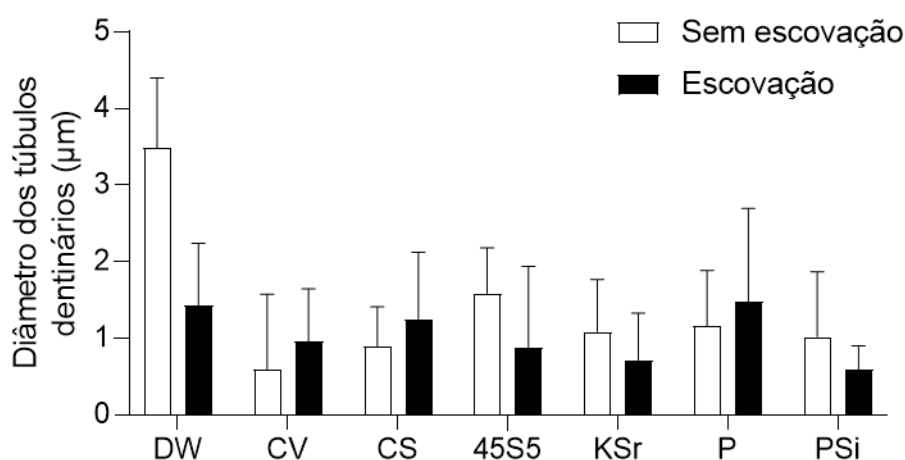
Figura 4.1.4 – Número de túbulos obliterados (biovidros). Distribuição de frequência absoluta (eixo Y) e relativa (%) do número total de túbulos dentinários visíveis em comparação com o número de túbulos dentinários obliterados nas imagens de SEM com aumento de 5.000 X. **A.** Amostras sem escovação. **B.** Amostras com escovação.



Diâmetros dos túbulos dentinários

A análise medindo os diâmetros dos túbulos dentinários (Figura 4.1.5) mostra que todos os tratamentos (sem escovação) reduziram os diâmetros dos túbulos quando comparados à água destilada (DW). Nos grupos sem escovação, o veículo verniz cavitário (CV) reduziu o diâmetro dos túbulos quando comparado à sua aplicação junto com os biovidros 45S5 e P. Entre os grupos de biovidros sem escovação, PSi teve a menor média para o diâmetro dos túbulos, menor que a média de 45S5. Considerando as amostras que receberam escovação, os grupos K Sr e PSi apresentaram comportamento semelhante entre si, e tiveram média menor do que os grupos DW, CS e P. Nas comparações intragrupo, a escovação reduziu as médias do diâmetro tubular nos grupos DW, 45S5 e PSi.

Figura 4.1.5 - Diâmetro dos túbulos dentinários (biovidros).



Composição química das superfícies de dentina

Foi possível observar as diferenças nos elementos químicos presentes nas amostras que não receberam escovação (Sem escovação), quando comparadas àquelas que receberam escovação (Escovação) (Tabela 4.1.2). Considerando as amostras que não receberam escovação (Sem escovação), as maiores concentrações de cálcio (Ca) foram encontradas nos grupos DW e K Sr; e as maiores concentrações de fósforo (P) foram encontradas

nos grupos 45S5 e KSr. Para as amostras que receberam escovação (Escovação), os maiores valores de cálcio (Ca) foram encontrados no grupo DW; e fósforo (P) nos grupos P e PSi. O grupo KSr teve um comportamento peculiar para os elementos químicos C, O, Mg, P e Ca, apresentando-se como o grupo com maior ou menor concentração desses elementos químicos.

Tabela 4.1.2 – Composição química da superfície dentinária em peso percentual (wt% \pm desvio-padrão) (biovidros).

			C	O	Na	Mg	P	Ca
DW	Intertubular	Sem escovação	11.79 (± 1.44)	25.68 (± 5.51)	0 (± 0)	2.21 (± 0.12)	6.89 (± 2.61)	60.4 (± 5.4)
		Escovação	12.94 (± 0.09)	32.08 (± 6.12)	0 (± 0)	0 (± 0)	12.23 (± 5.2)	47.06 (± 9.38)
	Intratubular	Sem escovação	9.7 (± 5.01)	12.76 (± 2.06)	0 (± 0)	1.01 (± 0.37)	19.33 (± 2.66)	57.19 (± 4.74)
		Escovação	10.73 (± 0)	21.37 (± 1.66)	0 (± 0)	0 (± 0)	19.28 (± 1.91)	55.77 (± 5.93)
CV	Intertubular	Sem escovação	34.19 (± 2.19)	21.02 (± 3.26)	0.37 (± 0.01)	0.55 (± 0.06)	13.25 (± 1.27)	30.73 (± 3.28)
		Escovação	11.57 (± 0.62)	30.48 (± 3.49)	0.93 (± 0.04)	1.1 (± 0.07)	16.75 (± 1.67)	39.17 (± 1.59)
	Intratubular	Sem escovação	25.74 (± 10.98)	17.86 (± 12.26)	0.44 (± 0)	0.46 (± 0.01)	14 (± 4.7)	41.79 (± 18.9)
		Escovação	8.42 (± 6.54)	15.53 (± 12.53)	0 (± 0)	0.71 (± 0)	15.7 (± 4.39)	60.10 (± 16.36)
CS	Intertubular	Sem escovação	35.17 (± 10.56)	21.82 (± 2.41)	0.58 (± 0.03)	0.6 (± 0.14)	8.26 (± 1.38)	33.77 (± 14.33)
		Escovação	29.37 (± 4.54)	28.55 (± 4.99)	0 (± 0)	0.93 (± 0.04)	12.12 (± 1.78)	29.04 (± 7.48)
	Intratubular	Sem escovação	5.62 (± 2.18)	3.11 (± 1.51)	0 (± 0)	0.36 (± 0)	17.20 (± 2.78)	74.99 (± 7.18)
		Escovação	15.24 (± 9.5)	16.17 (± 13.21)	0 (± 0)	0.92 (± 0.35)	19.01 (± 5.7)	48.65 (± 17.41)
45S5	Intertubular	Sem escovação	32.78 (± 1.38)	28.35 (± 13.93)	0 (± 0)	0.88 (± 0.23)	15.03 (± 2.23)	34.19 (± 3.92)

		Escovação	20.37 (±2.96)	32.77 (±6)	0 (±0)	0.84 (±0.13)	12.38 (±0.72)	33.92 (±6.54)
	Intratubular	Sem escovação	21.28 (±5)	17.26 (±12.06)	0 (±0)	0.57 (±0.07)	17.40 (±3.73)	43.67 (±13.73)
		Escovação	28.38 (±2.61)	21.46 (±8.18)	0 (±0)	0.87 (±0.03)	12.31 (±1.85)	37.26 (±8.54)
KSr	Intertubular	Sem escovação	10.57 (±4.05)	11.4 (±4.11)	0 (±0)	0 (±0)	17.61 (±1.59)	60.41 (±8.98)
		Escovação	31.45 (±6.14)	29.06 (±3.18)	0.72 (±0)	0.78 (±0.13)	12.04 (±2.42)	26.42 (±7.26)
	Intratubular	Sem escovação	3.56 (±0)	4.64 (±1.54)	0 (±0)	0 (±0)	21.47 (±1.98)	74.25 (±3.47)
		Escovação	23.08 (±3.62)	29.3 (±2.3)	0.6 (±0)	0.87 (±0.05)	15.01 (±0.94)	31.32 (±2.39)
P	Intertubular	Sem escovação	35.49 (±4.02)	27.34 (±4.29)	0.63 (±0)	0.48 (±0.04)	9.74 (±1.88)	26.9 (±6.37)
		Escovação	13.57 (±2.52)	29.67 (±6.49)	0.7 (±0)	0.73 (±0.08)	16.59 (±1.43)	39.21 (±7.25)
	Intratubular	Sem escovação	9.49 (±6.42)	5.77 (±1.84)	0 (±0)	0.4 (±0)	20.58 (±0.69)	65.94 (±10.95)
		Escovação	7.7 (±3.55)	16.78 (±10.78)	0 (±0)	0.89 (±0)	18.41 (±4.02)	56.81 (±10.73)
PSi	Intertubular	Sem escovação	32.14 (±10.36)	22.85 (±12.54)	0 (±0)	0.77 (±0.04)	11.42 (±4.1)	33.07 (±18.71)
		Escovação	16.51 (±2.94)	27.45 (±1.42)	0.49 (±0)	0.71 (±0.1)	16.99 (±1.74)	38.18 (±3.38)
	Intratubular	Sem escovação	27.54 (±14.59)	13.43 (±1.38)	0.43 (±0)	0.79 (±0)	18.15 (±6.32)	44.69 (±15.71)
		Escovação	13.91 (±1.99)	32.6 (±4.3)	0.56 (±0.06)	0.71 (±0.08)	16.80 (±2.11)	35.41 (±4.15)

DISCUSSÃO

Os biovidros experimentais aumentaram a rugosidade da superfície dentinária. Valores baixos da rugosidade dentinária implicam em menos adesão bacteriana, o que leva a menor risco de cárie,^{30,31} uma vez que

a rugosidade da superfície está associada com maior agregação bacteriana;²⁸ a qual cria um ambiente ácido (devido a produção de ácido lático pelas bactérias do biofilme) sobre a superfície dentinária,^{9, 32} o que pode facilitar a dissolução/desprendimento dos materiais obliteradores que foram aplicados sobre a dentina,^{33, 34} e dificultar/impedir a formação de hidroxiapatita, a qual requer um ambiente alcalino para sua correta cristalinização.¹⁹ No entanto, quando os biovidros entram em contato com fluídos biológicos, ocorre um aumento no pH e aumento na pressão osmótica devido a lixiviação de íons, o que torna o ambiente inviável para o crescimento bacteriano, o que talvez seja capaz de evitar a agregação bacteriana³⁵⁻³⁸

Alguns estudos tem mostrado valores mais baixos de rugosidade de superfície após o tratamento da dentina com biovidros.^{31, 39} Contudo, outros estudos demonstraram que dentifrícios convencionais e dentifrícios contendo biovidros ou agentes obliteradores/dessensibilizantes são responsáveis por aumentar a rugosidade de superfície,^{29, 40, 41} a qual parece estar ligada com o tamanho das partículas dos biovidros.³¹ O presente estudo apontou valores de rugosidade mais altos para amostras tratadas com biovidros, sendo que os gráficos de rugosidade parecem refletir o tamanho das partículas, as quais possuem variação dos valores médios entre 0,68 (± 0.07) μm para o 45S5 e 5,70 (± 1.28) μm para o PSi.

Todos os tratamentos testados obliteraram os túbulos dentinários e reduziram os diâmetros dos túbulos quando comparado com a água destilada (DW). O verniz cavitário teve os menores valores de diâmetro, e o PSi teve o menor valor de diâmetro tubular dentre os biovidros. Nas amostras que receberam escovação, há obliteração total dos túbulos dentinários nos grupos 45S5 e KSr, e obliteração dos túbulos em suas regiões mais internas no grupo PSi. Os menores valores de diâmetro após escovação ocorreram para os grupos KSr e PSi. Os resultados para o número e diâmetro dos túbulos estão de acordo com os resultados obtidos nos testes de rugosidade de superfície, ou seja, os tratamentos são capazes de aumentar a rugosidade e promover obliteração dos túbulos. Por outro lado, a escovação realizada depois dos tratamentos tende a promover valores de rugosidade similares entre os grupos, e tende a aumentar o número de túbulos obliterados em todos os grupos em estudo.

A escovação reduziu o diâmetro dos túbulos dentinários no grupo água destilada (DW) e no grupo 45S5, mas aumentou o diâmetro no grupo tratado com verniz cavitário, indicando que o verniz pode ser facilmente removido pela escovação, mas isso não foi observado quando o verniz foi usado como veículo para os biovidros. O verniz cavitário tem uma ação de barreira física quando aplicado na superfície dentinária, o que está de acordo com estudos que afirmam que os vernizes cavitários tem uma boa capacidade de penetração, com ação de barreira física, selamento total ou parcial de túbulos, e que podem ser usado no tratamento e prevenção da hipersensibilidade dentinária e de lesões de cárie.⁴²⁻⁴⁴ Além disso, vernizes podem ser usados como veículo para outros materiais para que estes alcancem o seu efeito terapêutico; no entanto, o efeito dos vernizes dura apenas por um curto período de tempo, requerendo, assim, aplicações múltiplas.⁴³ Assim, o verniz cavitário parece ser um bom veículo para biovidros, uma vez que não interfere na interação entre biovidros e túbulos dentinários, nem mesmo na interação entre biovidros e dentifrício / escovação.

Ciclos de escovação realizados com dentifrícios fluoretados melhoram a obliteração dos túbulos. A escovação com substâncias abrasivas, como hidrogenofosfato de cálcio, pode promover abertura dos túbulos dentinários;⁴⁵ porém, a escovação com agentes fluoretados como dentifrícios contendo flúor, após imersão em saliva artificial, podem promover a obliteração de túbulos.⁴⁶

A interação do flúor com a dentina gera um processo de remineralização em sua superfície. Num esquema proposto por ten Cate (1998), o que ocorre clinicamente na dentina é a liberação de cálcio devido a acidez ambiental, porém o flúor é capaz de recapturar íons de cálcio e mantê-los na superfície dentinária, gerando uma camada de dentina hipermineralizada,⁴⁷ o que pode ser observado nas concentrações do elemento cálcio na análise EDS das amostras do grupo Água Destilada (DW) que receberam escovação. No entanto, esta camada de fluoreto de cálcio é facilmente dissolvida pela dieta do paciente, principalmente se tratar-se de uma dieta ácida.¹²

Neste contexto, os biovidros podem ser usados como agentes remineralizantes e dessensibilizantes.¹² A atividade dos biovidros depende do seu nível de cristalinidade, o qual é alcançado através de adequado controle nos processos de aquecimento e resfriamento durante a sua produção.⁴⁸ A

efetividade dos biovidros na superfície dentinária depende da dissolução das partículas de biovidros e liberação de íons para formar cristais de hidroxiapatita, geralmente hidroxicarbonatoapatita, que oblitera os túbulos dentinários, protege a dentina da desmineralização e facilita o processo de remineralização.¹² Levando isso em consideração, é possível afirmar que, no presente estudo, pode ter ocorrido uma interação entre o flúor do dentifrício e os íons de biovidros presentes na superfície dentinária, favorecendo a formação de hidroxifluorapatita (considerando as amostras que receberam escovação com dentifrício fluoretado) ou outras formações similares à hidroxiapatita, auxiliando no processo de obliteração de túbulos dentinários após os ciclos de escovação (Figuras 4.1.3, 4.1.4, 4.1.5, e Tabela 4.1.2). A ação da escovação sobre a rugosidade de superfície, e o aspecto das imagens em MEV, sugerem que a escovação pode favorecer a deposição das substâncias ativas em profundidade nos túbulos dentinários. Além disso, as superfícies tratadas com KSr tiveram os valores mais altos para as concentrações percentuais de peso do fósforo e do cálcio; isso indica uma possível formação de uma camada de hidroxicarbonatoapatita sobre a superfície dentinária, implicando que este biovidro apresentou bioatividade nos testes *in vitro* de curta duração (aplicação única) realizados neste estudo.

Outra possível interação que pode ter ocorrido na superfície dentinária, após a escovação, é a interação entre dentina e silicato de sódio (componente do dentifrício fluoretado usado nos ciclos de escovação),^{26, 49} e a interação entre biovidro e silicato de sódio, uma vez que óxidos de silicato são elementos constituintes dos biovidros. Os biovidros, quando em contato com fluídos corporais, liberam íons na superfície do tecido biológico e trocam íons com essa superfície, formando, assim, a camada de hidroxicarbonatoapatita. Esse processo, teoricamente, pode ser beneficiado pelos componentes do dentifrício, como flúor, carbonato de cálcio, e silicato de sódio.

Os biovidros experimentais usados neste estudo, KSr, P e PSi, consistem em formulações modificadas do sistema $2\text{Na}_2\text{O} \cdot 1\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2$ com diferentes concentrações de P_2O_5 ; sistema ao qual foram adicionados óxidos de potássio e de estrôncio, ou as concentrações de silicato ou óxido de fósforo foram modificadas. O interesse em modificar este sistema de biovidros está no potencial de obliteração de túbulos dentinários que os elementos químicos K, Sr, P e Si podem prover. Além de, se usados clinicamente, alguns destes íons, como

K e Sr, podem ter ação dessensibilizante neural (atuando nas terminações nervosas presentes na região interna da dentina e externa do tecido pulpar), aumentando o limiar de dor. Íons de potássio (K) agem difundindo-se pelo interior dos túbulos dentinários, bloqueando a ação axonal, e diminuindo a excitabilidade das fibras nervosas.^{20, 50, 51} Já íons de estrôncio seriam capazes de promoverem despolarização das terminações nervosas presentes no dente,^{26, 27} embora a literatura seja escassa sobre os mecanismos pelos quais o processo de bloqueio axonal e despolarização nervosa efetivamente funcionam com estes íons.

Sais de potássio tem potencial dessensibilizante de fibras nervosas, e precipitam cristais de cálcio, favorecendo a obliteração de túbulos dentina.^{24, 25} Os sais de estrôncio também tem potencial dessensibilizante, precipitam componentes metálicos insolúveis sobre a dentina, e podem substituir o cálcio na formação da hidroxiapatita, tornando-a mais resistente estrôncio.^{26, 27}

O uso de óxidos de fósforo como precursores dos biovidros tem resultados promissores, uma vez que precursores de fósforo impactam na estrutura e na bioatividade dos biovidros,¹⁷ induzindo a cristalização e melhorando a taxa de formação da camada de apatita no simulado de fluido corpóreo.^{16, 18}

Colgate Sensitive e o biovidro 45S5 não são substâncias experimentais. Ambas foram amplamente documentadas na literatura como agentes obliteradores.^{13, 14, 52-56} O dentifrício Colgate Sensitive Pro-Relief™ contém carbonato de cálcio, arginina a 8%, e 1450 ppm de flúor em forma de monofluorofosfato de sódio.⁵⁴ A arginina, o principal ingrediente ativo, é um aminoácido obtido com base na função protetora da saliva, que tem um desempenho melhor na presença de pH fisiológico entre 6,5 e 7,5, bicarbonato (tampão de pH), e bicarbonato de cálcio (fonte de cálcio).⁵⁴ Em estudos *in vitro*, o Colgate Sensitive Pro-Relief™ tem se demonstrado capaz de produzir precipitados sobre a superfície da dentina (contribuindo para a obliteração de túbulos).^{53, 54} Portanto, os biovidros experimentais, desenvolvidos com o objetivo de obliterar túbulos dentinários, podem ter sua atividade comparada com o Colgate Sensitive, o qual apresenta bom desempenho e é consumido mundialmente.

Os biovidros foram descobertos em 1969 como um material capaz de formar camadas de hidroxiapatita sobre o osso e repor tecidos ósseos

danificados..^{13, 14} Na odontologia, os biovidros foram usados primeiramente em implantes e nas cirurgias periodontais, e devido às similaridades entre osso e dentina, passaram a ser usados para a obliteração de túbulos dentinários.^{14, 55, 56} Estudos *in vitro* e clínicos tem demonstrado o sucesso do 45S5 na obliteração dos túbulos dentinários e na diminuição da hipersensibilidade dentinária.⁵⁷⁻⁶⁵ Portanto, o biovidro 45S5 pode ser usado como um material de comparação para avaliação do desempenho de outros biovidros obliteradores de túbulos dentinários.

Além das possíveis interações propostas, devemos levar em consideração que a saliva artificial empregada para simular condições bucais, comumente apresenta fosfato e cálcio, que podem ter regulado o pH e favorecido o processo de remineralização dentinária,⁶⁶ o que pode ter isso impresso na análise da composição química por EDS.

É muito importante que os resultados obtidos com o presente estudo não sejam extrapolados para conclusões clínicas, principalmente porque a dinâmica da saliva com a dentina, pelas técnicas que atualmente são conhecidas, não é possível de ser completamente reproduzida em um modelo *in vitro*.² Além disso, é importante considerar que as micropartículas de biovidro podem causar danos aos tecidos gengivais;^{14, 19, 23} embora este risco seja diminuído em caso de aplicação dos produtos em consultório odontológico. Em estudos futuros, devem ser consideradas técnicas para minimizar as extremidades pontiagudas/cortantes das micropartículas, especialmente no caso do biovidro KSr.

Estudos futuros podem ser conduzidos usando outras técnicas, como a Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) para quantificar a variação mineral na superfície da dentina, Difração de Raios-X (DRX) para confirmar a presença de apatita, Microscopia Confocal de Varredura a Laser (CLSM) para mensurar a patência dos túbulos, e a Microscopia de Força Atômica (AFM) para confirmar os resultados de rugosidade.^{2, 39, 67}

Embora a rugosidade de superfície de tecidos duros da boca esteja associada com o crescimento bacteriano,²⁸ a literatura tem mostrado que os biovidros podem promover aumento do pH local.³⁵⁻³⁸ Portanto, a análise de agregação/proliferação bacteriana com ensaios microbiológicos seguido de

análise de imagem por MEV poderiam demonstrar se a alta rugosidade das amostras tratadas com biovidros seria capaz de promover a agregação bacteriana, com conseqüente desprendimento/dissolução do material aplicado. Outra limitação encontrada é a variabilidade na formação da estrutura dentinária entre os diferentes dentes usados para obter as amostras.² Mesmo realizando padronização na forma de obter amostras de dentina, seja em dentes bovinos ou humanos, não é possível eliminar esse viés inerente à técnica.

Modificações no desenho deste estudo podem incorporar análises de médio prazo, e não apenas imediatas, ou seja, realizar a repetição das análises após diferentes intervalos de tempo, a fim de verificar a estabilidade dos tratamentos propostos. Além disso, outros desafios, além dos ciclos de escovação, podem ser realizados, como o desafio ácido, que é um fator muito comum associado com a falha na obliteração de túbulos dentinários.^{9, 32}

Outra limitação identificada foi que as imagens de MEV não foram capazes de capturar regiões onde ocorreu obliteração em profundidade, a qual é uma análise recomendada e extremamente importante para caracterizar a capacidade de obliteração de substâncias em teste.²

CONCLUSÃO

Os biovidros KSr e PSi apresentaram obliteração dos túbulos dentinários e menor diâmetro de túbulos quando comparados com o controle, além de menor diâmetro, após a escovação, do que água destilada, Colgate Sensitive e biovidro P, indicando que a escovação aumenta a capacidade desses biovidros em ocluir os túbulos. O KSr apresentou valores altos para a presença de fósforo e cálcio na superfície dentinária, indicando uma possível formação de hidroxiapatita. Assim, conclui-se que KSr e PSi são materiais promissores para obliteração e remineralização de túbulos dentinários.

REFERÊNCIAS

1. Dowell P, Addy M. Dentine hypersensitivity - a review. Aetiology, symptoms and theories of pain production. *J Clin Periodontol*. 1983;10:341-50.
2. Gillam D. Dentine hypersensitivity. *Advances in diagnosis, management, and treatment*. Switzerland: Springer; 2015. 196 p.

3. Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity. Consensus-Based Recommendations for the Diagnosis and Management of Dentin Hypersensitivity. *J Can Dent Assoc.* 2003;69(4):221-6.
4. Holland GR, Narhi MN, Addy M, Gangarosa L, Orchardson R. Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *J Clin Periodontol.* 1997;24:808-13.
5. Matthews B, Vongsavan N. Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. *Arch Oral Biol.* 1994;39:87S-95S.
6. West NX. Dentine hypersensitivity: preventive and therapeutic approaches to treatment. *Periodontology 2000.* 2008;48:31-41.
7. Zeola LF, Soares PV, Cunha-Cruz J. Prevalence of dentin hypersensitivity: systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2019;81:1-6.
8. Brännström M, Aström A. A study on the mechanism of pain elicited from the dentin. *J Dent Res.* 1964;43(4):619-25.
9. Liu XX, Tenenbaum HC, Wilder RS, Quock R, Hewlett ER, Ren YF. Pathogenesis, diagnosis and management of dentin hypersensitivity: an evidence-based overview for dental practitioners. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):220.
10. Moraschini V, Costa LS, Santos GO. Effectiveness for dentin hypersensitivity treatment of non-carious cervical lesions: a meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2018;22(2):617-31.
11. Petrou I, Heu R, Stranick M, Lavender S, Zaidel L, Cummins D, et al. A breakthrough therapy for dentin hypersensitivity: How dental products containing 8% arginine and calcium carbonate work to deliver effective relief of sensitive teeth. *J Clin Dent.* 2009;20:23-31.
12. Chinelatti MA, Tirapelli C, Corona SAM, Jasinevicius RG, Peitl O, Zanotto ED, et al. Effect of a bioactive glass ceramic on the control of enamel and dentin erosion lesions. *Braz Dent J.* 2017;28(4):489-97.
13. Hench LL. The story of Bioglass. *J Mater Sci Mater Med.* 2006;17(11):967-78.
14. Cruz LPD, Tuñas ITC. Bioactive glass as a treatment option for dentin hypersensitivity. *Rev Bras Odontol.* 2018;75.
15. Li H, Liu W, Zhou HJ, Sun Y, Zhang M, Wang J, et al. In vitro dentine tubule occlusion by a novel toothpaste containing calcium silicate and sodium phosphate. *J Dent.* 2020;103S:100024.
16. Padilla S, Roman J, Carenas A, Vallet-Regi M. The influence of the phosphorus content on the bioactivity of sol-gel glass ceramics. *Biomaterials.* 2005;26(5):475-83.
17. Ren H, Tian Y, Li A, Martin RA, Qiu D. The influence of phosphorus precursor on the structure and properties of SiO₂-P₂O₅-CaO bioactive glass. *Biomed Phys Eng.* 2017;3(4).
18. Xie W, Chen X, Li Y, Miao G, Wang G, Tian T, et al. Facile synthesis and in vitro bioactivity of radial mesoporous bioactive glass with high phosphorus and calcium content. *Adv Powder Technol.* 2020;31(8):3307-17.
19. Zanotto ED, Ravagnani C, Peitl-Filho O, Panzeri H, Lara EHG, inventors. Process and compositions for preparing particulate, bioactive or resorbable biosilicates for use in the treatment of oral ailments. United States 2006.

20. Markowitz K, Bilotto G, Kim S. Decreasing intradental nerve activity in the cat with potassium and divalent cations. *Arch Oral Biol.* 1991;36(1):1-7.
21. Acevedo LA, Campos LA, Dechandt IC, Alegria G, Siqueira RL, Zanotto ED, et al. Effect of bioactive glasses containing strontium and potassium on dentin permeability. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2021.
22. Saeki K, Marshall GW, Gansky SA, Parkinson CR, Marshall SJ. Strontium effects on root dentin tubule occlusion and nanomechanical properties. *Dent Mater.* 2016;32(2):240-51.
23. Siqueira RL, Zanotto ED. Biosilicate: historical of a highly bioactive Brazilian glass-ceramic. *Quim Nova.* 2011;34(7):1231-41.
24. Galvao ADM, Zeola LF, Moura GF, Teixeira DNR, Gonzaga RCQ, da Silva GR, et al. A long-term evaluation of experimental potassium oxalate concentrations on dentin hypersensitivity reduction: a triple-blind randomized clinical trial. *J Dent.* 2019;89:103180.
25. Orchardson R, Gillam DG. The efficacy of potassium salts as agents for treating dentin hypersensitivity. *J Orofac Pain.* 2000;14:9-19.
26. Shiau HJ. Dentin hypersensitivity. *J Evid Based Dent Pract.* 2012;12(3):220-8.
27. Martins CC, Firmino RT, Riva JJ, Ge L, Carrasco-Labra A, Brignardello-Petersen R, et al. Desensitizing toothpastes for dentin hypersensitivity: a network meta-analysis. *J Dent Res.* 2020;99(5):514-22.
28. Cury MS, Silva CB, Nogueira RD, Campos MGD, Palma-Dibb RG, Geraldo-Martins VR. Surface roughness and bacterial adhesion on root dentin treated with diode laser and conventional desensitizing agents. *Lasers Med Sci.* 2017;33(2):257-62.
29. Aguiar JD, Medeiros IS, Silva-e-Souza-Junior MH, Loretto SC. Influence of the extended use of desensitizing toothpastes on dentin bonding, microhardness and roughness. *Braz Dent J.* 2017;28(3):346-53.
30. Quirynen M. The clinical meaning of the surface roughness and the surface free energy of intra-oral hard substrata on the microbiology of the supra- and subgingival plaque: results of in vitro and in vivo experiments. *J Dent* 1994;22:S13-S6.
31. Sheng X-Y, Gong W-Y, Hu Q, Chen X-f, Dong Y-M. Mineral formation on dentin induced by nano-bioactive glass. *Chin Chem Lett.* 2016;27(9):1509-14.
32. Wolff MS, Larson C. The cariogenic dental biofilm: good, bad or just something to control? *Braz Oral Res.* 2009;23:31-8.
33. Francisconi-Dos-Rios LF, Dantas LM, Calabria MP, Pereira JC, Mosquim V, Wang L. Obliterating potential of active products for dentin hypersensitivity treatment under an erosive challenge. *J Dent.* 2021;112:103745.
34. Olley RC, Pilecki P, Hughes N, Jeffery P, Austin RS, Moazzez R, et al. An in situ study investigating dentine tubule occlusion of dentifrices following acid challenge. *J Dent.* 2012;40(7):585-93.
35. Bauer J, Silva-e-Silva A, Carvalho EM, Ferreira PVC, Carvalho CN, Manso AP, et al. Dentin pretreatment with 45S5 and niobophosphate bioactive glass: effects on pH, antibacterial, mechanical properties of the interface and microtensile bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;90:374-80.
36. Dai LL, Mei ML, Chu CH, Lo ECM. Antibacterial effect of a new bioactive glass on cariogenic bacteria. *Arch Oral Biol.* 2020;117:104833.
37. Drago L, Toscano M, Bottagisio M. Recent evidence on bioactive glass antimicrobial and antibiofilm activity: a mini-review. *Materials (Basel).* 2018;11(2).

38. Waltimo T, Brunner TJ, Vollenweider M, Stark WJ, Zehnder M. Antimicrobial effect of nanometric bioactive glass 45S5. *J Dent Res*. 2007;86(8):754-7.
39. Wang Z, Jiang T, Sauro S, Wang Y, Thompson I, Watson TF, et al. Dentine remineralization induced by two bioactive glasses developed for air abrasion purposes. *J Dent*. 2011;39(11):746-56.
40. Anthoney D, Zahid S, Khalid H, Khurshid Z, Shah AT, Chaudhry AA, et al. Effectiveness of thymoquinone and fluoridated bioactive glass/nano-oxide contained dentifrices on abrasion and dentine tubules occlusion: an ex vivo study. *Eur J Dent*. 2020;14(1):45-54.
41. Mullan F, Paraskar S, Bartlett DW, Olley RC. Effects of tooth-brushing force with a desensitising dentifrice on dentine tubule patency and surface roughness. *J Dent*. 2017;60:50-5.
42. Arends J, Duschner H, Ruben JL. Penetration of varnishes into demineralized root dentine in vitro. *Caries Res*. 1997;31:201-5.
43. Davari AR, Ataei E, Assarzadeh H. Dentin hypersensitivity: etiology, diagnosis and treatment; a literature review. *J Dent Shiraz Univ Med Sci*. 2013;14(3):136-45.
44. Ritter AV, Dias WL, Miguez P, Caplan DJ, Swift-Jr EJ. Treating cervical dentin hypersensitivity with fluoride varnish: a randomized clinical study. *J Am Dent Assoc*. 2006;137(7):1013-20; quiz 29.
45. Kuroiwa M, Kodaka T, Kuroiwa TM, Abe M. Dentin hypersensitivity. Occlusion of dentinal tubules by brushing with and without an abrasive dentifrice. *J Periodontol*. 1994;65(4).
46. Shaikh K, Pereira R, Gillam DG, Phad S. Comparative evaluation of desensitizing dentifrices containing BioMin® and fluoride on dentinal tubule occlusion before and after a citric acid challenge – a scanning electron microscope in-vitro study. *J Odontol*. 2018;2(1):1-6.
47. ten Cate JM, Damen JJM, Buijs MJ. Inhibition of dentin demineralization by fluoride in vitro. *Caries Res*. 1998;32:141-47.
48. Deubener J, Allix M, Davis MJ, Duran A, Höche T, Honma T, et al. Updated definition of glass-ceramics. *J Non Cryst Solids*. 2018;501:3-10.
49. Banfield N, Addy M. Dentine hypersensitivity: development and evaluation of a model in situ to study tubule patency. *J Clin Periodontol*. 2004;31(5):325-35.
50. Miglani S, Aggarwal V, Ahuja B. Dentin hypersensitivity: Recent trends in management. *J Conserv Dent*. 2010;13(4):218-24.
51. Peacock JM, Orchardson R. Effects of potassium ions on action potential conduction in A- and C-fibers of rat spinal nerves. *J Dent Res*. 1995;75(2):634-41.
52. Arshad S, Zaidi SJA, Farooqui WA. Comparative efficacy of BioMin-F, Colgate Sensitive Pro-relief and Sensodyne Rapid Action in relieving dentin hypersensitivity: a randomized controlled trial. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):498.
53. Berkathullah M, Farook MS, Mahmoud O. The effectiveness of remineralizing agents on dentinal permeability. *Biomed Res Int*. 2018;2018:4072815.
54. Cummins D. Dentin hypersensitivity: from diagnosis to a breakthrough therapy for everyday sensitivity relief. *J Clin Dent*. 2009;20:1-9.
55. Gillam DG, Tang JY, Mordan NJ, Newman HN. The effects of a novel Bioglass dentifrice on dentine sensitivity: a scanning electron microscopy investigation. *J Oral Rehabil*. 2002;29:305-13.

56. Jones JR, Brauer DS, Hupa L, Greenspan DC. Bioglass and bioactive glasses and their impact on healthcare. *Int J Appl Glass Sci.* 2016;7(4):423-34.
57. Bakry AS, Takahashi H, Otsuki M, Tagami J. The durability of phosphoric acid promoted bioglass-dentin interaction layer. *Dent Mater.* 2013;29(4):357-64.
58. Bakry AS, Tamura Y, Otsuki M, Kasugai S, Ohya K, Tagami J. Cytotoxicity of 45S5 bioglass paste used for dentine hypersensitivity treatment. *J Dent.* 2011;39(9):599-603.
59. Burwell AK, Litkowski LJ, Greenspan DC. Calcium sodium phosphosilicate (NovaMin): remineralization potential. *Adv Dent Res.* 2009;21(1):35-9.
60. Cruz LPD, Hill RG, Chen X, Gillam DG. Dentine tubule occlusion by novel bioactive glass-based toothpastes. *Int J Dent.* 2018;2018:5701638.
61. Freitas SAA, Oliveira NMA, Geus JL, Souza SFC, Pereira AFV, Bauer J. Bioactive toothpastes in dentin hypersensitivity treatment: a systematic review. *Saudi Dent J.* 2021.
62. Juraski AC, Figueredo DC, Daghanli NA, dos-Santos C, Fernandes MHV, da-Ana PA, et al. Effect of a whitlockite glass-ceramic on the occlusion of dentinal tubules for dentin hypersensitivity treatment. *Res, Soc Dev.* 2021;10(3).
63. Layer TM. Development of a fluoridated, daily-use toothpaste containing NovaMin® technology for the treatment of dentin hypersensitivity. *J Clin Dent.* 2011;22:59-61.
64. Litkowski L, Greenspan DC. A clinical study of the effect of calcium sodium phosphosilicate on dentin hypersensitivity — proof of principle. *J Clin Dent.* 2010;21:77-81.
65. Zhu M, Li J, Chen B, Mei L, Yao L, Tian J, et al. The effect of calcium sodium phosphosilicate on dentin hypersensitivity: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2015;10(11):e0140176.
66. Ionta FQ, Mendonca FL, de Oliveira GC, de Alencar CR, Honorio HM, Magalhaes AC, et al. In vitro assessment of artificial saliva formulations on initial enamel erosion remineralization. *J Dent.* 2014;42(2):175-9.
67. Olley RC, Mohsen BM, Alhajj S, Appleton PL. Measurement of eroded dentine tubule patency and roughness following novel dab-on or brushing abrasion. *J Dent.* 2020;98:103358.

4.2 Estudo 2 – Eficiência de hidroxiapatita experimental, obtida a partir de cascas de ovos, na obliteração de túbulos dentinários

Artigo a ser submetido na revista *Journal of Conservative Dentistry* (J Conserv Dent).

Eficiência de hidroxiapatita experimental, obtida a partir de cascas de ovos, na obliteração de túbulos dentinários

Ana Cláudia Dalmolin¹, Bruna Caroline Finkler², Camila Vieira Almeida², Laura Borato Bechtold², Kellen Rutes Silva², Gabrielle Gomes Centenaro², Márcia Thaís Pochapski³, Fábio André dos Santos^{3*}

¹ Aluna de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

² Aluna de Graduação em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

³ Professor em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

*** Autor para correspondência:**

Fábio André dos Santos. Rua Carlos Cavalcanti, 4748, Bloco M, Sala 13, Uvaranas, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 84030-900; e-mail: fasantos@uepg.com

RESUMO

Objetivou-se testar a eficiência da hidroxiapatita experimental, obtida a partir de cascas de ovos, na rugosidade, características e composição superficial, e quanto à obliteração de túbulos dentinários. Realizou-se estudo experimental *in vitro*, no qual 78 amostras de dentina bovina foram preparadas, tiveram seus túbulos dentinários abertos (EDTA 24%), e foram randomizadas dentre os grupos: I. Água destilada (DW; n: 12); II. Verniz Cavitário (CV; n: 16); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (CS; n: 16); IV. Hidroxiapatita comercial NanoP® (NP; n: 16); e V. Hidroxiapatita experimental (HA; n: 18). Após aplicação dos tratamentos, as amostras foram submersas em saliva artificial *overnight*. Metade das amostras de cada grupo foram levadas para escovação simulada; e a outra metade das amostras não recebeu escovação. Todas as amostras foram analisadas para as seguintes variáveis: a) rugosidade de superfície (Ra e Rt); b) análise descritiva da superfície; c) número total vs. número de túbulos obliterados; d) diâmetro dos túbulos; e e) composição química da superfície. ANOVA de 2 fatores foi usado para rugosidade ($p \leq 0,05$). HA teve valores de rugosidade maiores do que todos os outros grupos ($p \leq 0,0047$). HA com escovação teve valor de rugosidade maior do que CS com escovação ($p = 0,0114$), e valor similar ao NP ($p > 0,9$). Quanto à análise descritiva da superfície e quanto ao número de túbulos obliterados, há obliteração total de túbulos no grupo HA sem e com escovação. Na análise do diâmetro dos túbulos, HA sem escovação teve valores maiores do que CV sem escovação; e HA com escovação teve valores maiores do que NP com escovação. Quanto à composição química na região intertubular, HA sem escovação apresentou valores menores para fósforo do que CV sem escovação; e HA com escovação apresentou quantidades de cálcio similares a NP e DW, mas menor do que CS. Concluiu-se que a hidroxiapatita experimental, apesar de promover maior rugosidade, gerou obliteração total nos túbulos dentinários, sendo que esta obliteração se manteve após escovação.

Palavras-chave: Hidroxiapatita; Casca de Ovo; Hipersensibilidade da Dentina; Dessensibilizantes Dentinários.

ABSTRACT

The aim of this study was to test the efficiency of experimental hydroxyapatite, obtained from eggshells, on surface roughness, on surface characteristics and composition, and on occlusion of dentinal tubules. 78 samples of bovine dentin were prepared in an *in vitro* experimental study. The samples had their dentinal tubules opened (EDTA 24%), and were randomized into the groups: I. Distilled water (DW; n: 12); II. Cavity Varnish (CV; n: 16); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (CS; n: 16); IV. Commercial hydroxyapatite NanoP® (NP; n: 16); and V. Experimental hydroxyapatite (HA; n: 18). After applying the treatments, the samples were submerged in artificial saliva overnight. Half of the samples from each group received simulated brushing; and the other half of the samples did not receive brushing. All samples were analyzed according to the following variables: a) surface roughness (Ra and Rt); b) descriptive analysis of the dentin surface; c) total number vs. number of occluded tubules; d) diameter of the tubules; and e) chemical composition of the surface. Two-way ANOVA was used for roughness data analysis ($p \leq 0.05$). HA had higher roughness values than all the other groups ($p \leq 0.0047$). HA-brushing had a higher roughness value than CS-brushing ($p = 0.0114$) and similar value to NP ($p > 0.9$). Regarding surface characteristics and number of obliterated tubules, there was total occlusion of tubules in the HA group with and without brushing. In the analysis of tubule diameter, HA had higher values than CV; and HA-brushing had higher values than NP-brushing. Considering the chemical composition results in the intertubular region, HA presented lower values for phosphorus than CV; and HA-brushing presented amounts of calcium similar to NP and DW, but lower than CS. The experimental hydroxyapatite, despite promoting greater roughness, generated total occlusion in the dentinal tubules, and this occlusion occurred even after brushing.

Key-words: Hydroxyapatite; Egg Shell; Dentin Hypersensitivity; Dentin Desensitizing Agents.

INTRODUÇÃO

A hipersensibilidade dentinária cervical (HDC) acomete em média 33,5% da população.¹ É uma condição caracterizada por dor aguda, localizada, e de curta duração, que afeta dentes com túbulos dentinários expostos ao meio bucal.² Esse processo doloroso ocorre frente a estímulo comuns e de baixa intensidade, os quais consistem em estímulos térmicos, químicos, osmóticos e evaporativos.² O processo de exposição de túbulos dentinários pode ocorrer por desgaste da estrutura dentária (perda do esmalte e cemento) e/ou por recessão gengival, geralmente devido erosão e/ou abrasão, provocados por situações comuns como escovação traumática e ingestão de bebidas ou alimentos ácidos.³

A teoria mais aceita, que explica o mecanismo de ação da HDC, é a teoria hidrodinâmica,^{4, 5} a qual defende que os estímulos supracitados são capazes de promover a movimentação de fluídos no interior do túbulos dentinários, promovendo, assim, a estimulação dos terminais das células nervosas pulpares presentes na entrada dos túbulos dentinários, gerando dor aguda e transitória.⁴⁻⁶

O tratamento da HDC constitui-se, atualmente, em um desafio clínico.² O manejo inclui orientação sobre a escovação e a prevenção, eliminação dos fatores predisponentes, tratamento não-invasivo e tratamento invasivo. O tratamento invasivo inclui restaurações e cirurgias (em tecidos moles e/ou duros). O tratamento não-invasivo consiste em duas formas de tratamento, a primeira é através do bloqueio ou interrupção da resposta nervosa, e a segunda ocorre pela obliteração dos túbulos dentinários, o que impede a movimentação dos fluídos dentinários.⁵ Muitos são os produtos propostos tanto para a primeira, como para a segunda forma de tratamento, seja para aplicação pelo paciente em seu domicílio, seja para aplicação pelo clínico em consultório. Como exemplos, se pode citar produtos que possuem como ingredientes ativos: agentes adesivos, vernizes fluoretados, glutaraldeído, potássio, estrôncio, flúor, estanho, oxalatos, fosfosilicatos de cálcio, arginina, e hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$).⁷ No entanto, ainda hoje, apesar de muitas pesquisas sobre o assunto, existem incertezas quanto ao manejo e tratamento da HDC.^{2, 8}

A hidroxiapatita (HA) tem sido usada no tratamento da HDC, com resultados superiores a outros tratamentos;^{9, 10} sendo o componente naturalmente predominante na constituição dos dentes, a hidroxiapatita é tida como um obliterador natural.¹¹⁻¹⁵ São vários os métodos de obtenção de HA, como precipitação,^{16, 17} sol-gel,¹⁸ fusão de sais,¹⁶ e eletrospinning.¹⁶ Porém, a maioria destes métodos utiliza processos de alto custo.

Cascas de ovos são fonte de carbonato de cálcio (CaCO_3),^{19, 20} um precursor para a obtenção da HA por métodos químicos. Diariamente toneladas de cascas de ovos são jogadas no lixo,^{19, 20} indicando que uma fonte de recurso biodegradável está à disposição.

Atualmente, o ovo tem sua produção em massa realizado pela indústria globalmente, tendo sido um alimento que vem em crescente aceitação como rico em proteína de qualidade, o que tem feito o consumo e, conseqüentemente, a sua produção crescer consideravelmente.^{21, 22} O ovo é constituído por casca, membrana, albúmen (clara), e vitelo (gema).^{21, 23} As cascas de ovos, as quais normalmente são descartadas, correspondem de 10 % a 12 % do peso de um ovo inteiro.^{19, 24} De 91 % a 95 % da casca (em peso) é composta por carbonato de cálcio (CaCO_3); de 1 % a 5 % por carbonato de magnésio (MgCO_3), de 1 % a 2 % por fosfato de cálcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) e 4 % por matéria orgânica, como proteína.^{21, 23, 25-27}

As cascas de ovos são consideradas lixo, um resíduo sólido descartado em grande escala, estima-se que seja descartado 8 milhões de toneladas de cascas de ovos por ano, sendo um desafio ambiental, pois são, em sua maioria, diretamente enviadas a aterros sem nenhum pré-tratamento, onde apodrecem e tornam-se foco de poluição, contribuindo para aumentar a pegada de carbono quando enterradas, favorecendo, assim, para o efeito estufa e para o aquecimento global.^{20, 22, 24, 25, 28-30} Apesar de poluidoras, as cascas de ovos têm aplicação na agricultura, como catalisador de biodiesel, no tratamento da água, dentre outros usos.¹⁹ Pouco ou em nada é utilizada na odontologia, embora, as cascas de ovos constituam-se como fonte de carbonato de cálcio.²⁸ Assim, é desejável que as cascas de ovos sejam convertidas em materiais úteis, como parte da construção de um processo sustentável.²²

Vários são os métodos atualmente disponíveis para a obtenção de hidroxiapatita sintética, como os métodos de precipitação,³¹ térmico,³²

reações em estado sólido,³³ sol-gel,³⁴ síntese por combustão,³⁵ e emulsão,³⁶ por exemplo. Um método que se destaca por poder ser conduzido a temperatura ambiente, ter menor custo e maior escalabilidade é o método da precipitação.³¹⁻³⁶ A hidroxiapatita experimental utilizada no presente estudo é obtida através de técnica de precipitação, o que torna o material interessante pelo seu potencial competitivo no mercado, uma vez que a própria técnica de obtenção tem os benefícios supracitados, bem como o principal precursor proposto, cascas de ovos, auxiliam ainda mais na redução de custos e na escalabilidade.

Assim, um produto de baixo custo, como a hidroxiapatita obtida de cascas de ovos, constitui-se em uma inovação competitiva para o tratamento da hipersensibilidade dentinária. Levando estas informações em consideração, o objetivo do presente trabalho foi testar a eficiência da hidroxiapatita experimental, obtida a partir de cascas de ovos e aplicada sobre amostras de dentina, a fim de observar a rugosidade superficial, as características de superfície, a obliteração de túbulos dentinários, e a composição química das superfícies tratadas.

MATERIAL E MÉTODO

Preparação das amostras e obtenção da hidroxiapatita

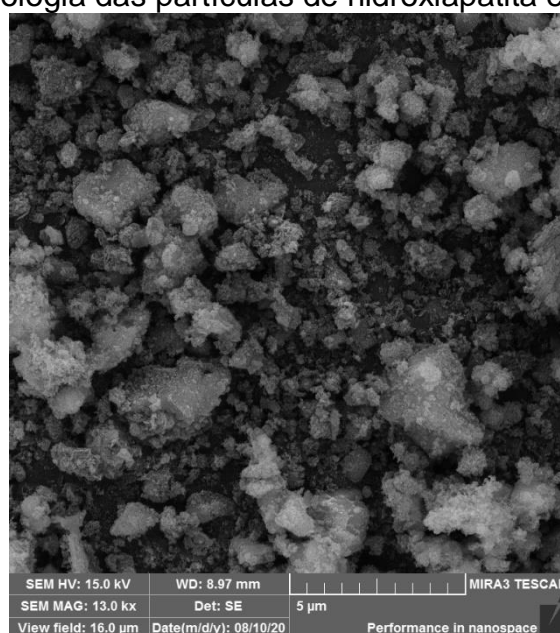
As amostras foram preparadas seguindo o protocolo de Acevedo et al (2021).³⁷ Mandíbulas bovinas, provenientes de descarte de açougues, tiveram os seus dentes extraídos e armazenados em soro fisiológico a – 20 °C até o momento do uso. Setenta e oito amostras de dentina foram obtidas. Tais amostras foram retiradas, de forma padronizada, da região cervical vestibular dos dentes bovinos, através de fresas de baixa rotação, de tal modo que, ao final, as amostras mediam 4x4 mm. Foram desgastadas na face interna em lixadeira refrigerada com água até alcançarem a espessura de 1 mm; e levemente desgastadas na face vestibular para planificação e polimento com sequência de lixas de carbetto de silício de granulação 600, 1200 e 1500. Os túbulos dentinários foram abertos com EDTA 24% (pH 8,0) durante 5 minutos. As amostras receberam enxágue em água destilada em cuba ultrassônica por 8 minutos, e foram secas com jato de ar por 15 s a 10 cm de cada face de cada

espécime. A hidroxiapatita experimental foi obtida a partir de cascas de ovos, através de protocolo conduzido por equipe de pesquisa do Departamento de Química da UEPG, que gentilmente concedeu este biomaterial para o presente estudo. Para obtenção da hidroxiapatita, foi modificado método proposto por Kumar et al (2012),³⁸ de tal modo que o precursor, ou seja, cascas de ovos, foi fervido em água, seco em estufa, moído manualmente, imerso em hipoclorito de sódio, lavado e filtrado, seco a 110 °C durante 5 horas, misturado com solução a 1 M de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), submerso em fosfato de sódio dibásico (Na₂HPO₄) com pH corrigido para 13, irradiado em microondas (600W, 2,5 GHz) durante 10 minutos, e finalmente lavado e obtido um precipitado branco, que consistiu em hidroxiapatita. As características morfológicas deste biomaterial podem ser observadas na Tabela 4.2.1 e na Figura 4.2.1.

Tabela 4.2.1 – Morfologia das partículas e elementos químicos que compõem a hidroxiapatita experimental.

Elementos químicos	Formato das partículas	Tamanho das partículas (µm)	
		Média (± DP)	Varição no tamanho das partículas
27.9 wt% C, 44.1 wt% O, 0.3 wt% Na, 5.7 wt% P, 22.6 wt% Ca, 0.3 wt% Fe	Irregular, partículas ovais	0,702 (± 0,788)	0,028 - 3,057

Figura 4.2.1 – Morfologia das partículas de hidroxiapatita experimental.



Randomização e tratamento

Para determinação do n amostral, foram consideradas publicações prévias, que avaliaram a rugosidade de superfície em amostras de dentina bovina.^{39, 40} As amostras foram randomizadas dentre os seguintes grupos: I. Água destilada (DW; n : 12); II. Verniz Cavitário (Cavitine, S.S. White, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) (CV; n : 16); III. Colgate® Sensitive Pro-Relief™ (Colgate-Palmolive Industrial Ltda, S.B. Campo, São Paulo, Brasil) (CS; n : 16); IV. Hidroxiapatita comercial NanoP® (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) (NP; n : 16); e V. Hidroxiapatita experimental (HÁ; n : 18). Os tratamentos foram realizados seguindo o estudo de Acevedo et al (2021).³⁷ Ou seja, os tratamentos dos grupos DW, CV, CS e HÁ foram realizados friccionando durante 30 segundos o biomaterial sobre a superfície vestibular das amostras. A aplicação do NanoP seguiu as orientações do fabricante, o material foi friccionado com microbrush sobre a superfície dentária durante 10 segundos e, após 5 minutos de repouso, foi removido o excesso com bolinha de algodão umedecido. A quantidade de material aplicada foi a seguinte: 20 μ L de água destilada para o grupo DW; 5 μ L de verniz cavitário para o grupo CV; 2mm³ de Colgate Sensitive ou de NanoP para os grupos CS e NP, respectivamente; e uma mistura na concentração de 16,6% de hidroxiapatita experimental em veículo de verniz cavitário para o grupo HÁ. Após os tratamentos, as amostras foram armazenadas em temperatura ambiente, em saliva artificial durante o período *overnight* (Acevedo et al, 2021).³⁷ A composição química da saliva artificial consistiu em: sorbitol 15%, glicerina branca bidestilada 10%, carboximetilcelulose 0,6%, aloe vera 0,5%, nipagin 0,1%, água qsp 500MI.

Metade das amostras de cada grupo (n = 6 para DW, n = 9 para HÁ, e n = 8 para os demais grupos) receberam escovação simulada e a outra metade não recebeu escovação e permaneceu em saliva artificial. Para as amostras que receberam escovação, a escovação foi realizada em máquina de escovação simulada (MSEt, EIQuip, São Carlos, São Paulo, Brasil), realizando 6.000 ciclos (equivalente a 3 meses de escovação em boca), a 36 °C, com solução de creme dental fluoretado (1500 ppm) e escovas macias, segundo o utilizado por Acevedo et al (2021).³⁷

Todas as amostras foram analisadas, por três pesquisadores treinados e cegos, considerando os parâmetros Ra (rugosidade média) e Rt (rugosidade total) de rugosidade superficial. Cada amostra foi analisada em três diferentes direções, e a média das três regiões foi calculada para cada amostra.

Uma amostra de cada grupo foi selecionada de maneira cega e aleatória. Esta amostra foi analisada, em duas regiões, em microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (Oxford Instruments, Abingdon, Oxfordshire, Inglaterra). Com as imagens obtidos em MEV, um único pesquisador treinado e cego, realizou: a) análise descritiva da superfície dentinária (obliteração de túbulos; e material precipitado), realizada em imagens com 5.000 vezes e 10.000 vezes de aumento; b) contagem do número total de túbulos visíveis *versus* número de túbulos dentinários obliterados, realizada em imagens com 5.000 vezes de aumento; e c) mensuração do diâmetro dos túbulos dentinários com o *software* ImageJ (U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA)). Para as análises do número e diâmetro de túbulos, foi obtida a média das duas regiões de cada amostra.

Com a análise de EDS, realizada pelo mesmo aparelho do MEV, foram detectados os elementos químicos presentes na superfície dentinária, sendo que foi determinado a média do peso percentual de cada elemento químico, para três regiões na superfície intertubular, e outras três regiões na superfície intratubular, para cada uma das amostras que foram analisadas.

Análise estatística

Uma vez que o *software* estatístico apontou que os dados para rugosidade apresentaram, para alguns grupos, n amostral muito pequeno para o cálculo da normalidade, foi acrescentado média e mediana para estes grupos, e, então, todos os dados apresentaram normalidade (teste de D'Agostino & Pearson). Prosseguiu-se com a análise estatística de ANOVA de 2 fatores com pós-teste de Bonferroni. As análises foram realizadas no *software* GraphPad Prism, versão 9.

RESULTADOS

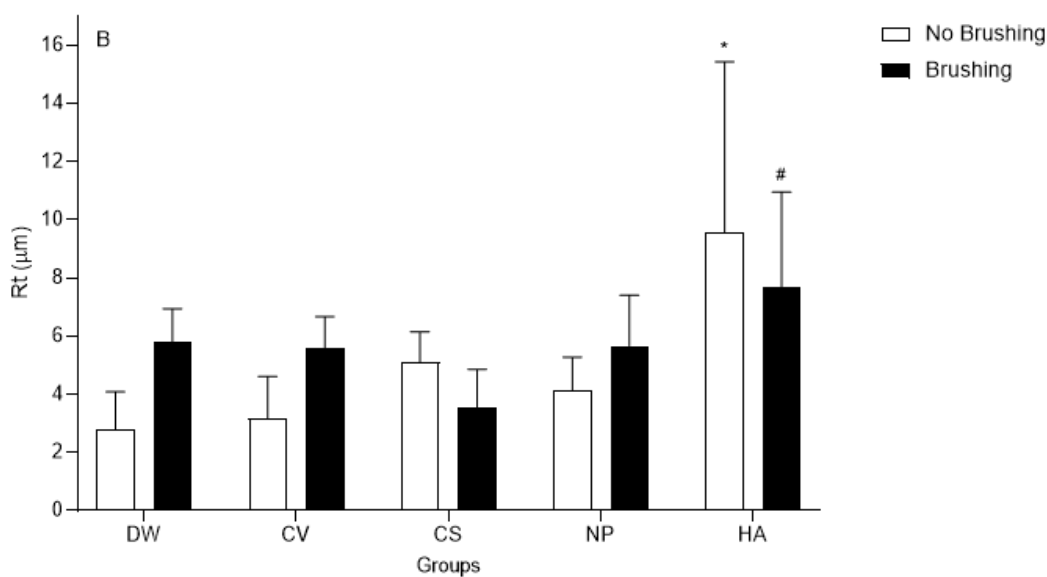
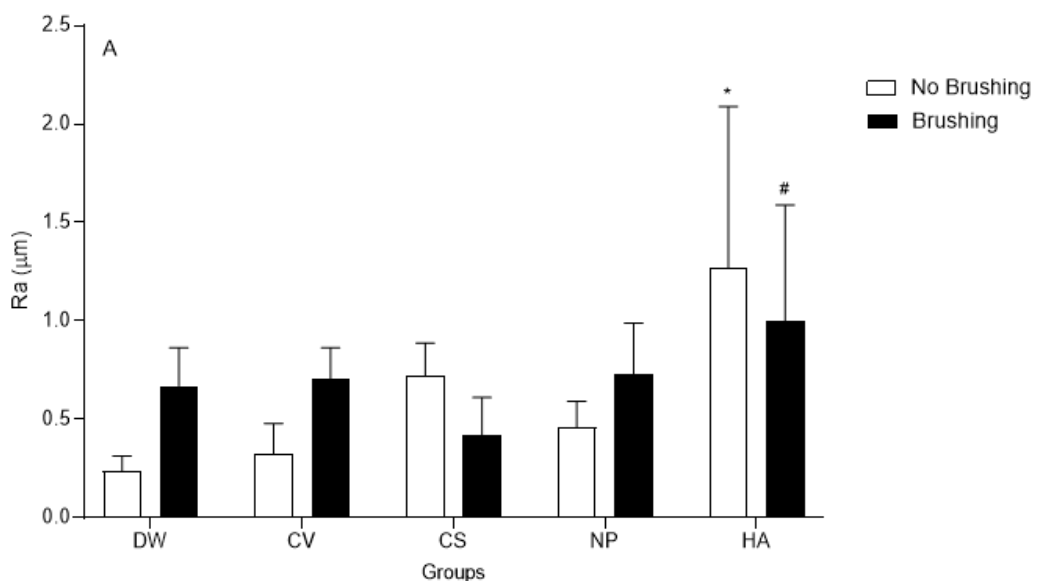
Rugosidade de superfície

A análise da rugosidade de superfície (Figura 4.2.2) mostrou que há diferenças entre os biomateriais ($p < 0,0001$). O teste de ANOVA de 2 fatores apontou que há interação entre o fator “biomaterial” e “escovação” ($p = 0,0124$).

Os grupos tratados com hidroxiapatita, com ou sem escovação, foram os que apresentaram os maiores valores de rugosidade.

Na comparação entre os grupos que não receberam escovação, foi observado que o grupo HA tem valores de rugosidade significativamente maiores do que todos os outros grupos ($p \leq 0,0047$). Quando comparando os grupos que receberam escovação, HA apresentou rugosidade significativamente maior do que o grupo CS ($p = 0,0114$), e não apresentou diferença em relação ao grupo NP ($p > 0,9$). Nas comparações intra-grupo, não foram observadas diferenças entre os grupos que não receberam escovação e os que receberam escovação.

Figura 4.2.2 – Rugosidade de superfície (hidroxiapatita experimental). Há efeito significativo da interação entre o fator “biomaterial” e “escovação” ($p = 0,0067$ para Ra; e $p = 0,0124$ para Rt) e há efeito significativo do fator “biomaterial” ($p < 0,0001$ para Ra e Rt). **A.** Parâmetro Ra. **B.** Parâmetro Rt. Na comparação entre os grupos que não receberam escovação (Sem escovação - barras brancas): (*) $p < 0,03$ comparando com todos os outros grupos. Na comparação entre os grupos que receberam escovação (Escovação - barras pretas): (#) $p < 0,02$ comparando com CS. ANOVA de 2 vias com pós-teste de Bonferroni.

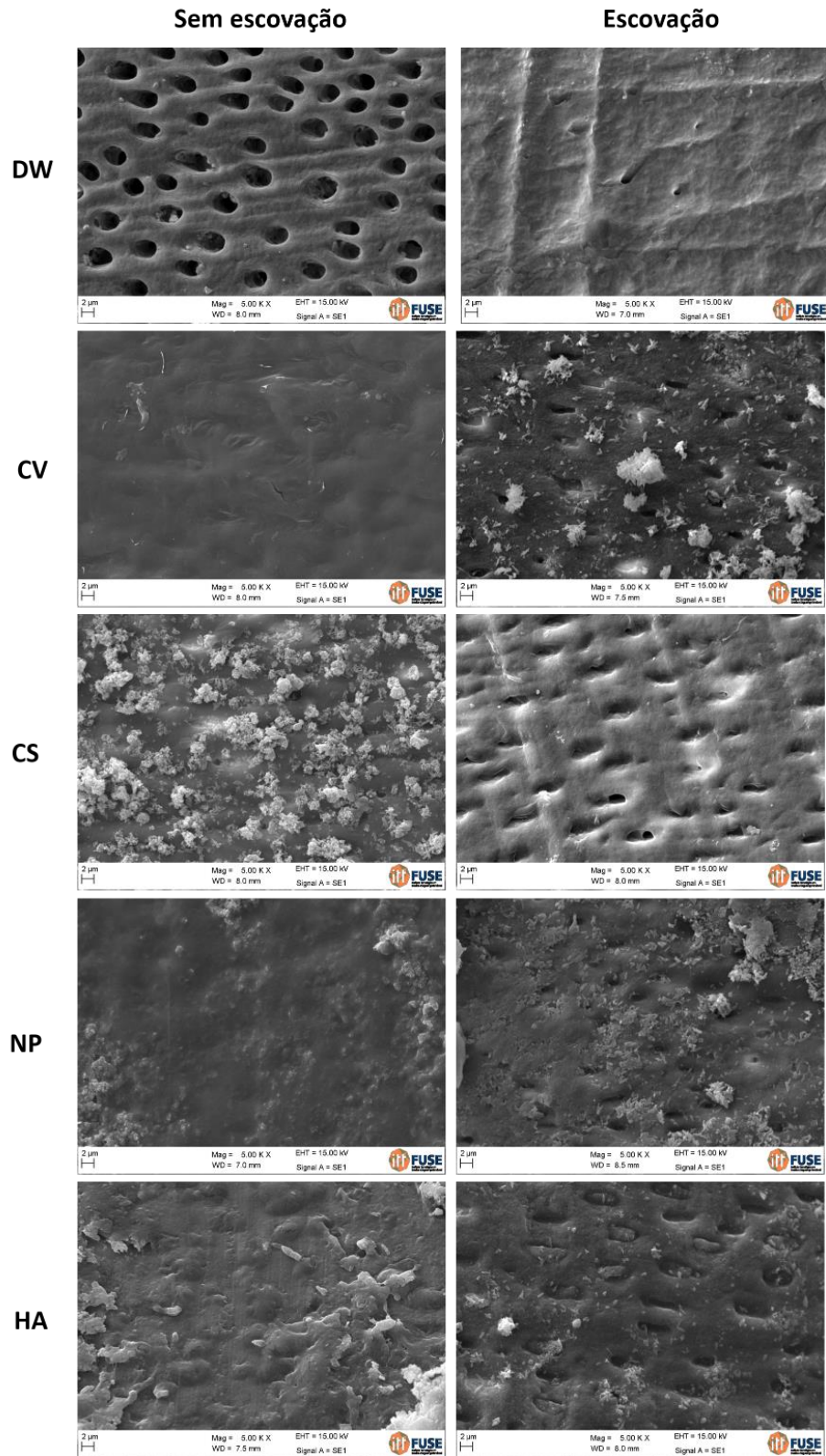


Microscopia eletrônica de varredura

Análise descritiva da superfície dentinária

Ao observarmos as amostras que receberam os tratamentos de superfície, mas que não receberam escovação (Figura 4.2.3 – coluna da esquerda), observamos túbulos abertos e expostos no grupo DW; há obliteração total de túbulos nos grupos CV, NP e HA; há obliteração parcial de túbulos no grupo CS; a superfície encontra-se lisa e homogênea nos grupos CV, NP e HA; há aglomerados abundantes no grupo CS. Nas amostras que receberam escovação (Figura 4.2.3 – coluna da direita), é possível perceber que ocorreu deposição do dentifício fluoretado na amostra DW de forma homogênea; ocorreram modificações no aspecto da superfície nos grupos CV, CS, NP e HA, indicando possível remoção dos tratamentos de superfície nessas amostras; porém há permanência de obliteração parcial de túbulos nas amostras CV, CS, NP; e há permanência de obliteração total no grupo HA, com a formação de *plugs* na embocadura dos túbulos dentinários.

Figura 4.2.3 – Superfície dentinária (hidroxiapatita experimental). Nas linhas estão os diferentes tratamentos de acordo com os grupos (DW, CV, CS, NP, e HA), na coluna da esquerda estão as amostras que não receberam escovação (Sem escovação), e na coluna da direita estão as amostras que receberam escovação (Escovação). Microscopia eletrônica de varredura, magnificação de 5.000 X, e 15 kV.

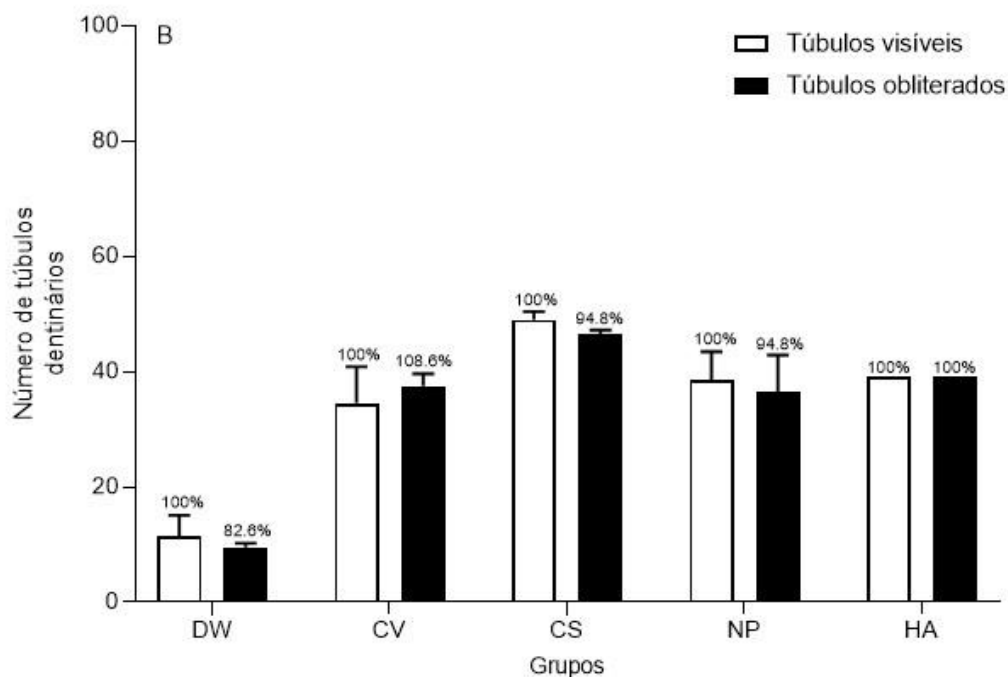
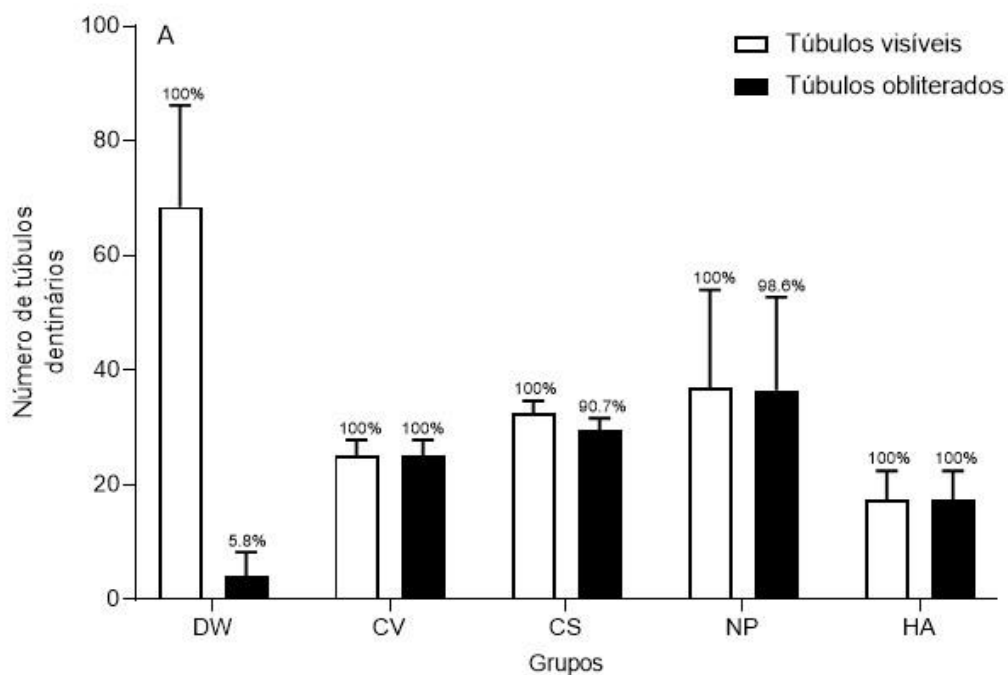


Número de túbulos dentinários

Na comparação entre o número total de túbulos dentinários visíveis e o número de túbulos obliterados (Figura 4.2.4), foi possível observar

que nas amostras que receberam a aplicação dos tratamentos, mas que não receberam escovação, há obliteração de pelo menos 90,7% nos grupos CV, CS, NP, e HA, sendo que o grupo DW apresentou menos de 6% dos túbulos obliterados. Nas amostras que receberam os tratamentos seguido da escovação, há obliteração de pelo menos 94,8% nos grupos CV, CS, NP e HA; e o grupo DW apresentou obliteração de 82,6% dos túbulos dentinários.

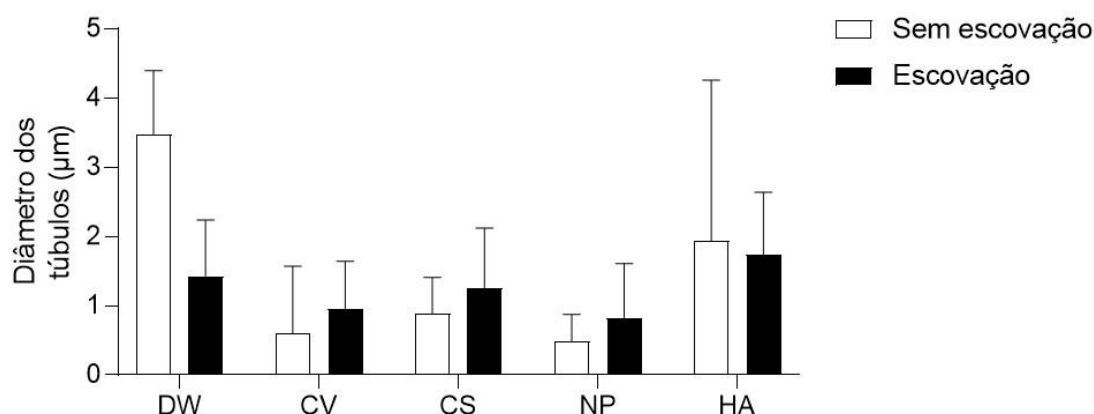
Figura 4.2.4 – Número de túbulos dentinários (hidroxiapatita experimental). Número de túbulos dentinários visíveis vs. número de túbulos dentinários obliterados. Distribuição de frequência relativa (%) e distribuição absoluta (eixo Y) do número de túbulos dentinários (visíveis vs. obliterados). **A.** Amostras que receberam apenas os tratamentos. **B.** Amostras que passaram por tratamentos e depois ciclos de escovação.



Diâmetro dos túbulos dentinários

Na análise da mensuração do diâmetro dos túbulos dentinários (Figura 4.2.5), considerando amostras que receberam apenas os tratamentos (e não receberam escovação) é possível observar que: a) o grupo Água Destilada (DW) apresenta média de diâmetro maior do que todos os outros grupos; b) o grupo Hidroxiapatita Experimental (HA) apresenta valor maior de diâmetro dos túbulos do que o grupo Verniz Cavitário (CV); e c) a Hidroxiapatita Experimental (HA) não apresentou diferença quando comparada com o grupo NanoP (NP). No entanto, na comparação entre os grupos que receberam os tratamentos seguido de escovação, foi observado que: a Hidroxiapatita Experimental (HA) apresenta diâmetros de túbulos maiores do que o grupo NanoP (NP).

Figura 4.2.5 – Diâmetro dos túbulos dentinários (hidroxiapatita experimental).



Composição química da superfície dentinária

Na análise da porcentagem de peso (wt%) do elemento químico fósforo (Figura 4.2.6) sobre a superfície dentinária de amostras dos grupos que receberam tratamento, mas não receberam escovação, na região inter-tubular, foi possível observar que o grupo HA apresentou concentração de fósforo menor do que o grupo CV; e não houve diferenças entre os grupos que receberam escovação. Já considerando a região intratubular, para as amostras que não receberam escovação, foi observado que NP apresentou concentrações de

fósforo menores do que os grupos DW e CS; para as amostras que receberam escovação, NP apresentou valores mais altos do que os grupos CV e HA.

Na análise para o elemento químico cálcio (Figura 4.2.7), considerando amostras que não receberam escovação, na região intertubular, foi possível observar que DW apresentou valores mais altos do que os grupos CS e NP; para os grupos que receberam escovação, CS apresentou valores menores do que os grupos DW, NP e HA. Ao considerarmos a região intratubular, para as amostras que não receberam escovação, observou-se que CV apresentou concentração menor de cálcio do que os grupos CS e NP; para as amostras que receberam escovação, HA teve concentração de cálcio maior do que CS.

Figura 4.2.6 – Composição química da superfície dentinária em peso percentual do elemento químico fósforo (P) (hidroxiapatita experimental). **A.** Região intertubular. **B.** Região intratubular.

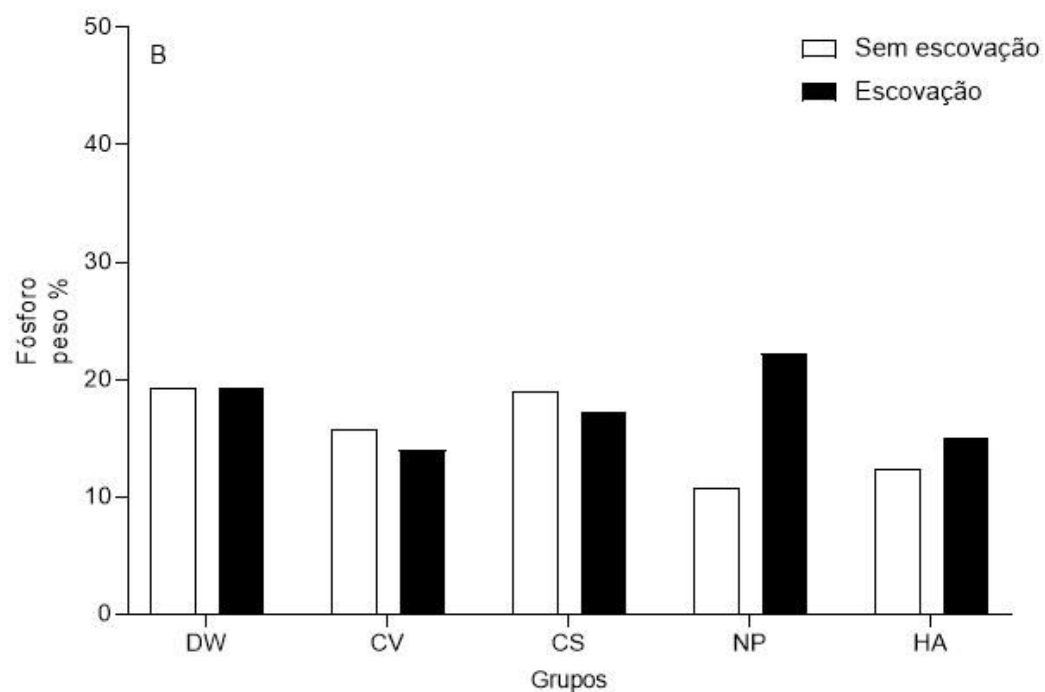
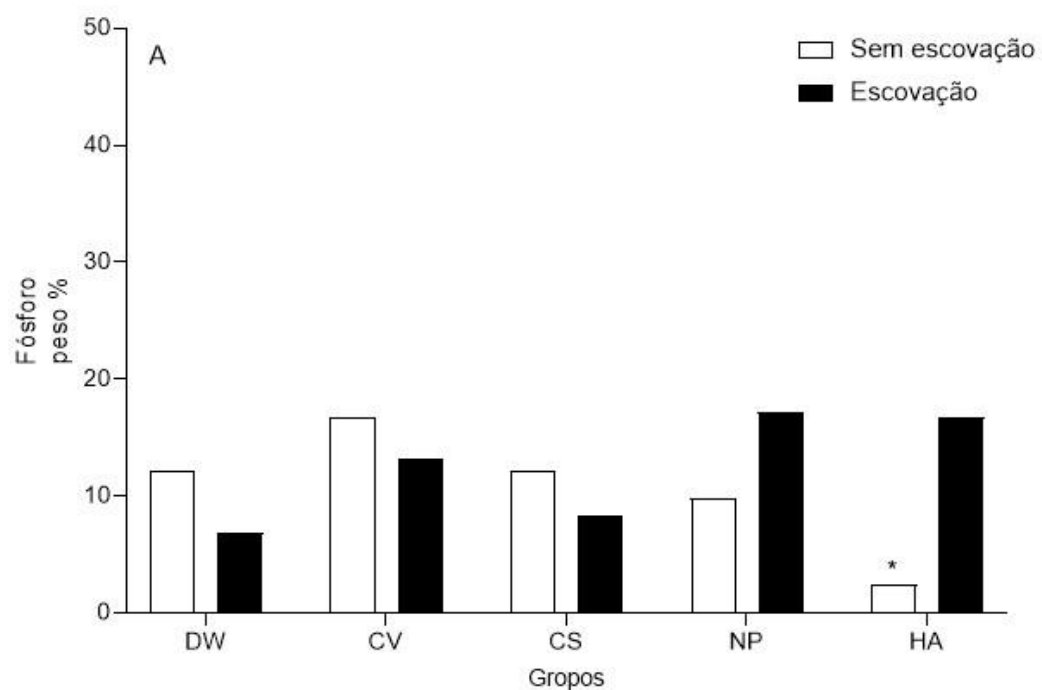
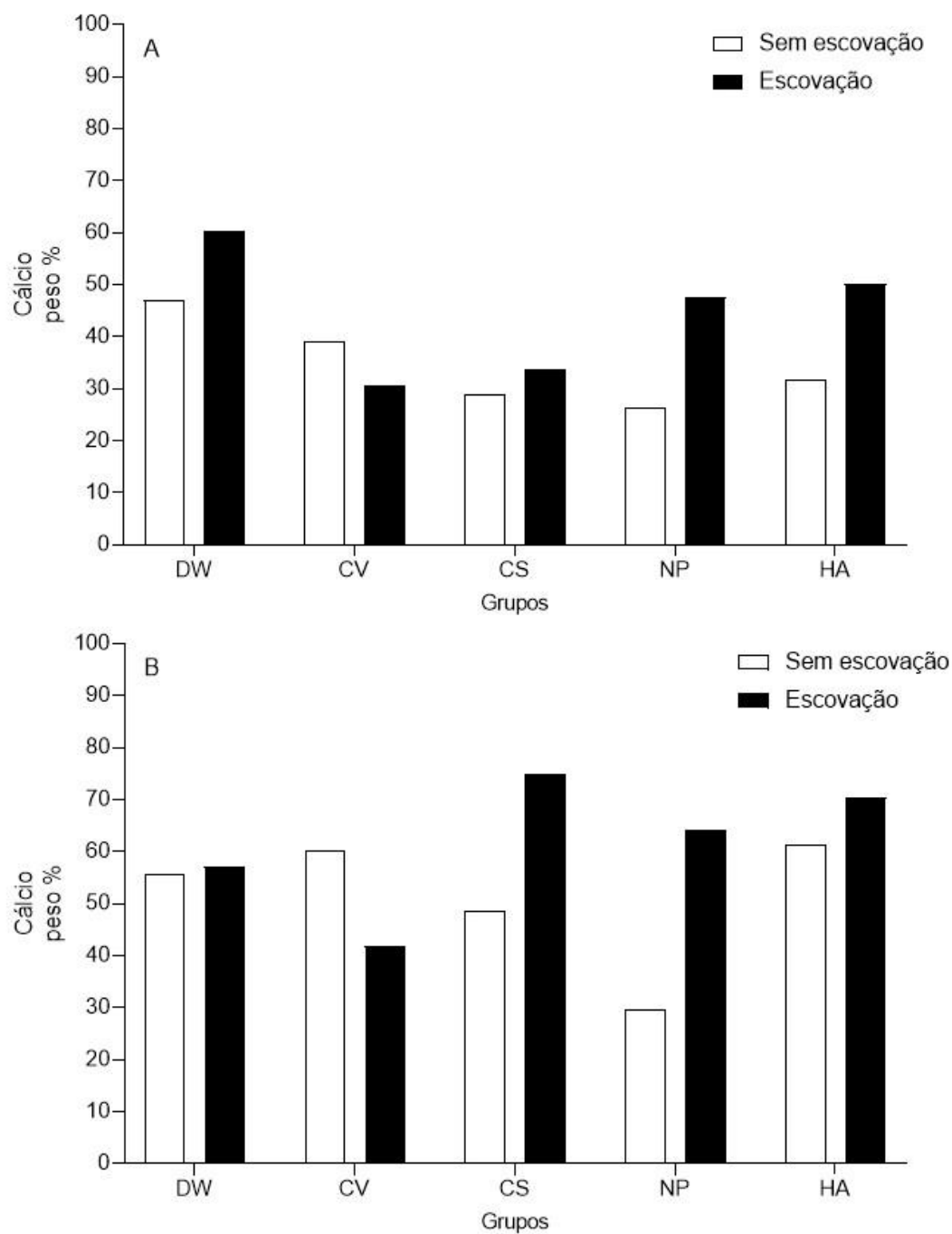


Figura 4.2.7 – Composição química da superfície dentinária em peso percentual do elemento químico Cálcio (Ca) (hidroxiapatita experimental). **A.** Região intertubular. **B.** Região intratubular.



DISCUSSÃO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência de uma hidroxiapatita experimental, obtida a partir de cascas de ovos, na obliteração de túbulos dentinários.

O grupo hidroxiapatita experimental (HA) apresentou os maiores valores de rugosidade (sem escovação). Já nos grupos que receberam escovação, HA teve maior rugosidade do que o grupo CS, o que indica uma possível diferença na granulação dos dentifrícios, uma vez que na superfície do grupo CS é provável a presença de dois diferentes dentifrícios (Colgate Sensitive e dentifrício fluoretado convencional).

Na comparação intragrupo, DW e CV tiveram valores maiores de rugosidade após escovação do que eles próprios sem escovar, embora sem diferença significativa. Isso indica que a escovação ou o creme dental deixou depósitos na superfície que foram capazes de auxiliar no aumento da rugosidade. Isso ajuda a explicar porque os resultados da HA com escovação tem rugosidade maior do que CS com escovação, indicando que houve uma interação entre material e escovação, como sugere o resultado do teste ANOVA de 2 fatores.

O parâmetro de rugosidade Ra (rugosidade média) foi utilizado por ser o parâmetro mais comumente observado em estudos de rugosidade superficial, além de indicar a média aritmética dos pontos de afastamento do perfil de rugosidade considerando a linha média, dentro de um percurso de medição. No entanto, não é recomendado que seja utilizado apenas um único parâmetro. Assim, o foi utilizado também o parâmetro Rt (rugosidade total), o qual fornece uma avaliação mais rígida do que outros parâmetros de rugosidade, e equivale a distância, em altura, formada pelo pico mais alto e o vale mais profundo, dentro dos cinco *cut-off* (comprimentos) que são avaliados.⁴¹⁻⁴⁷

A hidroxiapatita experimental promoveu obliteração total nos túbulos dentinários; sendo que esta obliteração se manteve mesmo após a escovação. Estes achados estão de acordo com o encontrado na literatura, que afirmam boa obliteração de túbulos e boa formação de *plugs* na embocadura dos túbulos dentinários.^{48, 49}

Na análise da frequência de número de túbulos obliterados versus o número de túbulos dentinários visíveis, a hidroxiapatita experimental teve desempenho de 100% de obliteração nas amostras que receberam apenas tratamentos, e também 100% nas amostras que receberam tratamento seguido de escovação. No entanto, na análise de diâmetro de túbulos, a hidroxiapatita experimental, nas amostras que receberam apenas o tratamento, teve desempenho pior do que o grupo CV; e nas amostras que receberam tratamento seguido de escovação, HA teve desempenho pior do que o grupo NP. Esses resultados aparentemente paradoxais ou controversos, podem ser explicados pela técnica de mensuração do diâmetro dos túbulos, uma vez que um pequeno número de túbulos obliterados parcialmente pode ter gerado valores suficientes para aumentar o valor da média do diâmetro de túbulos. Assim, é importante que os resultados sejam avaliados com cautela, pois as diferentes análises complementam-se entre si, e nenhuma deve ser descartada ou superestimada em seus resultados.

O grupo HA e NP tiveram comportamentos similares entre si, quanto às concentrações do elemento P (fósforo). Na região intertubular, HA teve menos fósforo do que CV, indicando que o veículo não foi determinante na concentração do elemento químico, e que pode ter ocorrido alguma reação química da hidroxiapatita com a superfície dentinária. Na região intratubular, o grupo NP apresenta valores menores de fósforo quando comparado com os grupos DW e CS, já o grupo NP que recebeu escovação tem maior concentração de fósforo do que o grupo CV. Este comportamento indica que o dentifrício fluoretado convencional pode ter interagido com os elementos presentes na superfície dentinária, porém mais dados são necessários para verificar quaisquer interações químicas.

Na análise do elemento químico cálcio, na região intertubular, sem escovação, o grupo DW apresentou os maiores valores de cálcio em relação ao CS e NP; e com escovação, o grupo CS apresentou os menores valores de cálcio comparado com DW, NP e HA. O comportamento dos grupos DW, NP e HA foi parecido entre si, o que pode indicar substâncias químicas similares na superfície das amostras, ou seja, possível presença de hidroxiapatita; porém, nos grupos DW, NP e HA com escovação pode significar a presença de dentifrício proveniente da escovação. Na região intratubular, nas amostras sem

escovação, CV teve mais cálcio do que CS e NP; já nas amostras com a escovação, HA teve menos cálcio do que CS.

Se analisarmos apenas a região intertubular, nas amostras que receberam apenas os tratamentos, sem receber escovação, observamos que as menores concentrações de fósforo e de cálcio ocorrem nos grupos CS, NP e HA. Para a correta discriminação da presença de hidroxiapatita, outras análises de caracterização precisariam ter sido realizadas, como a análise de FTIR (espectroscopia no infravermelho) e difração de raios-X (DRX).⁵⁰⁻⁵²

Produtos à base de hidroxiapatita têm sido pesquisados como obliteradores de túbulos dentinários e dessensibilizantes da dentina, os resultados encontrados tem sido satisfatórios.^{3, 13, 49, 50, 53} Isso ocorre devido a hidroxiapatita ser o principal componente da estrutura dentária e por ter propriedades bioativas; ou seja, essas características da hidroxiapatita fazem com que ela seja considerada um material obliterador natural.¹¹⁻¹⁵ A hidroxiapatita, além de possuir seus componentes minerais, sua morfologia, estrutura e arranjo cristalino muito similares aos componentes minerais dos ossos e dos dentes, também é capaz de induzir resposta celular, favorecendo o processo de mineralização.^{3, 5, 13, 50, 54}

Vários são os materiais comerciais com hidroxiapatita destinados à obliteração de túbulos dentinários, com aplicação sobre a superfície dentinária exposta, seja em pó, dentifrícios ou em pastas.^{49, 50, 55, 56} E várias são as formas de obtenção de hidroxiapatita: químico-mecânico,⁵⁷ hidrotérmico,^{16, 58, 59} precipitação,^{16, 17} sol-gel,¹⁸ síntese em estado sólido,¹⁶ fusão de sais,¹⁶ método solvotérmico,¹⁶ e tecnologia eletrospinning.¹⁶ No entanto, muitas destas técnicas são de alto custo ou usam precursores de alto custo. Assim, atualmente pesquisa-se técnicas de baixo custo ou que ofereçam precursores mais acessíveis, como os métodos de calcinação ou de hidrólise alcalina a partir de precursores provenientes de fontes naturais,¹⁴ como é o caso das cascas de ovos. As cascas de ovos são compostas por carbonato de cálcio (96%), carbonato de magnésio (1%), fosfato de cálcio, e material orgânico;^{19, 20} constituem-se como lixo biodegradável produzida em toneladas em todo o mundo, sendo uma fonte alternativa viável de carbonato de cálcio.^{19, 20} Assim, um método de custo reduzido, como o apresentado neste trabalho, com

desempenho promissor como demonstrado nos testes *in vitro*, são diferenciais que dão a este produto experimental um potencial comercial.

As abordagens atuais com materiais a base de hidroxiapatita apoiam-se na possibilidade de alcançar maior estabilidade do precipitado depositado sobre a superfície da dentina, resistindo a desafios mecânicos e químicos.^{3, 50} Isso porque busca-se usar partículas nanométricas, capazes de penetrar dentro dos túbulos dentinários, com a possibilidade de reagirem quimicamente com a dentina, promovendo mineralização.^{50, 60, 61} O presente estudo demonstrou a obliteração de túbulos dentinários após a aplicação dos tratamentos, e a permanência de *plugs* na embocadura dos túbulos após a escovação com dentifrício fluoretado, características importantes que advogam a favor da capacidade obliteradora deste material, e que estão de acordo com outros estudos que testaram *in vitro* outras formulações de hidroxiapatita.^{13, 48-50, 62}

Neste estudo, o uso do dentifrício fluoretado no momento da escovação pode ter reagido quimicamente com a dentina e com a hidroxiapatita aplicada sobre a dentina, favorecendo a formação dos *plugs* obliteradores visíveis nas imagens em MEV. A literatura demonstra que substâncias químicas compostas por hidroxiapatita e flúor apresentam alta biocompatibilidade, baixa solubilidade, maior estabilidade química e térmica, e melhora na proliferação de osteoblastos.^{15, 50, 63, 64}

No presente estudo, foi utilizado controle inerte, com água destilada, e controle com o veículo verniz cavitário, ambos permitiram identificar de forma clara os comportamentos do material em estudo evitando inferências com base em comportamentos que podem ser atribuídos à dentina ou ao veículo. O Colgate Sensitive é um dentifrício de ampla utilização que demonstrou bons resultados na obliteração de túbulos,⁶⁵⁻⁶⁷ contém carbonato de cálcio, arginina a 8%, e 1450 ppm de flúor em forma de monofluorofosfato de sódio.⁶⁸ A arginina é o principal ingrediente ativo e constitui-se em um aminoácido obtido com base na função protetora da saliva, devido sua melhor ação se dar em ambiente com pH fisiológico (6,5 – 7,5).⁶⁸ O Colgate Sensitive é capaz de gerar precipitados sobre a superfície da dentina, favorecendo a obliteração de túbulos.^{66, 68} Já o NanoP é uma pasta a base de hidroxiapatita utilizada em consultórios odontológicos para obliteração de túbulos, também com bons resultados

confirmados por estudos.⁶⁹⁻⁷³ Assim, ambos produtos comerciais, Colgate Sensitive e NanoP, são bons parâmetros de comparação para o produto experimental.

A abertura dos túbulos dentinários realizada com EDTA é de fundamental importância na reprodução *in vitro* da condição clínica de hipersensibilidade dentinária, a qual ocorre mediante, não apenas da exposição dentinária ao meio bucal, mas principalmente pela presença de túbulos dentinários abertos.^{37, 74} A confirmação desta condição foi realizada através das imagens MEV do grupo DW, que mostrou túbulos desobliterados.

A saliva artificial simulou condições bucais, uma vez que compostos comuns às salivas artificiais incluem fosfato e cálcio, que regulam o pH e o processo de remineralização, sendo que, a análise de composição química do EDS pode ter apresentado essa influência da saliva artificial sobre as superfícies das amostras analisadas.⁷⁵

A escovação dos espécimes foi realizada a fim de mimetizar condições bucais, servindo a escovação como um desafio mecânico/abrasivo. São vários os estudos que utilizam desafios erosivos e/ou abrasivos para testar a eficácia dos materiais aplicados sobre a dentina.^{71, 76, 77} Neste estudo, foi observado, pelas imagens em MEV, permanência dos *plugs* no grupo HA, após a escovação, e considera-se a hipótese de interação química entre hidroxiapatita e íons de flúor presente no dentífrico, embora já mencionada a necessidade de outros testes laboratoriais para identificação de indícios desta possível interação. Além disso, a ação da escovação observada nos resultados de rugosidade, e o aspecto da superfície, observado nas imagens em MEV, indicam que a escovação pode auxiliar na deposição das substâncias ativas para dentro os túbulos dentinários, favorecendo a obliteração destes túbulos.

Dentre as limitações do presente estudo, podemos identificar a variabilidade anatômica da conformação dos túbulos dentinários, a qual é intrínseca a cada elemento dentário.³ Além disso, no presente modelo de estudo, apenas uma única aplicação de tratamentos foi realizada; e a avaliação foi imediata. Estudos futuros podem contemplar aplicações múltiplas e repetidas avaliações, para que se possa avaliar se o material tem melhora em seu desempenho mediante aplicações múltiplas, bem como a sua estabilidade a médio prazo, fatores que têm implicância clínica. Do mesmo modo, a falta de

desafio ácido, amplamente utilizado em outros estudos *in vitro*^{53, 71, 76-79} pode ser um limitante ao estabelecer comparativos com a literatura. Outras análises que poderiam ter contribuído para traçar as características de desempenho da hidroxiapatita experimental são: testes de toxicidade celular, microbiológicos, avaliação da permeabilidade dentinária, difração de raios-X e espectroscopia no infravermelho.

Apesar das limitações no presente estudo, foi possível observar um bom desempenho *in vitro* da hidroxiapatita obtida a partir de cascas de ovos, com bons resultados obliteradores em túbulos dentinários abertos, mantendo esta característica mesmo após a escovação.

CONCLUSÃO

- Os grupos tratados com hidroxiapatita (sem receber escovação) tiveram os maiores valores de rugosidade de superfície.
- A hidroxiapatita experimental promoveu obliteração total nos túbulos dentinários; sendo que esta obliteração se manteve mesmo após a escovação, com a formação de *plugs* obliteradores.
- Os grupos CS, NP e HA tiveram os menores valores de fósforo e de cálcio, porém outros testes precisam confirmar a presença de formações cristalinas de hidroxiapatita sobre as amostras de dentina.

REFERÊNCIAS

1. Zeola LF, Soares PV, Cunha-Cruz J. Prevalence of dentin hypersensitivity: systematic review and meta-analysis. J Dent. 2019;81:1-6.
2. Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity. Consensus-Based Recommendations for the Diagnosis and Management of Dentin Hypersensitivity. J Can Dent Assoc. 2003;69(4):221-6.
3. Gillam D. Dentine hypersensitivity: advances in diagnosis, management, and treatment: Springer; 2015. 196 p.
4. Brännström M, Aström A. A study on the mechanism of pain elicited from the dentin. J dent Res. 1964;619-25.
5. Liu C, Huang Y, Shen W, Cui J. Kinetics of hydroxyapatite precipitation at pH 10 to 11. Biomaterials. 2001;22:301-6.
6. Matthew B, Vongsavan N. Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. Archs oral Biol. 1994;39(Suppl.):87S-95S.
7. van-Loveren C, Schmidlin PR, Amaechi BT. Dentin hypersensitivity management. Clin Dent Rev. 2018;2(6):1-10.

8. Cunha-Cruz J, Wataha JC, Zhou L, Manning W, Trantow M, Bettendorf MM, et al. Treating dentin hypersensitivity: therapeutic choices made by dentists of the Northwest PRECEDENT network. *J Am Dent Assoc.* 2010;141(9):1097-105.
9. de-Melo-Alencar C, Paula BLF, Ortiz MIG, Magno MB, Silva CM, Maia LC. Clinical efficacy of nano-hydroxyapatite in dentin hypersensitivity: a systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2019;82:11-21.
10. Vano M, Derchi G, Barone A, Pinna R, Usai P, Covani U. Reducing dentine hypersensitivity with nano-hydroxyapatite toothpaste: a double-blind randomized controlled trial. *Clin Oral Investig.* 2018;22(1):313-20.
11. Bordea IR, Candrea S, Alexescu GT, Bran S, Baciut M, Baciut G, et al. Nano-hydroxyapatite use in dentistry: a systematic review. *Drug Metab Rev.* 2020;52(2):319-32.
12. Enax J, Epple M. Synthetic hydroxyapatite as a biomimetic oral care agent. *Oral Health Prev Dent.* 2018;16(1):7-19.
13. Lin X, Xie F, Ma X, Hao Y, Qin H, Long J. Fabrication and characterization of dendrimer-functionalized nano-hydroxyapatite and its application in dentin tubule occlusion. *J Biomater Sci Polym Ed.* 2017;28(9):846-63.
14. Mohd-Pu'ad NAS, Koshy P, Abdullah HZ, Idris MI, Lee TC. Syntheses of hydroxyapatite from natural sources. *Heliyon.* 2019;5(5):e01588.
15. Pajor K, Pajchel L, Kolmas J. Hydroxyapatite and fluorapatite in conservative dentistry and oral implantology-a review. *Materials (Basel).* 2019;12(17).
16. Qi M-L, He K, Huang Z-N, Shahbazian-Yassar R, Xiao G-Y, Lu Y-P, et al. Hydroxyapatite fibers: a review of synthesis methods. *JOM.* 2017;69(8):1354-60.
17. Sirait M, Sinulingga K, Siregar N, Siregar RSD. Synthesis of hydroxyapatite from limestone by using precipitation method. *J Phys Conf Ser.* 2020.
18. Domínguez-Trujillo C, Peón E, Chicardi E, Pérez H, Rodríguez-Ortiz JA, Pavón JJ, et al. Sol-gel deposition of hydroxyapatite coatings on porous titanium for biomedical applications. *Surf Coat.* 2018;333:158-62.
19. Laca A, Laca A, Diaz M. Eggshell waste as catalyst: a review. *J Environ Manage.* 2017;197:351-9.
20. Oliveira DA, Benelli P, Amante ER. A literature review on adding value to solid residues: egg shells. *J Clean Prod.* 2013;46:42-7.
21. Ferraz E, Gamelas JAF, Coroado J, Monteiro C, Rocha F. Eggshell waste to produce building lime: calcium oxide reactivity, industrial, environmental and economic implications. *Mater Struct.* 2018;51(5).
22. Waheed M, Yousaf M, Shehzad A, Inam-Ur-Raheem M, Khan MKI, Khan MR, et al. Channelling eggshell waste to valuable and utilizable products: a comprehensive review. *Trends Food Sci Technol.* 2020;106:78-90.
23. Rivera EM, Araiza M, Brostow W, Castano VM, Diaz-Estrada JR, Hernandez R, et al. Synthesis of hydroxyapatite from eggshells. *Materials Letters.* 1999;41:128-34.
24. Aditya S, Stephen J, Radhakrishnan M. Utilization of eggshell waste in calcium-fortified foods and other industrial applications: A review. *Trends Food Sci Technol.* 2021;115:422-32.
25. Tsai WT, Hsien KJ, Hsu HC, Lin CM, Lin KY, Chiu CH. Utilization of ground eggshell waste as an adsorbent for the removal of dyes from aqueous solution. *Bioresour Technol.* 2008;99(6):1623-9.

26. Hsieh SL, Li FY, Lin PY, Beck DE, Kirankumar R, Wang GJ, et al. CaO recovered from eggshell waste as a potential adsorbent for greenhouse gas CO₂. *J Environ Manage.* 2021;297:113430.
27. Wang W, Zhang L, Sun X. Improvement of two-stage composting of green waste by addition of eggshell waste and rice husks. *Bioresour Technol.* 2021;320(Pt B).
28. Kavitha V, Geetha V, Jacqueline PJ. Production of biodiesel from dairy waste scum using eggshell waste. *Process Saf.* 2019;125:279-87.
29. De Angelis G, Medeghini L, Conte AM, Mignardi S. Recycling of eggshell waste into low-cost adsorbent for Ni removal from wastewater. *J Clean Prod.* 2017;164:1497-506.
30. Ahmed TAE, Suso HP, Maqbool A, Hincke MT. Processed eggshell membrane powder: Bioinspiration for an innovative wound healing product. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2019;95:192-203.
31. Ferraz MP, Monteiro FJ, Manuel CM. Hydroxyapatite nanoparticles: a review of preparation methodologies. *J Appl Biomech.* 2004;2:74-80.
32. Zhu Y, Xu L, Liu C, Zhang C, Wu N. Nucleation and growth of hydroxyapatite nanocrystals by hydrothermal method. *AIP Advances.* 2018;8(8).
33. Gomes DS, Santos AMC, Neves GA, Menezes RR. A brief review on hydroxyapatite production and use in biomedicine. *Cerâmica.* 2019;65(374):282-302.
34. Choi G, Choi AH, Evans LA, Akyol S, Ben-Nissan B. A review: Recent advances in sol-gel-derived hydroxyapatite nanocoatings for clinical applications. *Journal of the American Ceramic Society.* 2020;103(10):5442-53.
35. Mohd Pu'ad NAS, Abdul Haq RH, Mohd Noh H, Abdullah HZ, Idris MI, Lee TC. Synthesis method of hydroxyapatite: A review. *Materials Today: Proceedings.* 2020;29:233-9.
36. Fihri A, Len C, Varma RS, Solhy A. Hydroxyapatite: A review of syntheses, structure and applications in heterogeneous catalysis. *Coordination Chemistry Reviews.* 2017;347:48-76.
37. Acevedo LA, Campos LA, Dechandt IC, Alegria G, Siqueira RL, Zanotto ED, et al. Effect of bioactive glasses containing strontium and potassium on dentin permeability. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2021.
38. Kumar GS, Thamizhavel A, Girija EK. Microwave conversion of eggshells into flower-like hydroxyapatite nanostructure for biomedical applications. *Mater Lett.* 2012;76:198-200.
39. Aguiar JD, Medeiros IS, Silva-e-Souza-Junior MH, Loretto SC. Influence of the extended use of desensitizing toothpastes on dentin bonding, microhardness and roughness. *Braz Dent J.* 2017;28(3):346-53.
40. Cury MS, Silva CB, Nogueira RD, Campos MGD, Palma-Dibb RG, Geraldo-Martins VR. Surface roughness and bacterial adhesion on root dentin treated with diode laser and conventional desensitizing agents. *Lasers Med Sci.* 2017;33(2):257-62.
41. Deveras AM. Estudo da rugosidade superficial no torneamento do aço aisi 8640 com ferramentas alisadora e convencional. Pato Branco: UTFPR; 2016.
42. Mitutoyo. Quick Guide to Precision Measuring Instruments. Mitutoyo. p. SurfTest (Surface Roughness Testers); Terms, definitions, and surface texture parameters Metrological characterization of phase-correct filters Rules and procedures for the assessment of surface texture Nominal characteristics of contact (stylus) instruments.

43. Mitutoyo. Surface texture (chart). Mitutoyo America Corporation: Mitutoyo; 2001. p. Filtering, Tip Geometry, Aspect Ratio, and Parameters of Surface Roughness.
44. Mitutoyo. Form measurement: surface roughness measurement - practical tips for laboratory and workshop. USA: Mitutoyo America Corporation; 2009.
45. Mitutoyo. Surface roughness: quick guide to surface roughness measurement - reference guide for laboratory and workshop. USA: Mitutoyo America Corporation; 2016.
46. Thomas TR. Characterization of surface roughness. *Precis Eng.* 1981;97-104.
47. Thomas TR. Surface roughness. Sweden: Imperial College Press; 1999. 296 p.
48. Erdem U, Dogan M, Metin AU, Baglar S, Turkoz MB, Turk M, et al. Hydroxyapatite-based nanoparticles as a coating material for the dentine surface: An antibacterial and toxicological effect. *Ceram.* 2020;46(1):270-80.
49. Yuan P, Liu S, Lv Y, Liu W, Ma W, Xu P. Effect of a dentifrice containing different particle sizes of hydroxyapatite on dentin tubule occlusion and aqueous Cr (VI) sorption. *Int J Nanomedicine.* 2019;14:5243-56.
50. Baglar S, Erdem U, Dogan M, Turkoz M. Dentinal tubule occluding capability of nano-hydroxyapatite; the in-vitro evaluation. *Microsc Res Tech.* 2018;81(8):843-54.
51. Londono-Restrepo SM, Jeronimo-Cruz R, Millan-Malo BM, Rivera-Munoz EM, Rodriguez-Garcia ME. Effect of the nano crystal size on the X-ray diffraction patterns of biogenic hydroxyapatite from human, bovine, and porcine bones. *Sci Rep.* 2019;9(1):5915.
52. Toledano-Osorio M, Aguilera FS, Osorio R, Muñoz-Soto E, Pérez-Álvarez MC, López-López MT, et al. Hydroxyapatite-based cements induce different apatite formation in radicular dentin. *Dent Mater.* 2019.
53. Farooq I, Moheet IA, AlShwaimi E. In vitro dentin tubule occlusion and remineralization competence of various toothpastes. *Arch Oral Biol.* 2015;60(9):1246-53.
54. Shi Z, Huang X, Cai Y, Tang R, Yang D. Size effect of hydroxyapatite nanoparticles on proliferation and apoptosis of osteoblast-like cells. *Acta Biomater.* 2009;5(1):338-45.
55. Onwubu SC, Mhlungu S, Mdluli PS. In vitro evaluation of nanohydroxyapatite synthesized from eggshell waste in occluding dentin tubules. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2019;17(2):2280800019851764.
56. Pei D, Meng Y, Li Y, Liu J, Lu Y. Influence of nano-hydroxyapatite containing desensitizing toothpastes on the sealing ability of dentinal tubules and bonding performance of self-etch adhesives. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2019;91:38-44.
57. Fakharzadeh A, Ebrahimi-Kahrizangi R, Nasiri-Tabrizi B, Jeffrey Basirun W. Effect of dopant loading on the structural features of silver-doped hydroxyapatite obtained by mechanochemical method. *Ceram.* 2017;43(15):12588-98.
58. Kumar GS, Karunakaran G, Girija EK, Kolesnikov E, Minh NV, Gorshenkov MV, et al. Size and morphology-controlled synthesis of mesoporous hydroxyapatite nanocrystals by microwave-assisted hydrothermal method. *Ceram.* 2018;44(10):11257-64.

59. Nosrati H, Mamoori RS, Le DQS, Bünger CE, Emameh RZ, Dabir F. Gas injection approach for synthesis of hydroxyapatite nanorods via hydrothermal method. *Mater Charact.* 2020;159.
60. Kulal R, Jayanti I, Sambashivaiah S, Bilchodmath S. An in-vitro comparison of nano hydroxyapatite, Novamin and Proargin desensitizing toothpastes - a SEM study. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(10):ZC51-ZC4.
61. Yu J, Yang H, Li K, Lei J, Zhou L, Huang C. A novel application of nanohydroxyapatite/mesoporous silica biocomposite on treating dentin hypersensitivity: An in vitro study. *J Dent.* 2016;50:21-9.
62. Palka LR, Rybak Z, Kuropka P, Szymonowicz MK, Kiryk J, Marycz K, et al. In vitro SEM analysis of desensitizing agents and experimental hydroxyapatite-based composition effectiveness in occluding dentin tubules. *Adv Clin Exp Med.* 2020;29(11):1283-97.
63. Dai LL, Nudelman F, Chu CH, Lo ECM, Mei ML. The effects of strontium-doped bioactive glass and fluoride on hydroxyapatite crystallization. *J Dent.* 2021;105:103581.
64. Ghafournia M, Tehrani MH, Nekouei A, Faghihian R, Mohammadpour M, Feiz A. In vitro evaluation of dentin tubule occlusion by three bioactive materials: a scanning electron microscopic study. *Dent Res J.* 2019;16:166-71.
65. Arshad S, Zaidi SJA, Farooqui WA. Comparative efficacy of BioMin-F, Colgate Sensitive Pro-relief and Sensodyne Rapid Action in relieving dentin hypersensitivity: a randomized controlled trial. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):498.
66. Berkathullah M, Farook MS, Mahmoud O. The effectiveness of remineralizing agents on dentinal permeability. *Biomed Res Int.* 2018;2018:4072815.
67. Patel R, Chopra S, Vandeven M, Cummins D. Comparison of the effects on dentin permeability of two commercially available sensitivity relief dentifrices. *J Clin Dent.* 2011;22([Spec Iss]):108-12.
68. Cummins D. Dentin hypersensitivity: from diagnosis to a breakthrough therapy for everyday sensitivity relief. *J Clin Dent.* 2009;20:1-9.
69. Cavalcante MS, Pereira TB, Tenório Neto JF, Santos NBd, Ribeiro CMB, Batista LHC. Improvement of cervical dentin hypersensitivity after two different treatments. *Revista Dor.* 2015;16(4).
70. Escalante-Otarola WG, Castro-Nunez GM, Jordao-Basso KCF, Guimaraes BM, Palma-Dibb RG, Kuga MC. Evaluation of dentin desensitization protocols on the dentinal surface and their effects on the dentin bond interface. *J Dent.* 2018;75:98-104.
71. Machado AC, Rabelo FEM, Maximiano V, Lopes RM, Aranha ACC, Scaramucci T. Effect of in-office desensitizers containing calcium and phosphate on dentin permeability and tubule occlusion. *J Dent.* 2019;86:53-9.
72. Medeiros IC, Brasil VL, Carlo HL, Santos RL, De Lima BA, De Carvalho FG. In vitro effect of calcium nanophosphate and high-concentrated fluoride agents on enamel erosion: an AFM study. *Int J Paediatr Dent.* 2013;24(3):168-74.
73. Wang L, Magalhaes AC, Francisconi-Dos-Rios LF, Calabria MP, Araujo D, Buzalaf M, et al. Treatment of Dentin Hypersensitivity Using Nano-Hydroxyapatite Pastes: A Randomized Three-Month Clinical Trial. *Oper Dent.* 2016;41(4):E93-E101.
74. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod.* 2002;28(1):17-9.

75. Ionta FQ, Mendonca FL, de Oliveira GC, de Alencar CR, Honorio HM, Magalhaes AC, et al. In vitro assessment of artificial saliva formulations on initial enamel erosion remineralization. *J Dent.* 2014;42(2):175-9.
76. Canali GD, Rached RN, Mazur RF, Souza EM. Effect of erosion/abrasion challenge on the dentin tubule occlusion using different desensitizing agents. *Braz Dent J.* 2017;28(2):216-24.
77. Oliveira TA, Anagua-Bravo E, Aoki IV, Scaramucci T, Sobral MAP. Chemical and mechanical resistance of novel experimental hybrid coatings on dentin permeability. *Microsc Res Tech.* 2020;84(2):163-70.
78. Garofalo SA, Sakae LO, Machado AC, Cunha SR, Zezell DM, Scaramucci T, et al. In Vitro Effect of Innovative Desensitizing Agents on Dentin Tubule Occlusion and Erosive Wear. *Oper Dent.* 2019;44(2):168-77.
79. Palazon MT, Scaramucci T, Aranha AC, Prates RA, Lachowski KM, Hanashiro FS, et al. Immediate and short-term effects of in-office desensitizing treatments for dentinal tubule occlusion. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(6):274-82.

4.3 Estudo 3 – Prevalência da hipersensibilidade dentinária cervical (HDC) em pacientes após tratamento ortodôntico corretivo

Artigo a ser submetido na revista *Journal of Oral Science* (J Oral Sci).

Prevalência da hipersensibilidade dentinária cervical em pacientes após tratamento ortodôntico corretivo

Ana Cláudia Dalmolin¹, Bruna Caroline Finkler², Camila Vieira Almeida², Laura Borato Bechtold², Kellen Rutes Silva², Gabrielle Gomes Centenaro², Ulisses Coelho³, Márcia Thaís Pochapski³, Fábio André dos Santos^{3*}

¹ Aluna de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

² Aluna de Graduação em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

³ Professor em Odontologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

*** Autor para correspondência:**

Fábio André dos Santos. Rua Carlos Cavalcanti, 4748, Bloco M, Sala 13, Uvaranas, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 84030-900; e-mail: fasantos@uepg.com

RESUMO

Pouco se sabe sobre a hipersensibilidade dentinária cervical (HDC) em pacientes após tratamento ortodôntico corretivo (TOC). Objetivou-se avaliar a prevalência da HDC em pacientes que receberam TOC; o impacto de problemas bucais gerais na qualidade de vida desta população; e o impacto da HDC sobre a qualidade de vida nesta população. Para tanto, 232 pacientes que concluíram TOC entre 2000 e 2020, em Ponta Grossa, foram avaliados quanto a HDC autorreportada, e diagnosticada clinicamente através dos testes: tátil, evaporativo com fole, evaporativo com tríplice e térmico (respostas dicotômicas – sim/não –, e usando escala verbal numérica de 11 pontos – *Numerical Rating Scale*); os pacientes também foram avaliados com os questionários sobre qualidade de vida OHIP-14 e DHEQ-15. Os resultados foram avaliados com teste de qui-quadrado, Kruskal-Wallis e Dunn, e Mann-Whitney ($p \leq 0,05$). A prevalência de HDC foi maior em mulheres e em pessoas com menos de 30 anos; os dentes mais afetados foram incisivos inferiores e pré-molares; diferentes testes diagnósticos para HDC podem indicar diferentes valores de prevalência; indivíduos com HDC apresentam menor qualidade de vida em todos os domínios de ambos os testes utilizados. A prevalência de HDC dentre pacientes após TOC pode ser mais alta do que no restante da população; mais investigações são necessárias para indicar possíveis fatores associados às movimentações dentárias.

Palavras-chave: Sensibilidade da Dentina; Ortodontia Corretiva; Prevalência; Qualidade de Vida.

ABSTRACT

Little is known about cervical dentin hypersensitivity (CDH) in patients after corrective orthodontic treatment (COT). The objective was to assess the prevalence of CDH in patients who received COT; the impact of general oral problems on the quality of life; and the impact of CDH on the quality of life in this population. Therefore, 232 patients who finished COT between 2000 and 2020, in the city of Ponta Grossa, were evaluated for self-reported CDH, and clinically diagnosed CDH through the following tests: tactile, evaporative with bellows, evaporative with triple syringe and thermal (dichotomous answers - yes/no -, and using Numerical Rating Scale of 11 points); patients were also evaluated with the OHIP-14 and DHEQ-15 oral health related to quality of life questionnaires. The results were evaluated using the chi-square, Kruskal-Wallis and Dunn, and Mann-Whitney tests ($p \leq 0.05$). The prevalence of CDH was higher in women and in people under 30 years of age; the most affected teeth were lower incisors and premolars; different diagnostic tests for CDH may indicate different prevalence values; individuals with CDH have lower quality of life in all domains of both tests used. The prevalence of CDH among patients after COT may be higher than in the rest of the population; further investigation is needed to indicate possible factors associated with orthodontic tooth movement.

Key-words: Dentin Sensitivity; Orthodontics, Corrective; Prevalence; Quality of Life.

INTRODUÇÃO

A dor gerada durante o tratamento ortodôntico tem sido amplamente estudada.¹⁻⁴ Porém, pouco tem sido investigado sobre os processos de dor dentária que acompanham o paciente mesmo após a remoção dos dispositivos ortodônticos.^{5, 6}

A recessão gengival e a formação de deiscências ósseas, juntamente com perda óssea vertical, horizontal e em espessura, são problemas que têm sido investigados como possíveis resultantes colaterais do tratamento ortodôntico corretivo.^{7, 8}

A recessão gengival está positivamente correlacionada com a hipersensibilidade dentinária cervical (HDC).⁹ A HDC é uma condição de dor frente a estímulos comuns, como estímulos químicos, osmóticos, táteis, evaporativos e/ou térmicos.¹⁰ Este problema ocorre quando há exposição dos túbulos dentinários ao meio,¹¹ através de perda do esmalte (geralmente devido processos erosivos e/ou abrasivos), ou por dano aos componentes do periodonto (recessão gengival, perda de inserção, perda do cimento cervical).¹²

O mecanismo de ação da hipersensibilidade dentinária é parcialmente explicado pela teoria hidrodinâmica,¹² que preconiza que os estímulos provocam movimentação dos fluídos presentes no interior dos túbulos dentinários, gerando forças mecânicas capazes de ativar terminações nervosas intradentárias, o que leva ao processo de dor.^{13, 14} No entanto, além da movimentação de fluídos, as terminações nervosas podem ser ativadas por outras vias, como ser diretamente ativadas por estímulos gelados. Ademais, os odontoblastos também respondem a estímulos dolorosos, porém, ainda não está claro o papel destas células junto às terminações nervosas.^{12, 15}

O diagnóstico da HDC é realizado por exclusão de outras patologias dentárias causadoras de dor, como cárie dental, sensibilidade pós-operatória, infiltração marginal, restaurações fraturadas, inflamação gengival e pulpíte.^{10, 16, 17}

Embora não exista nenhum guia universalmente aceito para o diagnóstico da hipersensibilidade dentinária,¹⁸ os métodos mais utilizados para detectar clinicamente a hipersensibilidade são: a identificação, através de inspeção visual e tátil, de recessão gengival e de regiões de erosão;¹⁸ e a

confirmação de dor aguda e de curta duração mediante estímulo, ou seja, o uso de jato de ar ou estímulo tátil com a sonda periodontal “arranhando” a superfície dentária;^{10, 17, 18} estímulos térmicos também são utilizados.¹¹

A hipersensibilidade dentinária está associada com impacto negativo sobre a qualidade de vida.⁴ Enquanto que o tratamento ortodôntico está associado com impacto positivo na qualidade de vida dos pacientes.¹⁹ Porém, não há estudos que indiquem a prevalência de HDC em pacientes após tratamento ortodôntico, nem mesmo que avaliem o impacto da hipersensibilidade dentinária sobre a qualidade de vida em pacientes após o tratamento ortodôntico corretivo.

Assim, este estudo objetiva avaliar a prevalência da hipersensibilidade dentinária cervical em pacientes que receberam tratamento ortodôntico corretivo; o impacto de problemas bucais gerais na qualidade de vida desta população; e o impacto da hipersensibilidade dentinária sobre a qualidade de vida nesta população.

MATERIAL E MÉTODO

Realizou-se um estudo transversal observacional descritivo em amostra de conveniência, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UEPG, sob número 3.231.565 (Anexo I). Os pacientes que realizaram tratamento ortodôntico corretivo nos cursos de especialização em Ortodontia da UEPG e da UniABO/PR – Regional de Ponta Grossa, e que concluíram o tratamento entre o ano de 2000 e o ano de 2020, foram convidados a participar da pesquisa.

Os critérios de inclusão foram: dentição permanente; boa saúde geral; que tenha aceitado participar, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os critérios de exclusão foram pacientes em retratamento ortodôntico, e dentes que na avaliação clínica foi constatado: lesão cariada, necessidade de tratamento endodôntico, cirurgia periodontal no últimos 3 meses, pilares de próteses fixas, coroa protética, extensivamente restaurados, e/ou com restauração na região cervical vestibular.²⁰

Para o cálculo do tamanho amostral foi utilizada a fórmula apresentada em publicação de Naing et al (2006).²¹ Segundo esta fórmula

(Figura 4.3.1), utilizou-se o valor de 1,96 como o Z estatístico (referente ao intervalo de confiança de 95%) e precisão (d) de 5%. Uma vez que não foram encontrados trabalhos publicados que indicassem a prevalência de hipersensibilidade dentinária cervical em pacientes após tratamento ortodôntico, foram consideradas as informações de correlação positiva entre recessão gengival e hipersensibilidade dentinária^{8, 9, 22} e as informações sobre altas taxas de recessão gengival em pacientes após tratamento ortodôntico.²³ Assim, para o valor da prevalência esperada (P), aplicado na fórmula matemática, foi utilizado o valor de 14,6% para a prevalência de recessão gengival em pacientes após tratamento ortodôntico, dado publicado por Slutzkey & Levin (2008).⁸ Desta forma, foi obtido o n amostral de 192 pacientes. Estimou-se possíveis perdas de seguimento em 20%, e por isso foram acrescentados 39 pacientes aos 192, totalizando um n amostral de 231 pacientes.

Figura 4.3.1 – Tamanho amostral para estudo de prevalência. Fórmula matemática para cálculo do tamanho amostral para estudos de prevalência. Fonte: Naing et al, 2006.²¹

$$n = \frac{Z^2 P(1-P)}{d^2}$$

Foram convidados a participar da pesquisa, através de ligação telefônica, 379 pacientes. Destes, 237 aceitaram participar. Porém, um paciente desistiu por falta de tempo para realizar a avaliação clínica; três pacientes foram excluídos pois nunca fizeram tratamento ortodôntico; e um paciente foi excluído por estar em retratamento ortodôntico. Ao final, 232 voluntários encaixaram-se nos critérios de inclusão, concordaram em participar, assinando o TCLE, e constituíram a amostra deste estudo.

Os pacientes foram entrevistados em relação a sua idade, escolaridade, renda familiar, tempo de uso do aparelho ortodôntico, tipo de dentifrício que usa (se convencional ou se dessensibilizante), e em relação ao autorrelato para presença de sensibilidade dentinária. Aos que responderam positivamente (n = 153), foi avaliada a sensibilidade subjetiva, ao solicitar que

indicassem, em uma escala NRS (escala verbal – Numerical Rating Scale) de 11 pontos (0 – não há dor; 10 – a pior dor imaginável) a auto-percepção em relação ao nível de dor devido a hipersensibilidade dentinária vivenciada em seu cotidiano.

Foi aplicado o questionário OHIP-14 (*Oral Health Impact Profile*), para avaliação do impacto de situações bucais sobre a qualidade de vida dos voluntários (Anexo II).²⁴⁻²⁶ Também foi aplicado o questionário DHEQ-15 (*Dentine Hypersensitivity Experience Questionnaire*), para avaliar o impacto da hipersensibilidade dentinária na qualidade de vida dos voluntários (Anexo III).^{27, 28}

Em seguida, foi realizado o exame clínico. A recessão gengival foi mensurada com sonda milimetrada Carolina do Norte (Golgran), para todos os dentes presentes em boca, nas regiões méso-vestibular, vestibular, e disto-vestibular; tendo sido considerado como recessão gengival presente aquela desde o limite amelo-cementário até a crista da margem gengival livre.

Os testes para detecção de HDC foram realizados em todos os dentes presentes em boca, seguindo a ordem crescente da notação dentária da Federação Dentária Internacional (FDI). As avaliações consistiram em 4 diferentes parâmetros, todos provenientes de estímulos considerados fisiológicos e controláveis:²⁰ a) análise tátil; b) análise evaporativa com fole; c) análise evaporativa com seringa tríplice; e d) análise térmica.

Para acessar o estímulo tátil, o examinador passou por um processo de treinamento, em balança de precisão, para padronização da força. O teste tátil consistiu em aplicar a ponta de uma sonda exploradora nº 5 (formato “gancho”) perpendicularmente à superfície cervical vestibular do dente, realizando três movimentos de vai-e-vem sistemáticos ao longo da superfície cervical, com força padronizada em aproximadamente 75N, percorrendo a direção transversal e no sentido méso-disto-mesial ou disto-méso-distal.

A aplicação de jato de ar com dispositivo do tipo fole de borracha foi realizada com bico adaptado em resina acrílica para a região cervical vestibular. O estímulo evaporativo com seringa tríplice correspondeu a um jato de ar único proveniente de seringa odontológica com pressão entre 40 a 60 psi, aplicado a 1cm do dente (padronizado através de canudo plástico), em direção perpendicular ao longo eixo do dente, aplicado sobre a face cervical vestibular.

A temperatura ambiente média geral, nos dias dos atendimentos clínicos, foi de 20,73 °C ($\pm 2,82$; variação de 10,4 °C a 29,3 °C).

A avaliação térmica consistiu em aplicar hastes de algodão umedecidas em água e congeladas a -20°C. A temperatura média geral no momento da aplicação foi de 0,65°C ($\pm 6,69$; variação de -22,3°C a 11,2°C). A aplicação foi realizada na região cervical vestibular, perpendicularmente ao longo eixo do dente, evitando tocar em mucosas, não ultrapassando 5 segundos de contato ou removido antes, tão prontamente o paciente apontasse sensibilidade, levando em consideração sugestões feitas por Holland et al. (1997).²⁰

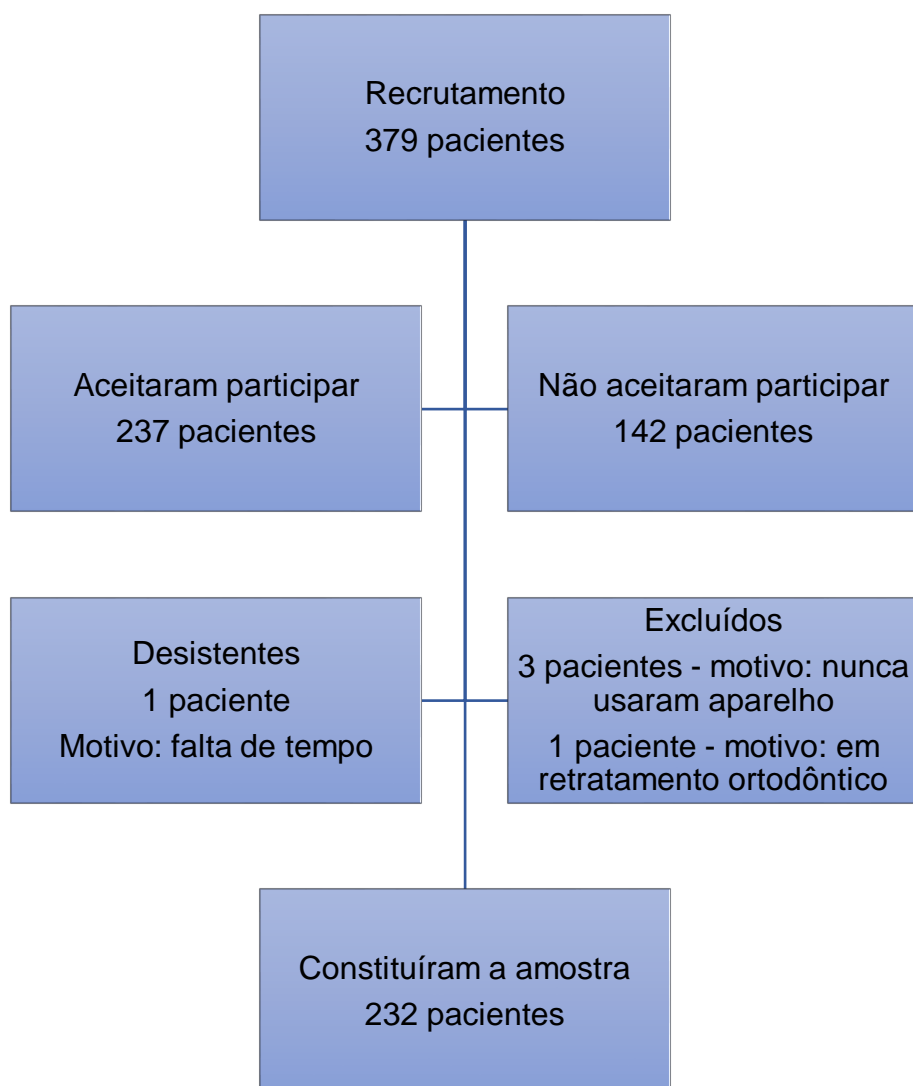
Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas nos softwares Jamovi, versão 2, e GraphPad Prism, versão 9. As análises utilizadas foram: qui-quadrado para análise dos dados demográficos e dicotômicos quanto a presença ou ausência de dor/sensibilidade após a aplicação dos estímulos; Kruskal-Wallis com pós-teste de Dunn para comparar os escores de dor NRS entre os dentes; e foi utilizado teste de Mann-Whitney para avaliar as repostas ao questionário DHEQ-15 e OHIP-14, comparando os indivíduos com presença ou ausência de dor autorreportada. O valor de p considerado estatisticamente significativo foi $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Um total de 232 pacientes foram avaliados (Figura 4.3.2), dos quais 62,1% eram mulheres, e 81,9% tinham menos de 30 anos. Os pacientes tinham entre 12 e 57 anos de idade; usaram aparelho ortodôntico corretivo durante 46,17 ($\pm 26,05$) meses (variando de 6 a 120 meses); e, no momento em que foram avaliados, haviam removido o aparelho há 52,03 ($\pm 38,5$) meses (variando de 0 a 240 meses). 67,4% dos participantes relataram que sofrem de hipersensibilidade dentinária. Nas avaliações clínicas, acusaram dor em pelo menos um dente, 55,6% dos indivíduos no teste tátil; 39,1% no jato de ar com fole; 57,3% no jato de ar com tríplice; e 91,7% no teste térmico (Tabela 4.3.1).

Figura 4.3.2 Fluxograma de pacientes recrutados para a pesquisa.



Na análise de qui-quadrado, não foi observada diferença entre gênero masculino e feminino para a prevalência de HDC autorreportada ($p = 0,08$), e para a HDC diagnosticada com testes tátil ($p = 0,28$) e térmico ($p = 0,71$); porém, foi observada diferença entre os gêneros para o diagnóstico realizado com os testes usando jato de ar: teste com fole teve $p = 0,005$; e teste com seringa tríplice teve $p = 0,04$. Não foi observada diferença entre as faixas etárias para a prevalência de HDC autorreportada ($p = 0,69$), diagnosticada com testes tátil ($p = 0,0527$), com jato de ar da seringa tríplice ($p = 0,50$) e teste térmico ($p = 0,84$); porém, foi observada diferença entre as faixas etárias para o diagnóstico realizado com o teste de jato de ar do fole ($p = 0,02$). E não foram observadas

diferenças significativas entre os níveis de escolaridade e nem entre os montantes de renda familiar, em nenhum dos testes para HDC (Tabela 4.3.1). Idade, excessiva força de escovação e uso de aparelho ortodôntico foram identificados como fatores de risco para lesões cervicais não cariosas em atletas; o mesmo estudo apontou que idade, escolaridade e dieta ácida são fatores de risco para a hipersensibilidade dentinária cervical; e que idade, renda, escolaridade e excessiva força de escovação são fatores de risco para a recessão gengival.²⁹ Além disso, uma condição socioeconômica desfavorável está associada com menos uso de serviços odontológicos, o que está relacionado com uma saúde bucal mais precária.³⁰ Daí a importância do presente estudo ter investigado idade, escolaridade e renda familiar dos voluntários.

No teste tátil, foi observada associação ($p = 0,01$) entre o tipo de dentifrício, se convencional ou dessensibilizante, e a resposta dolorosa ao estímulo tátil com sonda exploradora; sendo que a frequência da hipersensibilidade dentinária é menor dentre os indivíduos que utilizam o dentifrício dessensibilizante. No teste evaporativo com fole de borracha, foi encontrado associação ($p < 0,0001$) entre ausência e presença de recessão gengival (recessão gengival de, no mínimo, 1 milímetro em um ou mais dentes), e a resposta à dor ao estímulo com fole; sendo que a frequência da hipersensibilidade dentinária é maior dentre os indivíduos com recessão gengival.

Foram avaliados 6.591 dentes no teste com estímulo tátil, sendo que 533 apontaram sensibilidade (média de 2,2 dentes sensíveis por paciente). Os dentes com as maiores médias de NRS após o teste tátil foram: 34 ($0,8 \pm 2,1$), 24 ($0,6 \pm 1,8$), 44 ($0,5 \pm 1,6$), 35 ($0,5 \pm 1,6$), e 31 ($0,4 \pm 1,5$).

No teste com estímulo de jato de ar através de fole de borracha, foram avaliados 6.249 dentes, sendo que 412 apontaram sensibilidade (média de 1,7 dentes sensíveis por paciente). As maiores médias de NRS após o teste com fole ocorrem nos dentes: 31 ($0,4 \pm 1,4$), 41 ($0,3 \pm 1,2$), 43 ($0,3 \pm 1,3$), 24 ($0,3 \pm 1,2$), 23 ($0,3 \pm 1,2$), 25 ($0,3 \pm 1,4$), 32 ($0,3 \pm 1,2$), 42 ($0,3 \pm 1,2$), e 33 ($0,3 \pm 1,2$).

Foram avaliados 3.322 dentes no teste com estímulo de jato de ar através da seringa tríplice, sendo que 319 apontaram sensibilidade (média de 1,3 dentes sensíveis por paciente). Com a tríplice, os dentes com as maiores

médias de NRS foram: 31 ($0,8 \pm 1,8$), 32 ($0,7 \pm 1,8$), 41 ($0,7 \pm 1,64$), e 34 ($0,54 \pm 1,57$).

No teste com estímulo térmico, foram avaliados 6.549 dentes, sendo que 3.050 apontaram sensibilidade (média de 13,1 dentes sensíveis por paciente). As maiores médias, no estímulo térmico gelado, ocorreram nos dentes: 31 ($4,6 \pm 3,4$), 41 ($4,4 \pm 3,6$), 32 ($4,1 \pm 3,5$), 42 ($3,8 \pm 3,5$), e 21 ($3,7 \pm 3,4$).

Tabela 4.3.1 – Prevalência da HDC diagnosticada com os diferentes testes em paciente após tratamento ortodôntico (n = 232).

	HDC autorreportada		Estímulo tátil		Estímulo com fole		Estímulo com tríplice		Estímulo térmico com frio	
	Ausência de dor % (n)	Presença de dor % (n)	Ausência de dor % (n)	Presença de dor % (n)	Ausência de dor % (n)	Presença de dor % (n)	Ausência de dor % (n)	Presença de dor % (n)	Ausência de dor % (n)	Presença de dor % (n)
	32,6 (74)	67,4 (153)	44,4 (103)	55,6 (129)	60,9 (134)	39,1 (86)	42,7 (50)	57,3 (67)	8,3 (19)	91,7 (211)
Gênero										
Masculino	14,9 (34)	22,9 (52)	18,5 (43)	19,4 (45)	26,8 (59)	10,0 (22) **	20,5 (24)	17,0 (20) *	3,4 (8)	34,7 (80)
Feminino	17,6 (40)	44,4 (101)	25,8 (60)	36,2 (84)	34,0 (75)	29,0 (64)	22,2 (26)	40,1 (47)	4,7 (11)	56,9 (131)
Idade										
< 30 anos	27,3 (62)	55,0 (125)	38,7 (90)	43,1 (100)	52,7 (116)	29,0 (64) *	37,6 (44)	47,8 (56)	6,9 (16)	75,6 (174)
≥ 30 anos	5,2 (12)	12,3 (28)	5,6 (13)	12,5 (29)	8,1 (18)	10,0 (22)	5,1 (6)	9,4 (11)	1,3 (3)	16,0 (37)
Escolaridade										
Educação básica completa	11,9 (27)	17,7 (40)	15,1 (35)	15,5 (36)	10,9 (24)	17,8 (39)	15,3 (18)	12,8 (15)	3,9 (9)	26,6 (61)
Educação superior incompleta / completa	20,8 (47)	49,5 (112)	40,2 (93)	29 (67)	28,3 (62)	42,9 (94)	27,3 (32)	44,4 (52)	4,3 (10)	65,0 (149)
Renda familiar										
Até 2 salários	7,3 (14)	15,2 (29)	13,5 (26)	9,3 (18)	7,6 (14)	13,7 (25)	7,0 (7)	19,1 (19)	1,5 (3)	21,4 (41)
Menos 2 salários	25,2 (48)	52,1 (99)	43,2 (83)	33,8 (65)	32,4 (59)	46,1 (84)	35,3 (35)	38,3 (38)	4,7 (9)	72,2 (138)
Tempo de uso do aparelho ortodôntico										
≤ 3 anos	17,9 (39)	36,4 (79)	26,3 (57)	28,4 (61)	34,5 (74)	20,5 (44)	24,3 (26)	29,9 (32)	3,7 (8)	51,1 (110)
> 3 anos	15,2 (33)	30,4 (66)	17,5 (38)	27,7 (60)	27,1 (58)	17,7 (38)	16,8 (18)	28,9 (31)	3,7 (8)	41,4 (89)
Dentifício										
Convencional	31,3 (67)	58,4 (125)	40,3 (86)	48,8 (104)	56,2 (117)	32,2 (67)	37,1 (39)	49,5 (52)	6,6 (14)	82,0 (174)

Dessensibilizante	1,8 (4)	8,4 (18)	1,8 (4)	8,9 (19) *	5,2 (22)	6,2 (13)	2,8 (3)	10,4 (11)	0,0 (0)	11,3 (24)
Recessão gengival										
Ausente	5,9 (12)	9,4 (19)	8,9 (18)	15,9 (32)	25,3 (49)	4,1 (8)	9,3 (10)	7,4 (8)	0,0 (0)	15,3 (31)
Presente	22,7 (46)	61,8 (125)	30,8 (62)	44,2 (89)	33,6 (65)	36,7 (71) *	29,9 (32)	53,2 (57)	0,5 (1)	84,1 (170)

*p<0,05

**p<0,01

Dos 232 pacientes avaliados, 153 relataram ter hipersensibilidade dentinária em sua rotina, 73 relatam não ter hipersensibilidade, e 6 não responderam a esta pergunta. Todos os pacientes responderam aos questionários OHIP-14 e DHEQ-15. A seguir estão os resultados destes questionários, comparando os indivíduos que autorreportaram hipersensibilidade dentinária com os que relataram não ter hipersensibilidade.

Na análise do OHIP-14, foram identificadas diferenças significativas pelo teste de Mann-Whitney entre os voluntários que reportaram dor para hipersensibilidade dentinária e os que não reportaram dor. Estas diferenças significativas são observadas nas perguntas 3 a 9 do OHIP-14, as quais pertencem aos domínios: dor física, desconforto psicológico, incapacidade física e incapacidade psicológica; e remetem a situações como: dores na boca, incômodo ao comer, preocupação, estresse, alimentação prejudicada, parar refeições, e dificuldade para relaxar. Os resultados indicam valores maiores de OHIP-14, nas referidas perguntas, para o grupo que autorrelatou hipersensibilidade dentinária, indicando maior impacto destas situações sobre a qualidade de vida (Tabela 4.3.2).

Tabela 4.3.2 – Frequência relativa, média (e desvio padrão) e soma dos valores de cada uma das perguntas do questionário OHIP-14, para os voluntários que autorreportaram dor e para aqueles que relataram ausência de dor ao serem questionados sobre HDC em sua rotina.

Pergunta		Frequência relativa (%) de cada escore					Média (± desvio padrão)	Soma	Valor de p*
		0 Nunca	1 Raramente	2 Às vezes	3 Repetidamente	4 Sempre			
Limitação funcional									
1) Você teve problemas para falar alguma palavra por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	73,8	13,0	11,1	0,6	1,3	0,4 (±0,8)	65	0,5579
	Sem dor	76,7	15,0	6,8	0,0	1,3	0,3 (±0,7)	25	
2) Você sentiu que o sabor dos alimentos tem piorado por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	86,0	5,9	7,9	0,0	0,0	0,2 (±0,5)	33	0,9911
	Sem dor	84,9	12,3	2,7	0,0	0,0	0,1 (±0,4)	13	
Dor física									
3) Você sentiu dores na sua boca ou nos seus dentes por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	22,2	21,5	40,5	11,1	4,5	1,5 (±1,0)	236	<0,0001
	Sem dor	52,0	21,9	23,2	2,7	0,0	0,7 (±0,9)	56	
4) Você se sentiu incomodado ao comer algum alimento por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	34,4	14,5	36,4	9,2	5,2	1,3 (±1,1)	206	<0,0001
	Sem dor	65,7	27,3	5,4	1,3	0,0	0,4 (±0,6)	31	

Desconforto psicológico										
5) Você ficou preocupado por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	23,6	15,7	31,5	13,8		13,1	1,7 (±1,3)	263	0,0003
	Sem dor	53,4	10,9	20,5	5,4		9,5	1,0 (1,3)	78	
6) Você se sentiu estressado por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	54,3	12,5	17,8	9,9		5,2	0,9 (±1,2)	150	0,0052
	Sem dor	73,9	9,5	8,2	2,7		5,4	0,5 (±1,1)	41	
Incapacidade física										
7) Sua alimentação ficou prejudicada por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	73,2	10,4	11,1	5,2		0,0	0,48 (±0,8)	74	0,0376
	Sem dor	84,9	9,5	2,7	2,7		0,0	0,2 (±0,6)	17	
8) Você teve que parar suas refeições por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	79,7	11,7	7,8	0,6		0,0	0,2 (±0,6)	45	0,0175
	Sem dor	91,7	6,8	1,3	0,0		0,0	0,09 (±0,3)	7	
Incapacidade psicológica										
9) Você encontrou dificuldade para relaxar por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	64,7	13,7	15,6	3,9		1,9	0,6 (±1,0)	99	0,0048
	Sem dor	83,5	5,4	8,2	1,3		1,3	0,3 (±0,7)	23	
10) Você se sentiu envergonhado por causa de	Dor	71,7	13,8	7,8	1,9		4,6	0,5 (±1,0)	82	0,2813

problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Sem dor	79,1	8,3	5,5	4,1	2,7	0,4 (±0,9)	31	
Incapacidade social									
11) Você ficou irritado com outra pessoa por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	84,3	3,9	7,1	2,6	1,9	0,3 (±0,8)	52	0,9895
	Sem dor	83,5	6,8	6,8	2,7	0,0	0,2 (±0,7)	21	
12) Você teve dificuldades para realizar suas atividades diárias por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	79,7	7,8	9,1	1,9	1,3	0,3 (±0,8)	57	0,1802
	Sem dor	86,3	9,5	2,7	1,3	0,0	0,1 (±0,5)	14	
Desvantagem social									
13) Você sentiu que a vida, em geral, ficou pior por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	88,8	2,6	7,1	0,0	1,3	0,2 (±0,6)	34	0,3711
	Sem dor	91,7	6,8	1,3	0,0	0,0	0,09 (±0,3)	7	
14) Você ficou totalmente incapaz de realizar suas atividades diárias por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?	Dor	94,7	2,6	1,9	0,0	0,6	0,09 (±0,4)	14	0,9309
	Sem dor	94,5	4,1	0,0	1,3	0,0	0,08 (±0,3)	6	

* Teste de Mann-Whitney.

Na análise do questionário DHEQ-15, o teste de Mann-Whitney apontou diferenças significativas entre os indivíduos que reportaram dor para hipersensibilidade dentinária e os que reportaram não terem quadros dolorosos. Estas diferenças ocorreram para todas as perguntas, exceto para a pergunta 9 (ida ao dentista) do domínio sobre impacto social, e para as perguntas 13 (sentir-se velho) e 15 (sentir-se doente), ambas do domínio sobre identidade. Ou seja, apenas para estas três perguntas, os voluntários que reportaram dor apresentam, em média, respostas parecidas em relação aos pacientes que não reportaram dor; mas em todas as demais perguntas, os voluntários que reportaram dor tiveram valores mais altos do que os que não reportaram dor, indicando que há impacto da hipersensibilidade dentinária na qualidade de vida (Tabela 4.3.3).

Tabela 4.3.3 – Frequência relativa, média (e desvio padrão) e soma dos valores de cada uma das perguntas do questionário DHEQ-15, para os voluntários que autorreportaram dor e para aqueles que relataram ausência de dor ao serem questionados sobre HDC em sua rotina.

Pergunta		Frequência relativa (%) de cada escore							Média (± desvio padrão)	Soma	Valor de p*
		1 Discordo muito	2 Discordo	3 Discordo um pouco	4 Nem concordo nem discordo	5 Concordo um pouco	6 Concordo	7 Concordo muito			
Restrições funcionais											
1) Ter dentes sensíveis me tira o prazer de beber e comer.	Dor	12,3	15,4	13,4	10,3	19,5	14,4	13,4	4,031 (±2,013)	391,0	0,0133
	Sem dor	33,3	22,2	5,5	11,1	5,5	16,6	5,5	3,056 (±2,097)	110,0	
2) Eu demoro para terminar de beber ou comer algumas coisas por causa dos meus dentes sensíveis.	Dor	13,4	12,3	7,2	6,1	31,9	17,5	10,3	4,216 (±1,970)	409,0	<0,0001
	Sem dor	36,1	36,1	5,5	8,3	8,3	5,5	0,0	2,333 (±1,531)	84,00	
3) Algumas vezes, eu tenho dificuldades em tomar sorvete por causa dos meus dentes sensíveis.	Dor	3,1	4,1	4,1	1,0	23,9	32,2	31,25	5,604 (±1,511)	538,0	<0,0001
	Sem dor	27,7	19,4	19,4	2,7	13,8	11,1	5,5	3,111 (±1,968)	112,0	

Adaptação											
4) Eu tenho que mudar o jeito que como ou bebo certas coisas.	Dor	10,3	9,2	8,2	13,4	20,6	22,6	14,4	4,474 (±1,942)	434,0	<0,0001
	Sem dor	42,8	28,5	5,7	8,5	8,5	5,7	0,0	2,286 (±1,582)	80,00	
5) Eu tenho que ser cuidadoso ao respirar pela boca em um dia frio.	Dor	27,8	14,4	6,1	12,3	16,4	17,5	5,1	3,485 (±2,062)	338,0	0,0004
	Sem dor	51,4	22,8	5,7	11,4	5,7	0,0	2,8	2,086 (±1,522)	73,00	
6) Quando eu como alguns alimentos, eu tenho que ter cuidado para que eles não toquem certos dentes.	Dor	15,4	17,5	7,2	7,2	15,4	24,7	11,3	4,062 (±0,2163)	394,0	<0,0001
	Sem dor	52,7	27,7	2,7	5,5	8,3	2,7	0,0	1,972 (±1,424)	71,00	
7) Por causa dos meus dentes sensíveis, eu demoro mais para terminar uma refeição.	Dor	16,8	21,0	15,7	23,1	12,6	6,3	3,1	3,221 (±1,664)	306,0	<0,0001
	Sem dor	47,2	38,8	0,0	8,3	2,7	2,7	0,0	1,889 (±1,237)	68,00	
Impacto social											
8) Eu tenho que ser cuidadoso	Dor	27,8	29,8	12,3	17,5	3,0	6,1	2,0	2,619 (±1,604)	254,0	0,0030

com o que eu como quando estou com outras pessoas por causa dos meus dentes sensíveis.	Sem dor	52,7	33,3	0,0	11,1	0,0	2,7	0,0	1,806 (±1,191)	65,00	
9) Ir ao dentista é difícil para mim porque eu sei que vai doer devido aos meus dentes sensíveis.	Dor	38,1	22,6	6,1	10,3	11,3	5,1	5,1	2,670 (±1,902)	259,0	
	Sem dor	36,1	41,6	2,7	5,5	11,1	0,0	2,7	2,250 (±1,519)	81,00	0,4891
Emoções											
10) Eu fico ansioso quando eu vou comer ou beber alguma coisa que pode causar sensibilidade nos meus dentes.	Dor	19,5	24,7	9,2	13,4	16,4	10,3	5,1	3,309 (±1,900)	321,0	
	Sem dor	44,4	38,8	5,5	5,5	2,7	2,7	0,0	1,917 (±1,204)	69,00	<0,0001
11) A sensibilidade nos meus dentes é irritante.	Dor	8,2	12,3	11,3	7,2	25,7	17,5	16,4	4,454 (±1,947)	432,0	
	Sem dor	48,6	35,1	2,7	5,4	5,4	2,7	0,0	1,919 (±1,299)	71,00	<0,0001

12) A sensibilidade nos meus dentes é insuportável.	Dor	26,8	22,6	14,4	14,4	10,3	6,1	4,1	2,907 (±1,786)	282,0	<0,0001
	Sem dor	63,8	27,7	0,0	5,5	0,0	2,7	0,0	1,583 (±1,079)	57,00	
Identidade											
13) Ter dentes sensíveis me faz sentir velho.	Dor	50,5	30,9	2,0	8,2	3,0	1,0	3,0	1,948 (±1,460)	189,0	0,4462
	Sem dor	61,1	25,0	8,3	5,5	0,0	0,0	0,0	1,583 (±0,8742)	57,00	
14) Ter dentes sensíveis me faz sentir prejudicado.	Dor	28,8	18,5	6,1	9,2	13,4	15,4	7,2	3,320 (±2,134)	322,0	0,0038
	Sem dor	47,2	30,5	11,1	5,5	2,7	0,0	2,7	1,972 (±1,341)	71,00	
15) Ter dentes sensíveis me faz sentir doente.	Dor	44,3	30,9	5,1	9,2	7,2	1,0	1,0	2,082 (±1,412)	202,0	0,1709
	Sem dor	55,5	38,8	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	1,556 (±0,7725)	56,00	

* Teste de Mann-Whitney.

DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar a prevalência da hipersensibilidade dentinária cervical (HDC) em pacientes que receberam tratamento ortodôntico corretivo. Foi observado que a prevalência da HDC em pacientes após tratamento ortodôntico é maior em mulheres e em pacientes com menos de 30 anos de idade. Os dentes mais afetados foram os incisivos inferiores e os pré-molares. Os pacientes que autorreportaram hipersensibilidade dentinária apresentaram pior qualidade de vida nos questionários OHIP-14 e DHEQ-15. O uso de diferentes testes diagnósticos apresentou valores de prevalência de HDC desde 39% a 91%, indicando que diferentes testes diagnósticos podem resultar em diferentes valores de prevalência.

O presente estudo é inovador uma vez que não se tem conhecimento de outros levantamentos sobre a prevalência de hipersensibilidade dentinária em pacientes que passaram por tratamento ortodôntico corretivo. A literatura, no entanto, traz estudo clínico prospectivo⁵ que avalia a hipersensibilidade após a descolagem dos dispositivos ortodônticos, e revela que os níveis de dor retornam à normalidade dentro de 7 dias. Contudo, nosso estudo demonstrou que os pacientes autorreportam sensibilidade dentinária, e apontam diferentes níveis de dor em diferentes dentes, para vários tipos de testes diagnósticos, ao serem avaliados quanto à hipersensibilidade dentinária, em períodos maiores do que o de 7 dias.

Estudo recente³¹ em população jovem, similar à população mais prevalente no presente estudo, apontou associação entre hipersensibilidade dentinária e escovação traumática, presença de biofilme, lesão cervical não-cariosa, giroversões, e recessão gengival. A recessão gengival está associada com tratamento ortodôntico prévio, também na população jovem.⁸ Existindo uma associação entre tratamento ortodôntico prévio e recessão gengival, e associação entre recessão e hipersensibilidade dentinária, percebe-se uma possível explicação para o fato de que o presente estudo identificou HDC em pacientes após tratamento ortodôntico.

O presente estudo apontou maior prevalência da HDC em pacientes com menos de 30 anos de idade. Deve-se levar em consideração que este achado pode ser reflexo de que a maioria dos pacientes avaliados no presente estudo tinham menos de 30 anos de idade, fato que, por sua vez, pode ser consequência de que se incentiva que os tratamentos ortodônticos sejam realizados em idade precoce, a fim de evitar o desenvolvimento de discrepâncias dentárias mais severas, de encurtar o tempo de tratamento e de eliminar a necessidade de tratamento no paciente mais velho.³²

Os diferentes parâmetros utilizados para avaliar HDC encontraram prevalência entre 39% e 91%. A heterogeneidade entre diferentes estudos pode ser observada na literatura, sendo que há estudos que apontam desde 1,3% a 92,1% de prevalência. Meta-análise de 2019³³ apontou que a média entre os artigos avaliados foi de 33,5%, e a melhor estimativa foi de 11,5%. Assim, o presente estudo demonstrou valores de prevalência maiores do que a média ou melhor estimativa encontrada na literatura. Isso pode ser um indicativo de que a prevalência da HDC é maior entre a população que realizou tratamento ortodôntico corretivo, quando comparada com a população geral. Contudo, mais estudos nesta área são necessários.

A literatura indica que, para correto diagnóstico da hipersensibilidade dentinária cervical, sejam realizados: verificação dos sintomas do paciente, exclusão de outras condições bucais, conferência de situações que podem exacerbar os sintomas, exame visual para detecção de dentina exposta, e, por fim, teste diagnóstico.¹⁸ O teste diagnóstico deve ser capaz de induzir a característica dor aguda transitória através de aplicação de estímulo que mimetize o (s) sintoma (s) do paciente, ou seja, é indicado que seja usado um estímulo que esteja relacionado com o estímulo reportado pelo paciente como gatilho para os sintomas da hipersensibilidade.¹⁸ Assim, entende-se que não há um único estímulo indicado para uso, porém, deve-se conhecer as características dos estímulos a serem empregado. Por exemplo, neste estudo percebemos que o estímulo evaporativo com fole de borracha pode subestimar, enquanto que o estímulo térmico frio pode superestimar a hipersensibilidade cervical.

Os resultados do presente estudo apontaram uma prevalência maior entre mulheres. Em estudo recente, que avaliou 1320 indivíduos, entre 20 e 69 anos,³⁴ a prevalência também foi maior entre mulheres. Estando assim, o presente estudo, de acordo com os valores encontrados na literatura para prevalência de acordo com o gênero. Quanto à faixa etária predominante, os estudos apontam diferentes critérios de inclusão relativos à idade, sendo difícil estabelecer um comparativo.³³

A presença de recessão gengival e o uso de dentifrício convencional foram associados com hipersensibilidade dentinária nos testes evaporativo e tátil, respectivamente. Tais achados vão de encontro com o observado na literatura, ou seja, há correlação entre recessão gengival e hipersensibilidade dentinária,⁹ e formulações de dentifrícios dessensibilizantes têm demonstrado superioridade em relação ao uso de placebo ou fluoretos.³⁵

Os dentes mais afetados pela HDC foram os incisivos inferiores, pré-molares inferiores e superiores, caninos inferiores e superiores, e incisivos superiores, sendo estatisticamente significativa a maior prevalência dos incisivos inferiores e dos pré-molares. Outros estudos apontaram resultados similares, como o estudo de Silva et al. (2019),³¹ que encontrou os incisivos e caninos como os mais prevalentes; e o estudo de Liang et al. (2017),³⁴ que apontou os pré-molares como os dentes mais prevalentes para HDC. Deve-se levar em consideração que diferentes testes diagnósticos foram empregados, e que os indivíduos que compõe as amostras dos citados estudos diferem da amostra estudada (pacientes após tratamento ortodôntico). Assim, apesar da similaridade com os estudos encontrados em relação aos tipos dentários mais afetados, deve-se olhar com cautela o fato de a amostra, no presente estudo, ser constituída por pacientes pós-tratamento ortodôntico; uma vez que movimentações ortodônticas podem levar à diminuição na altura do osso alveolar (formação de deiscências ósseas) e à diminuição na espessura do osso alveolar⁷. Além disso, alterar a inclinação dentária pode levar à perda óssea horizontal; sendo que os caninos superiores e todos os dentes inferiores têm maior risco para perda óssea vestibular.⁷

O presente estudo demonstrou que situações bucais negativas gerais impactam mais as pessoas que tem queixa de hipersensibilidade

dentinária do que as que não tem essa queixa. Em estudo de Demirovic et al. (2019),¹⁹ ao comparar a saúde bucal relacionada com a qualidade de vida em indivíduos que não receberam tratamento ortodôntico com a qualidade de vida em pacientes que receberam tratamento ortodôntico, foi observado que os indivíduos que não realizaram tratamento ortodôntico apresentaram uma qualidade de vida mais negativa.¹⁹ A hipersensibilidade dentinária está associada à dimensão física da dor no OHIP-14;⁴ e o tratamento da hipersensibilidade é seguido de melhora na qualidade de vida.³⁶ Apesar do tratamento ortodôntico gerar resultados positivos para qualidade de vida, os resultados do presente estudo apontaram que essa amostra de pacientes tende a responder o questionário OHIP-14 considerando outros aspectos além do tratamento ortodôntico em si, apontando resultados negativos para qualidade de vida nos domínios dor física, incapacidade física, e incapacidade psicológica.

O questionário DHEQ-15 avalia o impacto da hipersensibilidade dentinária na qualidade de vida, ou seja, é um instrumento validado e direcionado para a questão específica da hipersensibilidade dentinária.^{27, 28} Nas respostas a este questionário, os pacientes que autorreportaram hipersensibilidade tiveram menor qualidade de vida para todos os domínios, isto é, restrições funcionais, adaptação, impacto social, emoções e identidade. Tais resultados confirmam o observado no questionário OHIP-14, ou seja, indivíduos que realizaram tratamento ortodôntico corretivo e que apresentam hipersensibilidade dentinária tem menor qualidade de vida.

Os resultados observados em ambos os questionários, OHIP-14 e DHEQ-15, demonstram uma certa similaridade em relação aos domínios que indicam significativamente menor qualidade de vida nos pacientes com hipersensibilidade dentinária autorreportada. Onde foram observadas menor qualidade de vida foram nos domínios de dor e incapacidade físicas do questionário OHIP-14, os quais abordam questões parecidas com aquelas dos domínios restrição e adaptação do DHEQ-15; enquanto que os domínios desconforto e incapacidade psicológicos do OHIP-14 abrangem questões parecidas com o domínio de impacto emocional do DHEQ-15. Já, os domínios impacto social e identidade tiveram menos questões que impactaram a qualidade de vida no DHEQ-15, e estes domínios apresentam similaridade com

os domínios que não tiveram nenhum impacto sobre a qualidade de vida no OHIP-14, os quais limitação funcional, e incapacidade e desvantagem sociais.

O presente estudo é importante por ser o primeiro a aplicar estes questionários, OHIP-14 e DHEQ-15, nesta amostra específica, pacientes após tratamento ortodôntico com e sem hipersensibilidade dentinária, indicando os impactos sobre a qualidade de vida, além do tratamento ortodôntico.

Ainda assim, este estudo tem suas limitações, como a forma de seleção da amostra, que foi por conveniência, ou seja, os indivíduos convidados a participar são todos pacientes concluintes de tratamento ortodôntico em duas escolas de pós-graduação, localizadas na mesma cidade. Além disso, o desenho do estudo não previu a realização de análises ortodônticas pré e pós tratamento ortodôntico, para avaliar, por exemplo, a inclinação dos dentes e a presença de deiscências ósseas; tampouco foram realizadas análises periodontais, para detectar a presença de recessões gengivais; nem mesmo realizado análise da presença dos fatores etiológicos da HDC, como abrasão e erosão.

Os pacientes avaliados concluíram o tratamento ortodôntico entre 2000 e 2020, ou seja, um período relativamente longo, de 20 anos. Isso pode implicar que, para alguns dos pacientes, em especial aqueles que concluíram tratamento ortodôntico há mais tempo, a hipersensibilidade dentinária cervical pode ter surgido como consequência de outros fatores, como abrasão e/ou erosão dentárias, e/ou recessão gengival.^{7, 8, 12} Neste caso, um estudo prospectivo, avaliando os pacientes antes e após o tratamento ortodôntico poderia responder se recessões surgiram pelo tratamento ortodôntico, e se tiveram como consequência a hipersensibilidade dentinária cervical.

Devem ser realizados mais estudos buscando identificar se há associação entre tratamento ortodôntico prévio e hipersensibilidade dentinária cervical, bem como, fatores importantes devem ser investigados, como posicionamento dos incisivos em relação à base óssea, sua inclinação e protrusão/vascularização, identificação de possíveis perdas ósseas como deiscências (identificáveis com exames tomográficos), exame periodontal para identificação de regiões de recessão gengival, identificação e classificação de lesões cervicais não-caríadas, investigar presença de fatores abrasivos como

tipos de cerdas da escova dental e força ao escovar, e fatores erosivos, como dieta ácida. O esclarecimento destes fatores previamente ao tratamento ortodôntico e posteriormente ao mesmo, num estudo prospectivo, são importantes para desvendarmos a verdadeira relação entre tratamento ortodôntico e hipersensibilidade dentinária.

Como aplicações práticas, é interessante que o ortodontista tenha cuidado ao promover o movimento dos dentes anteriores em direção à tábua óssea vestibular. Ao clínico, indica-se atenção ao escolher o método diagnóstico para detecção da hipersensibilidade dentinária cervical em seu paciente, visto que os resultados de prevalência apontaram certa variabilidade. É imprescindível a busca por protocolos diagnósticos que sejam fáceis de aplicar na prática clínica, bem como de viável uso em pesquisa. Além disso, mais investigações são necessárias para identificar se a prevalência de HDC é maior na população pós-tratamento ortodôntico corretivo quando comparado com a população em geral.

CONCLUSÃO

- A prevalência da hipersensibilidade dentinária cervical em pacientes após tratamento ortodôntico corretivo é maior em mulheres e em pacientes jovens, com menos de 30 anos de idade.
- A hipersensibilidade dentinária é menor dentre os indivíduos que utilizam dentifrício dessensibilizante, e maior dentre os indivíduos com recessão gengival.
- Os dentes mais afetados são os incisivos inferiores e os pré-molares inferiores e superiores.
- O teste térmico frio pode indicar resultados falso-positivos para hipersensibilidade dentinária cervical.
- Situações bucais gerais impactam mais as pessoas que tem queixa de hipersensibilidade dentinária do que as pessoas sem essa queixa, dentro de uma população após tratamento ortodôntico corretivo; particularmente em relação a dor física, desconforto psicológico, incapacidade física e incapacidade psicológica.

- A hipersensibilidade dentinária impacta mais as pessoas que tem queixa desta situação bucal do que as pessoas sem essa queixa dentro de uma população após tratamento ortodôntico corretivo.

REFERÊNCIAS

1. Cheng C, Xie T, Wang J. The efficacy of analgesics in controlling orthodontic pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2020;20(1):259-68.
2. Kavaliauskiene A, Smailiene D, Buskiene I, Keriene D. Pain and discomfort perception among patients undergoing orthodontic treatment: Results from one month follow-up study. *Stomatologija*. 2012;14:118-25.
3. Long H, Wang Y, Jian F, Liao LN, Yang X, Lai WL. Current advances in orthodontic pain. *Int J Oral Sci*. 2016;8(2):67-75.
4. Soares A, Chalub L, Barbosa RS, Campos DEP, Moreira AN, Ferreira RC. Prevalence and severity of non-carious cervical lesions and dentin hypersensitivity: association with oral-health related quality of life among Brazilian adults. *Heliyon*. 2021;7(3):e06492.
5. Scribante A, Gallo S, Celmare RL, D'Anto V, Grippaudo C, Gandini P, et al. Orthodontic debonding and tooth sensitivity of anterior and posterior teeth. *Angle Orthod*. 2020;90(6):766-73.
6. Vatturu S, Ganugapanta VR, Teja NR, Singaraju GS, Mandava P, Priyanka JY. Comparative evaluation of the efficacy of the desensitizing and remineralizing agent in the reduction of dentin hypersensitivity after orthodontic debonding - a randomized clinical trial. *Med Pharm Rep*. 2021;94(2):229-38.
7. Jager F, Mah JK, Bumann A. Peridental bone changes after orthodontic tooth movement with fixed appliances: A cone-beam computed tomographic study. *Angle Orthod*. 2017;87(5):672-80.
8. Slutzkey S, Levin L. Gingival recession in young adults: occurrence, severity, and relationship to past orthodontic treatment and oral piercing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;134(5):652-6.
9. Teixeira DNR, Zeola LF, Machado AC, Gomes RR, Souza PG, Mendes DC, et al. Relationship between noncarious cervical lesions, cervical dentin hypersensitivity, gingival recession, and associated risk factors: A cross-sectional study. *J Dent*. 2018;76:93-7.
10. Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity. Consensus-Based Recommendations for the Diagnosis and Management of Dentin Hypersensitivity. *J Can Dent Assoc*. 2003;69(4):221-6.
11. van Loveren C, Schmidlin PR, Martens LC, Amaechi BT. Dentin hypersensitivity management. *Clin Dent Rev*. 2018;2(1).
12. Gillam D. *Dentine Hypersensitivity. Advances in Diagnosis, Management, and Treatment*. Londres: Springer; 2015. 196 p.
13. Brännström M, Aström A. A Study on the Mechanism of Pain Elicited from the Dentin. *J dent Res*. 1964;43(4):619-25.
14. Matthews B, Vongsavan N. Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. *Archs oral Biol*. 1994;39:87S-95S.

15. Chung G, Jung SJ, Oh SB. Cellular and molecular mechanisms of dental nociception. *J Dent Res.* 2013;92(11):948-55.
16. Kopycka-Kedzierawski DT, Meyerowitz C, Litaker MS, Heft MW, Tasgaonkar N, Day MR, et al. Management of dentin hypersensitivity by practitioners in The National Dental Practice-Based Research Network. *J Am Dent Assoc.* 2017;148(10):728-36.
17. Zeola LF, Teixeira DNR, Galvao ADM, Souza PG, Soares PV. Brazilian dentists' perception of dentin hypersensitivity management. *Braz Oral Res.* 2019;33:e1115.
18. Liu XX, Tenenbaum HC, Wilder RS, Quock R, Hewlett ER, Ren YF. Pathogenesis, diagnosis and management of dentin hypersensitivity: an evidence-based overview for dental practitioners. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):220.
19. Demirovic K, Habibovic J, Dzemidzic V, Tiro A, Nakas E. Comparison of Oral Health-Related Quality of Life in Treated and Non-Treated Orthodontic Patients. *Med Arch.* 2019;73(2):113-7.
20. Holland GR, Narhi MN, Addy M, Gangarosa L, Orchardson R. Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *J Clin Periodontol.* 1997;24:808-13.
21. Naing L, Winn T, Rusli BN. Practical issues in calculating the sample size for prevalence studies. *Arch Orofac Sci.* 2006;1:9-14.
22. Seong J, Bartlett D, Newcombe RG, Claydon NCA, Hellin N, West NX. Prevalence of gingival recession and study of associated related factors in young UK adults. *J Dent.* 2018;76:58-67.
23. Gebistorf M, Mijuskovic M, Pandis N, Fudalej PS, Katsaros C. Gingival recession in orthodontic patients 10 to 15 years posttreatment: A retrospective cohort study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(5):645-55.
24. Alvarenga FAS, Henriques C, Takatsui F, Montandon AAB, Telarrolli-Júnior R, Monteiro ALCC, et al. Impacto da saúde bucal na qualidade de vida de pacientes maiores de 50 anos de duas instituições públicas do município de Araraquara-SP, Brasil. *Rev Odontol UNESP.* 2011;40(3):118-24.
25. Pires CPAB, Ferraz MB, Abreu MHNG. Translation into Brazilian portuguese, cultural adaptation and validation of the oral health impact profile (ohip-49). *Braz Oral Res.* 2006;20(3):2263-268.
26. Slade GD. Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1997;25:284-90.
27. Douglas-De-Oliveira DW, Lages FS, Paiva SM, Cromley JG, Robinson PG, Cota LOM. Cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the Dentine Hypersensitivity Experience Questionnaire (DHEQ-15). *Braz Oral Res.* 2018;32:e37.
28. Machuca C, Baker SR, Sufi F, Mason S, Barlow A, Robinson PG. Derivation of a short form of the Dentine Hypersensitivity Experience Questionnaire. *J Clin Periodontol.* 2014;41(1):46-51.
29. Tolentino AB, Zeola LF, Machado AC, Soares PV, Aranha ACC, Coto NP. Non-Carious Cervical Lesions and risk factors in Brazilian athletes: A cross sectional study. *Research, Society and Development.* 2021;10(9).
30. Silveira MF, Maroco JP, Freire RS, Martins AM, Marcopito LF. Impact of oral health on physical and psychosocial dimensions: an analysis using structural equation modeling. *Cad Saude Publica.* 2014;30(6):1169-82.

31. Silva MS, Lima A, Pereira MMA, Ferraz Mendes R, Prado Junior RR. Prevalence and predictive factors of dentin hypersensitivity in Brazilian adolescents. *J Clin Periodontol*. 2019;46(4):448-56.
32. Grippaudo C, Pantanali F, Paolantonio EG, Saulle R, Torre GL, Deli R. Orthodontic treatment timing in growing patients. *Eur j paediatr dent*. 2013;14(3).
33. Zeola LF, Soares PV, Cunha-Cruz J. Prevalence of dentin hypersensitivity: systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2019;81:1-6.
34. Liang X, Wei Z, Hu D, Ruan J. Prevalence of dentin hypersensitivity among the residents of Xi'an city, China. *Acta Odontol Scand*. 2017;75(6):387-93.
35. Martins CC, Firmino RT, Riva JJ, Ge L, Carrasco-Labra A, Brignardello-Petersen R, et al. Desensitizing toothpastes for dentin hypersensitivity: a network meta-analysis. *J Dent Res*. 2020;99(5):514-22.
36. Douglas-de-Oliveira DW, Vitor GP, Silveira JO, Martins CC, Costa FO, Cota LOM. Effect of dentin hypersensitivity treatment on oral health related quality of life - a systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2017;71:1-8.

5. DISCUSSÃO

Os estudos apresentados tiveram como objetivo avaliar biovidros experimentais e hidroxiapatita experimental obtida a partir de cascas de ovos, como agentes obliteradores de túbulos dentinários, a fim de ser usado no tratamento da hipersensibilidade dentinária cervical; bem como identificar a prevalência da hipersensibilidade dentinária cervical em pacientes que receberam tratamento ortodôntico corretivo.

Os biomateriais experimentais, biovidros contendo concentrações específicas de estrôncio, fósforo e silício, e a hidroxiapatita obtida de cascas de ovos, promoveram obliteração dos túbulos dentinários, sendo que a hidroxiapatita formou *plugs* que resistiram aos ciclos de escovação. Outros estudos tem relatado bons resultados na obliteração de túbulos e na permeabilidade dentinária para outras formulações de biovidros experimentais (da-Cruz et al. ⁴⁷ 2018; Jung et al. ⁴⁸ 2018; Khan et al. ⁴⁹ 2020), e também para biovidros modificados com diferentes concentrações de estrôncio e/ou potássio (Acevedo et al. ³⁸ 2021; Saffarpour et al. ⁵⁰ 2017; Tiskaya et al. ⁵¹ 2021). Além disso, há estudos que tem apontado resultados promissores quanto à obliteração de túbulos para formulações de hidroxiapatita obtida a partir de outros precursores (Lin et al. ⁵² 2017; Palka et al. ⁵³ 2020; Yuan et al. ⁵⁴ 2019).

A prevalência da hipersensibilidade dentinária observada, em pacientes após tratamento ortodôntico, foi maior em mulheres e em jovens (menos de 30 anos). Estudos de prevalência em outras populações encontraram resultados similares em relação a maior prevalência em mulheres; já a faixa etária é variável de acordo com o estudo, e é possível que a maior prevalência para uma determinada faixa etária dependa do tipo de amostra analisada (Liang et al. ⁵⁵ 2017; Rafeek et al. ⁵⁶ 2020; Silva et al. ⁵⁷ 2019). O presente estudo encontrou que os dentes mais afetados foram os incisivos inferiores e os pré-molares. Outros estudos indicaram que os dentes mais afetados são os incisivos e os pré-molares (Liang et al. ⁵⁵ 2017; Silva et al. ⁵⁷ 2019; Soares et al. ⁵⁸ 2021), dentes como os caninos podem apresentar-se como os mais prevalentes (Silva et al. ⁵⁷ 2019) ou os menos prevalentes (Liang et al. ⁵⁵ 2017), a depender do estudo. Foi constatado que a qualidade de vida é menor nos indivíduos com hipersensibilidade dentinária, sendo que demais estudos indicaram resultados similares (Soares et al. ⁵⁸ 2021; Bekes et al. ⁵⁹ 2009; Idon et al. ⁶⁰ 2019),

e meta-análise apontou que o tratamento para hipersensibilidade dentinária tende a diminuir este problema e a aumentar a qualidade de vida (Douglas-de-Oliveira et al. ² 2017).

Foi observado que os diferentes testes diagnósticos apresentaram diferentes valores de prevalência para a hipersensibilidade dentinária. Recente publicação de revisão sistemática e metanálise apontou grande variabilidade para prevalência de hipersensibilidade dentinária entre os estudos analisados, variando de 1,3% a 92,1%, e informa que as diferentes características de estudos podem ser uma explicação parcial para essa variabilidade, tais características incluem o tipo de amostra, a faixa etária dos indivíduos, a estratégia de recrutamento, e o número de sítios estudados; porém, indica que a análise de efeitos modificadores não apontou os diferentes testes diagnósticos como fator que explica a variabilidade para prevalência observada nos diferentes estudos (Zeola et al. ¹ 2019). No entanto, o presente estudo aponta que a estratégia diagnóstica pode contribuir para diferentes resultados de prevalência, uma vez que estes diferentes testes diagnósticos foram realizados nos mesmos voluntários, e em uma única consulta.

A dentina, em condições de normalidade, encontra-se recoberta por cimento, esmalte ou, na região da junção cimento-esmalte, a dentina pode estar recoberta pelos tecidos periodontais (Tjäderhane e Paju ⁶¹ 2020). Para que ocorra a hipersensibilidade dentinária, é necessária exposição da dentina, e abertura dos túbulos dentinários (Gillam ⁶ 2015). A exposição da dentina pode ocorrer por perda do esmalte, ou recessão gengival, a qual leva a perda do cimento e revela a dentina radicular (Gillam ⁶ 2015; Alcantara et al. ⁶² 2018). Uma vez expostos os túbulos dentinários, os mecanismos pelos quais ocorre a hipersensibilidade dentinária não são completamente compreendidos (Gillam ⁶ 2015). O que se considera, segundo a teoria hidrodinâmica, é que estímulos comuns e de baixa intensidade (como estímulos térmicos, táteis, químicos, evaporativos e osmóticos) atingem os túbulos dentinários expostos, e induzem a movimentação do fluido dentinário (presente no interior dos túbulos), o que ativa as terminações nervosas presente na porção mais interna da dentina e na porção mais externa da polpa dentária, o que leva à percepção de dor pelo sistema nervoso central (SNC). Apesar de estar claro que os odontoblastos respondem a várias formas de estímulos interpretados como dolorosos (presença de nociceptores), ainda não se sabe se os odontoblastos são capazes de ativar as fibras nervosas intradentárias (Gillam ⁶ 2015). Além disso, sabe-se que alguns estímulos,

como o estímulo frio, são capazes de diretamente ativar as terminações nervosas, sem depender da movimentação de fluido dentinário para isso (Gillam ⁶ 2015; Chung et al. ⁶³ 2013). A relação entre a magnitude de um estímulo e a percepção de dor não é uma situação fixa, pois depende de muitas variáveis, como a permeabilidade dentinária, a situação biológica do tecido pulpar no momento do estímulo, fatores psicológicos e fatores fisiológicos (Gillam ⁶ 2015). Os tratamentos para hipersensibilidade dentinária utilizam mecanismos de dessensibilização nervosa local ou através de substâncias obliteradoras dos túbulos dentinários (Gillam ⁶ 2015).

A movimentação dentária leva à remodelação óssea, facilitando acomodar o dente em sua nova posição (Davidovitch ⁶⁴ 1991). Porém, a movimentação dentária pode levar a microfendas no osso alveolar (Verna et al. ⁶⁵ 2004), podendo levar a situações como deiscências ósseas (Jager et al. ⁸ 2017) e a recessão gengival (Slutzkey e Levin ⁹ 2008; Alcantara et al. ⁶² 2018), a qual está positivamente correlacionada com a hipersensibilidade dentinária cervical (Teixeira et al. ⁷ 2018).

Nos estudos 1 e 2 foram testados biovidros experimentais e hidroxiapatita experimental. Os biovidros tem a capacidade de formar hidroxiapatita quando em contato com a dentina e fluídos biológicos, como a saliva. A hidroxiapatita, em contato com a dentina, realiza trocas iônicas e pode formar camadas de material cristalino como a fluorapatita, por exemplo. Todos os materiais testados apresentaram capacidade de obliteração de túbulos dentinários, e a hidroxiapatita foi capaz de formar *plugs* na embocadura dos túbulos dentinários, os quais permaneceram mesmo após o processo de escovação dos espécimes. Segundo a literatura, o tratamento da hipersensibilidade dentinária com biovidros é viável, uma vez que são capazes de promover a obliteração e geralmente envolvem métodos de fácil aplicação. (Cruz e Tuñas ¹⁰ 2018)

A hidroxiapatita, por sua vez, é um fosfato de cálcio estável, com baixa solubilidade, capaz de diminuir a hipersensibilidade dentinária pela ligação bioquímica ao colágeno e pela ligação à hidroxiapatita que formam a dentina, além de ser capaz de obliterar os túbulos dentinários, sendo, portanto, mais efetiva no combate à hipersensibilidade quando comparada com outros produtos. (Chen et al. ⁶⁶ 2021)

Os testes diagnósticos utilizados, no estudo 3, para detectar a hipersensibilidade dentinária foram: teste tátil, realizado com sonda exploradora; teste evaporativo com fole de borracha; teste evaporativo com seringa tríplice; e teste

térmico com haste de algodão congelada em temperatura média de $0,65^{\circ}\text{C}$ ($\pm 6,69$). A prevalência da hipersensibilidade dentinária para cada um dos testes variou de 39,1% com o teste evaporativo com fole até 91,3% com teste térmico. O teste tátil apontou prevalência de 55,6% e o teste com tríplice apontou prevalência de 57,3%. Essa variabilidade também é encontrada na literatura, porém, estudo recente a tem atribuído a outras variáveis, como o tipo de amostra, a faixa etária dos indivíduos, a estratégia de recrutamento, e o número de sítios estudados. (Zeola et al. ¹ 2019) No entanto, como o estudo 3 aplicou os diferentes testes numa mesma população e no mesmo momento clínico, deve-se ter atenção ao olhar para esta questão. Além disso, a variedade de técnicas para diagnóstico pode gerar dificuldades para o clínico diferenciar a hipersensibilidade dentinária de outras condições dolorosas. (Gernhardt ⁶⁷ 2013) Neste sentido, mais pesquisas são necessárias para melhorar o entendimento dos fatores que indicam a prevalência da hipersensibilidade dentinária numa determinada população.

Nos estudos 1 e 2 foram utilizados dois grupos controle, o grupo “água destilada” (DW) e o grupo “verniz cavitário” (CV). Usar grupos controle foi importante para isolar fatores que não estão ao domínio dos pesquisadores e que poderiam ter influenciado no resultado final. (Quinn e Keough ⁶⁸ 2002) Os grupos controle apresentaram rugosidade mais baixa, indicando que as substâncias ativas promovem aumento da rugosidade superficial da dentina, o que não ocorreu no grupo com o veículo (CV). Além disso, a obliteração promovida pelo verniz cavitário não resistiu ao desafio da escovação, mostrando o potencial obliterador dos grupos experimentais. Ainda, no grupo DW foi observado que após a escovação houve formação de uma camada obliteradora devido ao uso de creme dental fluoretado, indicando que o mesmo pode ter reagido quimicamente com os compostos ativos, biovidros e hidroxiapatita, podendo ter gerado outras substâncias químicas, como a fluorapatita, que podem ter potencializado a capacidade obliteradora de alguns dos tratamentos, como no caso dos biovidros KSr, PSi e da hidroxiapatita, nos quais foi possível observar bons resultados na obliteração, mesmo após a escovação.

Quanto às análises de qualidade de vida, foi observado, no estudo 3, que os indivíduos que autorrelataram hipersensibilidade dentinária tiveram valores nos questionários (na maioria dos domínios do OHIP-14, e em todos os domínios do DHEQ-15) relativos a uma menor qualidade de vida, quando comparados com os indivíduos nos quais o autorrelato era de ausência de dor para hipersensibilidade

dentinária. Meta-análise avaliou os questionários OHIP-14 e DHEQ-15, em estudos que avaliaram a hipersensibilidade dentinária através de estímulos tátil, evaporativo e frio, reportou redução da hipersensibilidade e melhora na qualidade de vida após o tratamento para hipersensibilidade dentinária, porém, os estudos avaliados tinham de baixa a moderada qualidade metodológica. (Douglas-de-Oliveira et al. ² 2017) Entender o impacto da hipersensibilidade dentinária, não apenas em termos dentários, mas como afeta o indivíduo e sua qualidade de vida, é importante principalmente como avaliação do paciente frente a um tratamento proposto, (Bekes et al. ⁵⁹ 2009) mas também para avaliar a gravidade deste problema em populações nas quais a hipersensibilidade dentinária ainda é pouco estudada, como no caso de pacientes após tratamento ortodôntico.

Quanto ao método utilizado nos estudos 1 e 2, destaca-se a abertura dos túbulos dentinários, realizada com EDTA 24%, seguindo protocolo similar a Acevedo et al (2021). (Acevedo et al. ³⁸ 2021) A abertura de túbulos é um passo essencial nos modelos que estudam simular laboratorialmente o processo de hipersensibilidade dentinária cervical, pois nesta situação clínica, a simples exposição da dentina não caracteriza o processo de hipersensibilidade, mas quando há exposição dos túbulos dentinários, aí sim, temos reprodução deste processo. (Gillam ⁶ 2015) A concentração dos tratamentos experimentais foi padronizada em 16,6%, com base em dois parâmetros: a) estudo clínico de Wang et al (2016), (Wang et al. ⁶⁹ 2016) testou duas concentrações da hidroxiapatita nanoparticulada, uma em 20% e a outra em 10%, associadas com outras substâncias usadas em *home care* (nitrato de potássio, fluoreto de sódio e flúor na concentração de 900 ppm), e obteve resultados tão efetivos quanto aos outros tratamentos testados (arginina 8% e verniz fluoretado) na redução da hipersensibilidade num acompanhamento de 3 meses; assim observamos que uma concentração intermediária seria em torno de 15%; b) foi observado que a pesagem dos pós de biovidros e da hidroxiapatita, utilizados nos estudos 1 e 2, bem como sua mistura em verniz fluoretado, era facilitada se utilizada na concentração de 16,6% (de 3 a 3,3 mg de pó em 18 µL de verniz cavitário). Quanto a imersão em saliva artificial e a frequência do tratamento, ou seja, aplicação única, foram assim conduzidos para a simulação de tratamento em consultório odontológico. A aplicação da saliva artificial foi empregada para simular condições bucais, sendo que devemos levar em consideração que compostos normalmente comuns às salivas artificiais incluem fosfatos e cálcio, os quais, auxiliam no processo de regulação do pH

local e podem promover troca iônica favorável ao equilíbrio entre desmineralização e remineralização (Ionta et al. ⁷⁰ 2014). Tal processo pode ter favorecido, nos estudos 1 e 2, a remineralização promovidas pelos biovidros ou pela hidroxiapatita aplicadas nas amostras de dentina, bem como, a análise EDS pode estar apresentando essa influência da saliva artificial, principalmente para as substâncias fósforo e cálcio. Assim como Wang et al (2016) (Wang et al. ⁶⁹ 2016) acompanhou os pacientes durante 3 meses, os estudos 1 e 2 usaram 6.000 ciclos de escovação, com escova dentária macia e creme dental fluoretado (1500 ppm), que equivalem a simulação de 3 meses de escovação dentária. A rugosidade dos tratamentos foi avaliada pois superfícies rugosas tendem a facilitar a agregação bacteriana e a formação de biofilme. (Cury et al. ⁴¹ 2017) Os tratamentos experimentais apresentaram maior rugosidade do que os demais tratamentos, porém, a escovação foi capaz de influenciar na rugosidade (segundo resultados das análises de ANOVA de 2-fatores), diminuindo-a. Essa influência da escovação na rugosidade, juntamente com o observado nas imagens em MEV, pode ser um indicativo de que a escovação auxilia na deposição das substâncias ativas a adentrarem em profundidade os túbulos dentinários. Além disso, devemos levar em consideração o potencial anti-bacteriano dos tratamentos utilizados, (Meyer e Enax ⁷¹ 2019) que podem controlar o biofilme e compensar os valores mais altos de rugosidade superficial.

Em relação ao método usado no estudo 3, utilizou-se amostra por conveniência, já que foram selecionados indivíduos concluintes de tratamentos ortodônticos de dois cursos de especialização de uma mesma cidade. Utilizou-se diferentes métodos diagnósticos nesta mesma população a fim de obter resultados o mais fidedigno possível. No entanto, observou-se diferentes resultados para prevalência da hipersensibilidade dentinária, variando de 39,1% a 91,7%. A literatura recomenda que o diagnóstico clínico para hipersensibilidade seja realizado por exclusão, uma vez que são várias as patologias dentárias que podem levar à dor aguda e de curta duração, como pulpite reversível ou irreversível, lesão cariosa profunda, ou periodontite apical. (Liu et al. ³ 2020) No entanto, o relato do paciente e a exclusão de outras patologias não são capazes de mensurar a gravidade da hipersensibilidade dentinária cervical, e por este motivo foi utilizada a escala NRS (*Numerical Rating Scale*) de 11 pontos para cada um dos estímulos aplicados, (Holland et al. ⁷² 1997) além de considerá-los também de forma dicotômica. A análise com a escala contínua NRS permitiu avaliar a severidade da dor para cada estímulo,

gerando mais detalhes sobre o processo doloroso; ou, como encontrado no estudo 3, dando mais características sobre o tipo de estímulo do que sobre a dor do paciente, em si, pois foi possível observar uma tendência a subestimar a dor usando o estímulo evaporativo com fole, e a superestimar a dor usando um estímulo térmico frio. Ao compararmos a frequência de dor autorreportada (67,4%) observamos que está similar a frequência observada com os testes tátil (55,6%) e evaporativo com tríplice (57,3%), e está distante ao observada com o teste evaporativo com fole e teste térmico frio. Assim, levando em consideração os métodos utilizados, sugere-se a utilização dos testes tátil e/ou evaporativo com tríplice em demais estudos de prevalência.

Quanto às limitações dos estudos 1 e 2, podemos observar as próprias amostras, ou seja, uma vez que cada dente apresenta uma anatomia de túbulos dentinários específica e única, e isso pode ter influenciado no padrão de obliteração observado. (Gillam ⁶ 2015) Esse aspecto poderia ser contornado com o aumento do número amostral em cada grupo. Outros testes precisariam ser realizados para melhor entendimento do comportamento dos biomateriais experimentais (biovidros e hidroxiapatita), como testes de citotoxicidade (Coelho et al. ⁷³ 2019) com diferentes concentrações, além daquela de 16,6% utilizada, pois espera-se penetração dos biomateriais em direção à polpa dentária, e íons podem ser liberados alcançando os prolongamentos dos odontoblastos que ficam no interior dos túbulos dentinários. Além disso, testes microbiológicos (Meyer e Enax ⁷¹ 2019) também poderiam ter sido conduzidos a fim de identificar tanto o potencial anti-bacteriano como a interação dos biomateriais com o biofilme. O teste de permeabilidade dentinária avalia a passagem de fluxo de água por através dos túbulos dentinários, indicando que quanto menor a permeabilidade de uma amostra de dentina, mais obliterados estão os túbulos dentinários, este teste é recomendado em casos da avaliação *in vitro* da obliteração de túbulos, (Gillam ⁶ 2015) e poderiam ter sido conduzidos nos presentes estudos. As avaliações de composição química de superfície indicaram boas concentrações de fósforo e cálcio para os biovidros KSr e PSi, porém, outros testes de caracterização da superfície tratada poderiam ter sido conduzidos, como o FTIR (espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier), para melhor investigar a composição química, ou detectar grupos funcionais que possam identificar a presença de hidroxiapatita ou de substâncias similares como a hidroxicarbonato-apatita ou a fluorapatita, ou ainda o uso de análise de difração de raios-X (DRX), para a identificação da estrutura cristalina dos precipitados, também

com o objetivo de identificar se ocorreu formação de hidroxiapatita na superfície dos espécimes e na embocadura dos túbulos dentinários. A análise da penetração das substâncias no interior dos túbulos (Uslu e Donmez ⁷⁴ 2020) poderia ter sido realizada através de fratura dos espécimes e observação da sua parte interna em MEV (microscópio eletrônico de varredura) ou através de microscopia confocal a laser (CLSM).

Em relação às limitações do estudo 3, é possível observar que alguns dos aspectos que a literatura associa com hipersensibilidade dentinária, (Teixeira et al. ⁷ 2018; Jager et al. ⁸ 2017; Slutzkey e Levin ⁹ 2008; Silva et al. ⁵⁷ 2019; Gebistorf et al. ⁷⁵ 2018; Seong et al. ⁷⁶ 2018) como lesão cervical não cariiosa, recessão gengival, apinhamentos dentários, deiscências ósseas, protrusão dos incisivos, não foram pesquisadas por este trabalho. Bem como fatores que levam à hipersensibilidade, (Liu et al. ³ 2020; Gillam ⁶ 2015; van Loveren et al. ⁷⁷ 2018) como a presença de dieta ácida (que leva à erosão dentária) e a escovação traumática (que leva à abrasão) também não foram investigados. Ainda, a presença de hipersensibilidade dentinária ou dos fatores associados previamente ao tratamento ortodôntico não foi possível de ser realizada, uma vez que se trata de um estudo observacional transversal, embora seja esse aspecto importante de ser considerado em futuros estudos, como a condução de estudo de coorte, por exemplo. Além disso, os questionários sobre qualidade de vida foram aplicados antes dos testes diagnósticos, porém, o resultado poderia ter sido diferente em caso dos questionários terem sido aplicados após os testes diagnósticos. Este tipo de influência do momento de aplicação dos testes precisa ser considerado ao observamos demais trabalhos na literatura, e serve como sugestão para investigações futuras.

De um modo geral, o que foi observado diante dos estudos 1, 2 e 3 é que os biovidros KSr e PSi tem potencial obliterador, e são compostos por elementos químicos com potencial dessensibilizante de fibras nervosas, podendo exercer dupla ação no tratamento da hipersensibilidade dentinária, embora no presente estudo apenas tenha sido explorado o potencial obliterador; a hidroxiapatita obtida a partir de cascas de ovos é uma fonte de baixo custo para a obliteração de túbulos dentinários, embora mais estudos são necessários para correta identificação do precipitado formado sobre a dentina; e estudar pacientes após o tratamento ortodôntico, no que concerne à hipersensibilidade dentinária é importante visto que 67,4% autorrelataram queixa de dor, podendo esta se constituir como uma possível população de risco para

a hipersensibilidade dentinária cervical, sendo necessários mais estudos para investigar os melhores testes diagnósticos, e para traçar o perfil de fatores associados à hipersensibilidade não apenas após o tratamento ortodôntico, mas também antes deste tratamento.

6 CONCLUSÃO

Com base nos estudos apresentados, é possível concluir, em relação aos achados *in vitro* que:

- os biovidros experimentais KSr e PSi são capazes de promover obliteração de túbulos dentinários;
- o verniz cavitário é um veículo possível de ser usado para aplicação dos biovidros;
- a hidroxiapatita experimental, obtida a partir de cascas de ovos, oblitera os túbulos dentinários e forma *plugs* que persistem em posição mesmo após desafio mecânico de escovação.

Em relação aos achados no estudo de prevalência, é possível concluir que:

- os indivíduos mais afetados pela hipersensibilidade dentinária cervical, dentro da amostra pesquisada, são mulheres, e jovens com menos de 30 anos;
- os dentes mais afetados pela hipersensibilidade dentinária cervical são os incisivos inferiores e os pré-molares;
- indivíduos com queixa de hipersensibilidade dentinária cervical apresentam menor qualidade de vida do que pessoas sem essa queixa.

REFERÊNCIAS

1. Zeola LF, Soares PV, Cunha-Cruz J. Prevalence of dentin hypersensitivity: systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2019; Feb;81:1-6.
2. Douglas-de-Oliveira DW, Vitor GP, Silveira JO, Martins CC, Costa FO, Cota LOM. Effect of dentin hypersensitivity treatment on oral health related quality of life - a systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2017; Apr;71:1-8.
3. Liu XX, Tenenbaum HC, Wilder RS, Quock R, Hewlett ER, Ren YF. Pathogenesis, diagnosis and management of dentin hypersensitivity: an evidence-based overview for dental practitioners. *BMC Oral Health.* 2020; Aug 6;20(1):220.
4. Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity. Consensus-Based Recommendations for the Diagnosis and Management of Dentin Hypersensitivity. *J Can Dent Assoc.* 2003;69(4):221-6.
5. Brännström M, Aström A. A study on the mechanism of pain elicited from the dentin. *J Dent Res.* 1964;43(4):619-25.
6. Gillam D. Dentine hypersensitivity. Advances in diagnosis, management, and treatment. Switzerland: Springer: 2015.
7. Teixeira DNR, Zeola LF, Machado AC, Gomes RR, Souza PG, Mendes DC, et al. Relationship between noncarious cervical lesions, cervical dentin hypersensitivity, gingival recession, and associated risk factors: A cross-sectional study. *J Dent.* 2018; Sep;76:93-7.
8. Jager F, Mah JK, Bumann A. Peridental bone changes after orthodontic tooth movement with fixed appliances: A cone-beam computed tomographic study. *Angle Orthod.* 2017; Sep;87(5):672-80.
9. Slutzkey S, Levin L. Gingival recession in young adults: occurrence, severity, and relationship to past orthodontic treatment and oral piercing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; Nov;134(5):652-6.
10. Cruz LPD, Tuñas ITC. Bioactive glass as a treatment option for dentin hypersensitivity. *Rev Bras Odontol.* 2018;75.
11. Galvao ADM, Zeola LF, Moura GF, Teixeira DNR, Gonzaga RCQ, da Silva GR, et al. A long-term evaluation of experimental potassium oxalate concentrations on dentin hypersensitivity reduction: a triple-blind randomized clinical trial. *J Dent.* 2019; Oct;89:103180.
12. Orchardson R, Gillam DG. The efficacy of potassium salts as agents for treating dentin hypersensitivity. *J Orofac Pain.* 2000;14:9-19.
13. Martins CC, Firmino RT, Riva JJ, Ge L, Carrasco-Labra A, Brignardello-Petersen R, et al. Desensitizing toothpastes for dentin hypersensitivity: a network meta-analysis. *J Dent Res.* 2020; May;99(5):514-22.
14. Shiau HJ. Dentin hypersensitivity. *J Evid Based Dent Pract.* 2012;12(3):220-8.
15. Bakry AS, Takahashi H, Otsuki M, Tagami J. The durability of phosphoric acid promoted bioglass-dentin interaction layer. *Dent Mater.* 2013; Apr;29(4):357-64.
16. Chen WC, Chen CH, Kung JC, Hsiao YC, Shih CJ, Chien CS. Phosphorus effects of mesoporous bioactive glass on occlude exposed dentin. *Materials (Basel).* 2013; Nov 19;6(11):5335-51.
17. Ren H, Tian Y, Li A, Martin RA, Qiu D. The influence of phosphorus precursor on the structure and properties of SiO₂-P₂O₅-CaO bioactive glass. *Biomed Phys Eng.* 2017;3(4).
18. Padilla S, Roman J, Carenas A, Vallet-Regi M. The influence of the phosphorus content on the bioactivity of sol-gel glass ceramics. *Biomaterials.* 2005; Feb;26(5):475-83.

19. Xie W, Chen X, Li Y, Miao G, Wang G, Tian T, et al. Facile synthesis and in vitro bioactivity of radial mesoporous bioactive glass with high phosphorus and calcium content. *Adv Powder Technol.* 2020;31(8):3307-17.
20. Zanutto ED, Ravagnani C, Peitl-Filho O, Panzeri H, Lara EHG, inventors; Process and compositions for preparing particulate, bioactive or resorbable biosilicates for use in the treatment of oral ailments. United States 2006.
21. de-Melo-Alencar C, Paula BLF, Ortiz MIG, Magno MB, Silva CM, Maia LC. Clinical efficacy of nano-hydroxyapatite in dentin hypersensitivity: a systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2019;82:11-21.
22. Tschoppe P, Zandim DL, Martus P, Kielbassa AM. Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes. *J Dent.* 2011; Jun;39(6):430-7.
23. Hannig M, Hannig C. Nanomaterials in preventive dentistry. *Nat Nanotechnol.* 2010; Aug;5(8):565-9.
24. Vandiver J, Dean D, Patel N, Bonfield W, Ortiz C. Nanoscale variation in surface charge of synthetic hydroxyapatite detected by chemically and spatially specific high-resolution force spectroscopy. *Biomaterials.* 2005; Jan;26(3):271-83.
25. Qi M-L, He K, Huang Z-N, Shahbazian-Yassar R, Xiao G-Y, Lu Y-P, et al. Hydroxyapatite fibers: a review of synthesis methods. *JOM.* 2017;69(8):1354-60.
26. Sirait M, Sinulingga K, Siregar N, Siregar RSD. Synthesis of hydroxyapatite from limestone by using precipitation method. *J Phys Conf Ser.* 2020.
27. Domínguez-Trujillo C, Peón E, Chicardi E, Pérez H, Rodríguez-Ortiz JA, Pavón JJ, et al. Sol-gel deposition of hydroxyapatite coatings on porous titanium for biomedical applications. *Surf Coat.* 2018;333:158-62.
28. Ferraz E, Gamelas JAF, Coroado J, Monteiro C, Rocha F. Eggshell waste to produce building lime: calcium oxide reactivity, industrial, environmental and economic implications. *Mater Struct.* 2018;51(5).
29. Waheed M, Yousaf M, Shehzad A, Inam-Ur-Raheem M, Khan MKI, Khan MR, et al. Channelling eggshell waste to valuable and utilizable products: a comprehensive review. *Trends Food Sci Technol.* 2020;106:78-90.
30. Laca A, Laca A, Diaz M. Eggshell waste as catalyst: a review. *J Environ Manage.* 2017; Jul 15;197:351-9.
31. Aditya S, Stephen J, Radhakrishnan M. Utilization of eggshell waste in calcium-fortified foods and other industrial applications: A review. *Trends Food Sci Technol.* 2021;115:422-32.
32. Tsai WT, Hsien KJ, Hsu HC, Lin CM, Lin KY, Chiu CH. Utilization of ground eggshell waste as an adsorbent for the removal of dyes from aqueous solution. *Bioresour Technol.* 2008; Apr;99(6):1623-9.
33. Hsieh SL, Li FY, Lin PY, Beck DE, Kirankumar R, Wang GJ, et al. CaO recovered from eggshell waste as a potential adsorbent for greenhouse gas CO₂. *J Environ Manage.* 2021; Nov 1;297:113430.
34. Wang W, Zhang L, Sun X. Improvement of two-stage composting of green waste by addition of eggshell waste and rice husks. *Bioresour Technol.* 2021; Jan;320(Pt B).
35. Kavitha V, Geetha V, Jacqueline PJ. Production of biodiesel from dairy waste scum using eggshell waste. *Process Saf.* 2019;125:279-87.
36. De Angelis G, Medeghini L, Conte AM, Mignardi S. Recycling of eggshell waste into low-cost adsorbent for Ni removal from wastewater. *J Clean Prod.* 2017;164:1497-506.

37. Ahmed TAE, Suso HP, Maqbool A, Hincke MT. Processed eggshell membrane powder: Bioinspiration for an innovative wound healing product. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2019; Feb 1;95:192-203.
38. Acevedo LA, Campos LA, Dechandt IC, Alegria G, Siqueira RL, Zanotto ED, et al. Effect of bioactive glasses containing strontium and potassium on dentin permeability. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2021; Sep 9.
39. Naing L, Winn T, Rusli BN. Practical issues in calculating the sample size for prevalence studies. *Arch Orofac Sci*. 2006;1:9-14.
40. Aguiar JD, Medeiros IS, Silva-e-Souza-Junior MH, Loretto SC. Influence of the extended use of desensitizing toothpastes on dentin bonding, microhardness and roughness. *Braz Dent J*. 2017; May-Jun;28(3):346-53.
41. Cury MS, Silva CB, Nogueira RD, Campos MGD, Palma-Dibb RG, Geraldo-Martins VR. Surface roughness and bacterial adhesion on root dentin treated with diode laser and conventional desensitizing agents. *Lasers Med Sci*. 2017; Feb;33(2):257-62.
42. Hench LL. The story of Bioglass. *J Mater Sci Mater Med*. 2006; Nov;17(11):967-78.
43. Siqueira RL, Zanotto ED. Biosilicate: historical of a highly bioactive Brazilian glass-ceramic. *Quim Nova*. 2011;34(7):1231-41.
44. Markowitz K, Bilotto G, Kim S. Decreasing intradental nerve activity in the cat with potassium and divalent cations. *Arch Oral Biol*. 1991;36(1):1-7.
45. Saeki K, Marshall GW, Gansky SA, Parkinson CR, Marshall SJ. Strontium effects on root dentin tubule occlusion and nanomechanical properties. *Dent Mater*. 2016; Feb;32(2):240-51.
46. Kumar GS, Thamizhavel A, Girija EK. Microwave conversion of eggshells into flower-like hydroxyapatite nanostructure for biomedical applications. *Mater Lett*. 2012;76:198-200.
47. da-Cruz LPD, Hill RG, Chen X, Gillam DG. Dentine tubule occlusion by novel bioactive glass-based toothpastes. *Int J Dent*. 2018;2018:10.
48. Jung JH, Park SB, Yoo KH, Yoon SY, Bae MK, Lee DJ, et al. Effect of different sizes of bioactive glass-coated mesoporous silica nanoparticles on dentinal tubule occlusion and mineralization. *Clin Oral Investig*. 2018; May;23(5):2129-41.
49. Khan AS, Farooq I, Alakrawi KM, Khalid H, Saadi OW, Hakeem AS. Dentin tubule occlusion potential of novel dentifrices having fluoride containing bioactive glass and zinc oxide nanoparticles. *Med Princ Pract*. 2020;29(4):338-46.
50. Saffarpour M, Mohammadi M, Tahriri M, Zakerzadeh A. Efficacy of modified bioactive glass for dentin remineralization and obstruction of dentinal tubules. *J Dent (Tehran)*. 2017;14(4):212-22.
51. Tiskaya M, Gillam D, Shahid S, Hill R. A potassium based fluorine containing bioactive glass for use as a desensitizing toothpaste. *Molecules*. 2021; Jul 17;26(14).
52. Lin X, Xie F, Ma X, Hao Y, Qin H, Long J. Fabrication and characterization of dendrimer-functionalized nano-hydroxyapatite and its application in dentin tubule occlusion. *J Biomater Sci Polym Ed*. 2017; Jun;28(9):846-63.
53. Palka LR, Rybak Z, Kuropka P, Szymonowicz MK, Kiryk J, Marycz K, et al. In vitro SEM analysis of desensitizing agents and experimental hydroxyapatite-based composition effectiveness in occluding dentin tubules. *Adv Clin Exp Med*. 2020; Nov;29(11):1283-97.
54. Yuan P, Liu S, Lv Y, Liu W, Ma W, Xu P. Effect of a dentifrice containing different particle sizes of hydroxyapatite on dentin tubule occlusion and aqueous Cr (VI) sorption. *Int J Nanomedicine*. 2019;14:5243-56.

55. Liang X, Wei Z, Hu D, Ruan J. Prevalence of dentin hypersensitivity among the residents of Xi'an city, China. *Acta Odontol Scand.* 2017; Aug;75(6):387-93.
56. Rafeek R, Naidu R, Peters T, Paul G, Tripathi V. Prevalence and factors associated with dentin hypersensitivity among adult patients attending a university dental clinic in Trinidad, West Indies. A cross-sectional study. *Oral Health Prev Dent.* 2020;18(1):1077-85.
57. Silva MS, Lima A, Pereira MMA, Ferraz Mendes R, Prado Junior RR. Prevalence and predictive factors of dentin hypersensitivity in Brazilian adolescents. *J Clin Periodontol.* 2019; Apr;46(4):448-56.
58. Soares A, Chalub L, Barbosa RS, Campos DEP, Moreira AN, Ferreira RC. Prevalence and severity of non-carious cervical lesions and dentin hypersensitivity: association with oral-health related quality of life among Brazilian adults. *Heliyon.* 2021; Mar;7(3):e06492.
59. Bekes K, John MT, Schaller HG, Hirsch C. Oral health-related quality of life in patients seeking care for dentin hypersensitivity. *J Oral Rehabil.* 2009; Jan;36(1):45-51.
60. Idon PI, Sotunde OA, Ogundare TO. Beyond the Relief of Pain: Dentin Hypersensitivity and Oral Health-Related Quality of Life. *Front Dent.* 2019; Sep-Oct;16(5):325-34.
61. Tjäderhane L, Paju S. Dentin-Pulp and Periodontal Anatomy and Physiology. In: Ørstavik D, editor. *Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis*: John Wiley & Sons Ltd.; 2020.
62. Alcantara PM, Barroso NFF, Botelho AM, Douglas-de-Oliveira DW, Goncalves PF, Flecha OD. Associated factors to cervical dentin hypersensitivity in adults: a transversal study. *BMC Oral Health.* 2018; Sep 3;18(1):155.
63. Chung G, Jung SJ, Oh SB. Cellular and molecular mechanisms of dental nociception. *J Dent Res.* 2013; Nov;92(11):948-55.
64. Davidovitch Z. Tooth movement. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1991;2(4):411-50.
65. Verna C, Dalstra M, Lee TC, Cattaneo PM, Melsen B. Microcracks in the alveolar bone following orthodontic tooth movement: a morphological and morphometric study. *Eur J Orthod.* 2004;26:459–67.
66. Chen L, Al-Bayatee S, Khurshid Z, Shavandi A, Brunton P, Ratnayake J. Hydroxyapatite in oral care products - a review. *Materials (Basel).* 2021; Aug 27;14(17).
67. Gernhardt CR. How valid and applicable are current diagnostic criteria and assessment methods for dentin hypersensitivity? An overview. *Clin Oral Investig.* 2013; Mar;17 Suppl 1:S31-40.
68. Quinn G, Keough M. *Experimental design and data analysis for biologists*. New York: Cambridge University Press: 2002.
69. Wang L, Magalhaes AC, Francisconi-Dos-Rios LF, Calabria MP, Araujo D, Buzalaf M, et al. Treatment of Dentin Hypersensitivity Using Nano-Hydroxyapatite Pastes: A Randomized Three-Month Clinical Trial. *Oper Dent.* 2016; Jul-Aug;41(4):E93-E101.
70. Ionta FQ, Mendonca FL, de Oliveira GC, de Alencar CR, Honorio HM, Magalhaes AC, et al. In vitro assessment of artificial saliva formulations on initial enamel erosion remineralization. *J Dent.* 2014; Feb;42(2):175-9.
71. Meyer F, Enax J. Hydroxyapatite in oral biofilm management. *Eur J Dent.* 2019; May;13(2):287-90.

72. Holland GR, Narhi MN, Addy M, Gangarosa L, Orchardson R. Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *J Clin Periodontol.* 1997;24:808-13.
73. Coelho CC, Grenho L, Gomes PS, Quadros PA, Fernandes MH. Nano-hydroxyapatite in oral care cosmetics: characterization and cytotoxicity assessment. *Sci Rep.* 2019; Jul 30;9(1):11050.
74. Uslu YS, Donmez N. The effects on dentin tubules of two desensitising agents in combination with Nd:YAG laser: An in vitro analysis (CLSM and SEM). *Opt Laser Technol.* 2020;129.
75. Gebistorf M, Mijuskovic M, Pandis N, Fudalej PS, Katsaros C. Gingival recession in orthodontic patients 10 to 15 years posttreatment: A retrospective cohort study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018; May;153(5):645-55.
76. Seong J, Bartlett D, Newcombe RG, Claydon NCA, Hellin N, West NX. Prevalence of gingival recession and study of associated related factors in young UK adults. *J Dent.* 2018; Sep;76:58-67.
77. van Loveren C, Schmidlin PR, Martens LC, Amaechi BT. Dentin hypersensitivity management. *Clin Dent Rev.* 2018;2(1).

ANEXO I - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Hipersensibilidade dentinária cervical: prevalência e tratamento

Pesquisador: ANA CLAUDIA DALMOLIN

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 07815719.5.0000.0105

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.231.565

Apresentação do Projeto:

Hipersensibilidade dentinária cervical: prevalência e tratamento. A hipersensibilidade dentinária cervical (HSDC) é considerada uma doença caracterizada por dor aguda, localizada e de curta duração, sua prevalência em pacientes que passaram por tratamentos odontológicos como o ortodôntico e periodontal ainda é pouco estudada. Apesar dos vários

estudos sobre HSDC e da grande variedade de substâncias existentes para tratamento, ainda não existe uma conduta universalmente adotada ou

de alta confiabilidade para a terapia desta patologia. A busca por alternativas melhores do que aquelas atualmente existentes faz-se necessária.

Assim, objetivamos: a) determinar a prevalência, severidade e distribuição da hipersensibilidade dentinária cervical em pacientes após tratamento

ortodôntico corretivo com dispositivos fixos e em pacientes que foram submetidos ao tratamento periodontal não cirúrgico; b) determinar a eficácia

do tratamento para hipersensibilidade dentinária cervical nestes voluntários

Objetivo da Pesquisa:

Determinar a prevalência, severidade e distribuição da hipersensibilidade dentinária cervical em voluntários submetidos à diferentes

tratamentos odontológicos (ortodôntico e periodontal). Observar o desempenho de diferentes

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco M, Sala 116-B

Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900

UF: PR **Município:** PONTA GROSSA

Telefone: (42)3220-3108

E-mail: coep@uepg.br

Continuação do Parecer: 3.231.565

intervenções no tratamento da hipersensibilidade dentinária cervical.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

O estabelecimento dos critérios de exclusão reduz os riscos para os pacientes. No entanto, existe um pequeno e teórico risco de os indivíduos apresentarem reação alérgica à formulação dos biovidros, da nitrocelulose, ou do oxalato de potássio, apesar de serem todos materiais biocompatíveis, considerando o método e técnica de uso dos mesmos. Os riscos para reação alérgica não são maiores do que o risco dos atendimentos de rotina que necessitam da aplicação tópica de substâncias em dentina. Para os indivíduos aleatorizados no grupo Placebo, pode haver o risco de aumento da HSDC; porém, caso isso aconteça, estes serão tratados com o agente de resgate (gel de nitrato de potássio a 2%).

Riscos de contaminação cruzada e de acidentes de trabalho para paciente e operador serão minimizados consideravelmente com o uso completo de Equipamento de Proteção Individual (EPI) e com os protocolos de biossegurança convencionalmente utilizados.

Benefícios:

Os pacientes participantes receberão avaliação odontológica, tratamento totalmente gratuito para hipersensibilidade dentinária, e encaminhamento para tratamento das demais necessidades odontológicas, além de instruções para promoção de saúde bucal. As técnicas utilizadas neste estudo são utilizadas rotineiramente na prática odontológica. O monitoramento dos voluntários durante todo o período de experimentação clínica será realizado pelos pesquisadores responsáveis. Mesmo quando o tratamento não tiver um resultado satisfatório, os pesquisadores se comprometerão a utilizar um tratamento alternativo (tratamento de resgate) com outro agente dessensibilizante (nitrato de potássio a 2%) com o objetivo de diminuir a hipersensibilidade dentinária cervical do voluntário. Caso o tratamento de resgate não seja efetivo, duas opções de tratamento para recobrimento da dentina cervical exposta serão propostas, mediante encaminhamento do paciente a profissionais habilitados nos procedimentos: a) restaurações em

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco M, Sala 116-B
 Bairro: Uvaranas CEP: 84.030-900
 UF: PR Município: PONTA GROSSA
 Telefone: (42)3220-3108 E-mail: coep@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 3.231.565

resina composta ou cimento de ionômero de vidro, ou utilização de sistemas adesivos; e b) reposicionamento gengival por meio de cirurgia mucogengival. Além disso, esta pesquisa permitirá um melhor entendimento da condição de HSDC em indivíduos que receberam tratamento ortodôntico corretivo ou tratamento periodontal não-cirúrgico, bem como auxiliará na seleção de métodos de tratamento e manejo para HSDC.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A hipótese dos Estudos Orto1 e Perio1 são: a prevalência e a severidade da hipersensibilidade dentinária cervical em pacientes após tratamento ortodôntico corretivo com dispositivos fixos, bem como indivíduos submetidos à terapia periodontal não cirúrgica, é alta em comparação com a população geral; e a hipótese de nulidade dos Estudos Orto2 e Perio2 é: biovidro experimental, laser de baixa potência e oxalato de potássio apresentam resultados semelhantes no tratamento da hipersensibilidade dentinária cervical tanto após o tratamento ortodôntico quanto após terapia periodontal não-cirúrgica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Em anexo e de acordo com as normas 466/2012

Recomendações:

Enviar o relatório final após o término do projeto por Notificação via Plataforma Brasil para evitar pendências

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1286557.pdf	06/03/2019 23:22:40		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	TCLE_2.pdf	06/03/2019 23:20:41	ANA CLAUDIA DALMOLIN	Aceito

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvarararas, Bloco M, Sala 116-B
Bairro: Uvarararas CEP: 84.030-900
UF: PR Município: PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3108 E-mail: coep@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 3.231.565

Justificativa de Ausência	TCLE_2.pdf	06/03/2019 23:20:41	ANA CLAUDIA DALMOLIN	Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto_Assinaturas.pdf	18/01/2019 21:02:18	ANA CLAUDIA DALMOLIN	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Clinico_Biovidro_Hipersensibilidade.pdf	18/01/2019 15:25:31	ANA CLAUDIA DALMOLIN	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PONTA GROSSA, 28 de Março de 2019

Assinado por:
ULISSES COELHO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco M, Sala 116-B
Bairro: Uvaranas CEP: 84.030-900
UF: PR Município: PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3108 E-mail: coep@uepg.br

**ANEXO II - PERGUNTAS, DOMÍNIOS E OPÇÕES DE RESPOSTA DO
QUESTIONÁRIO OHIP-14**

Perguntas, domínios e opções de resposta do questionário OHIP-14.

Perguntas	
Limitação funcional	
1	Você teve problemas para falar alguma palavra por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
2	Você sentiu que o sabor dos alimentos tem piorado por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
Dor física	
3	Você sentiu dores na sua boca ou nos seus dentes por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
4	Você se sentiu incomodado ao comer algum alimento por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
Desconforto psicológico	
5	Você ficou preocupado por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
6	Você se sentiu estressado por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
Incapacidade física	
7	Sua alimentação ficou prejudicada por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
8	Você teve que parar suas refeições por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
Incapacidade psicológica	
9	Você encontrou dificuldade para relaxar por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
10	Você se sentiu envergonhado por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
Incapacidade social	
11	Você ficou irritado com outra pessoa por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
12	Você teve dificuldades para realizar suas atividades diárias por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
Desvantagem social	
13	Você sentiu que a vida, em geral, ficou pior por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
14	Você ficou totalmente incapaz de realizar suas atividades diárias por causa de problemas com seus dentes, sua boca ou sua dentadura?
Respostas possíveis (e seus escores)	
	0 – Nunca
	1 – Raramente
	2 – Às vezes
	3 – Repetidamente
	4 – Sempre

**ANEXO III - PERGUNTAS, DOMÍNIOS E OPÇÕES DE RESPOSTA DO
QUESTIONÁRIO DHEQ-15**

Perguntas, domínios e opções de resposta do questionário DHEQ-15.

Perguntas

Restrição

- | | |
|---|---|
| 1 | Ter dentes sensíveis me tira o prazer de beber e comer. |
| 2 | Eu demoro para terminar de beber ou comer algumas coisas por causa dos meus dentes sensíveis. |
| 3 | Algumas vezes, eu tenho dificuldades em tomar sorvete por causa dos meus dentes sensíveis. |

Adaptação

- | | |
|---|---|
| 4 | Eu tenho que mudar o jeito que como ou bebo certas coisas. |
| 5 | Eu tenho que ter cuidado para respirar pela boca em um dia frio. |
| 6 | Quando eu como alguns alimentos, eu tenho que ter cuidado para que eles não toquem certos dentes. |

Impacto social

- | | |
|---|---|
| 7 | Por causa dos meus dentes sensíveis, eu demoro mais para terminar uma refeição. |
| 8 | Eu tenho que ser cuidadoso com o que eu como quando estou com outras pessoas por causa dos meus dentes sensíveis. |
| 9 | Ir ao dentista é difícil para mim porque eu sei que vai doer devido aos meus dentes sensíveis. |

Impacto emocional

- | | |
|----|--|
| 10 | Eu fico ansioso quando eu vou comer ou beber alguma coisa que pode causar sensibilidade nos meus dentes. |
| 11 | A sensibilidade nos meus dentes é irritante. |
| 12 | A sensibilidade nos meus dentes é insuportável. |

Identidade

- | | |
|----|---|
| 13 | Ter dentes sensíveis me faz sentir velho. |
| 14 | Ter dentes sensíveis me faz sentir prejudicado. |
| 15 | Ter dentes sensíveis me faz sentir doente. |

Respostas possíveis (e seus escores)

- 1 – Discordo muito
 - 2 – Discordo
 - 3 – Discordo um pouco
 - 4 – Nem concordo nem discordo
 - 5 – Concordo um pouco
 - 6 – Concordo
 - 7 – Concordo muito
-